

**STUDI PENJADWALAN PELAKSANAAN KONSTRUKSI *CONDUIT*
PENGELAK DAN *COFFERDAM* PADA BENDUNGAN GONDANG
KABUPATEN KARANGANYAR PROVINSI JAWA TENGAH
DENGAN MENGGUNAKAN *MICROSOFT PROJECT MANAGER 2016***

SKRIPSI

TEKNIK PENGAIRAN KONSENTRASI SISTEM INFORMASI
SUMBER DAYA AIR

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



HERLAMBANG ARIFTRIAWAN

NIM. 145060401111002

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2018

LEMBAR PENGESAHAN

**STUDI PENJADWALAN PELAKSANAAN KONSTRUKSI *CONDUIT*
PENGELAK DAN *COFFERDAM* PADA BENDUNGAN GONDANG
KABUPATEN KARANGANYAR PROVINSI JAWA TENGAH
DENGAN MENGGUNAKAN *MICROSOFT PROJECT MANAGER 2016***

SKRIPSI

**TEKNIK PENGAIRAN KONSENTRASI SISTEM INFORMASI
SUMBER DAYA AIR**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**HERLAMBANG ARIFTRIAWAN
NIM. 145060401111002**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
Pada tanggal 10 Agustus 2018

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Pengairan**



**Dr. Ir. Ussy Andawayanti, MS.
NIP. 19610131 198609 2 001**

Dosen Pembimbing

**Ir. Suwanto Marsudi, MS.
NIP. 19611203 198603 1 004**

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang - undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 10 Agustus 2018

Mahasiswa,



Herlambang Ariftriawan
NIM. 145060401111002





UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM SARJANA



SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

Nomor : 92 /UN10.F07.14.11/TU/2018

Sertifikat ini diberikan kepada :

HERLAMBANG ARIFTRIAWAN

Dengan Judul Skripsi :

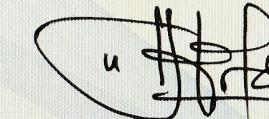
STUDI PENJADWALAN PELAKSANAAN KONSTRUKSI CONDUIT PENGELAK DAN COFFERDAM PADA BENDUNG GONDANG KABUPATEN KARANGANYAR PROVINSI JAWA TENGAH DENGAN MENGGUNAKAN MICROSOFT PROJECT MANAGER 2016

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi $\leq 20\%$, dan dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal 14 AGUSTUS 2018

Ketua Jurusan Teknik Pengairan


Dr. Ir. Ussy Andawayanti, MS
NIP. 19610131 198609 2 001

Ketua Program Studi S1 Teknik Pengairan



Dr. Very Dermawan, ST.,MT
NIP. 19730217 199903 1001



Allah akan meninggikan orang-orang
yang beriman di antaramu dan
orang-orang yang diberi ilmu
pengetahuan beberapa derajat

(Q.S. al-Mujadalah : 11)

RINGKASAN

Herlambang Ariftriawan, Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Juli 2018, *Studi Penjadwalan Pelaksanaan Konstruksi Conduit Pengelak dan Cofferdam pada Bendungan Gondang Kabupaten Karanganyar Provinsi Jawa Tengah dengan Menggunakan Microsoft Project Manager 2016*. Dosen Pembimbing: Ir. Suwanto Marsudi, MS.

Pembangunan Bendungan Gondang berfungsi sebagai pemenuhan air irigasi dan air baku di wilayah Kabupaten Karanganyar. Pelaksanaan konstruksi pada Bendungan Gondang memiliki kompleksitas yang cukup tinggi, baik ditinjau dari segi sumber daya yang digunakan maupun dari segi macam pekerjaan. Sehingga diperlukan manajemen penjadwalan yang fleksibel agar dapat diterapkan dilapangan. Dengan begitu jadwal pelaksanaan konstruksi pada Bendungan Gondang tidak akan mengalami keterlambatan. Untuk mendapatkan penjadwalan yang optimal dalam hal efisiensi waktu, biaya dan sumber daya, maka digunakan program *Microsoft Project Manager 2016* untuk dapat mengetahui kegiatan yang dapat dioptimalkan dalam suatu penjadwalan.

Dalam studi ini, lingkup kerja yang akan dianalisis adalah pelaksanaan konstruksi *conduit pengelak* dan *cofferdam* pada Bendungan Gondang. Sehingga pekerjaan yang akan dikaji merupakan pekerjaan yang terkait secara langsung pada pelaksanaan konstruksi *conduit pengelak* dan *cofferdam* pada Bendungan Gondang. Sebelum membuat jadwal proyek, langkah pertama yang harus dilakukan adalah menentukan metode pelaksanaan setiap pekerjaan, menghitung volume pekerjaan berdasarkan gambar detail desain, dan menghitung produktivitas alat yang akan digunakan. Setelah itu dilakukan analisis harga satuan pekerjaan dengan memperhitungkan harga upah, material dan sewa alat untuk mendapatkan harga satuan pekerjaan. Langkah selanjutnya adalah perhitungan rencana anggaran biaya, mengestimasi durasi pekerjaan beserta hubungan ketergantungan antar pekerjaan dan menganalisis kebutuhan sumber daya. Dengan memasukan jenis, durasi, logika ketergantungan dan kebutuhan sumber daya setiap kegiatan akan di dapatkan jadwal proyek beserta kegiatan yang masih dapat dioptimalkan. Sebelum melakukan percepatan maka optimasi terlebih dahulu jadwal proyek yang telah di dapat dengan mengevaluasi kembali logika ketergantungan pekerjaan dan kebutuhan sumber daya. Berdasarkan hasil survei lapangan, didapatkan dua alternatif yang memungkinkan dilakukan, yaitu penambahan jam kerja selama 4 jam perhari dan penambahan sumber daya.

Berdasarkan hasil penjadwalan, pelaksanaan konstruksi *conduit pengelak* dan *cofferdam* pada Bendungan Gondang dengan durasi 602 hari didapatkan anggaran biaya sebesar **Rp. 120.650.000.000,00**. Setelah dilakukan percepatan jadwal proyek menggunakan alternatif penambahan jam kerja, didapatkan jadwal proyek dengan durasi 452 hari yang membutuhkan rencana anggaran biaya sebesar **Rp. 122.279.000.000,00**. Sedangkan percepatan jadwal proyek menggunakan alternatif penambahan sumber daya dengan durasi yang sama diperoleh rencana anggaran biaya sebesar **Rp. 120.138.000.000,00**. Berdasarkan hasil tersebut maka alternatif yang dipilih untuk percepatan jadwal pelaksanaan konstruksi *conduit pengelak* dan *cofferdam* pada Bendungan Gondang adalah penambahan sumber daya.

Kata Kunci: Efisiensi, Penjadwalan, Jam kerja, Sumber daya, Percepatan, *Microsoft Project Manager 2016*

SUMMARY

Herlambang Ariftriawan, Water Resources Engineering Department, Faculty of Engineering, Brawijaya University, July 2018, The Scheduling Study on the Construction Implementation of Diversion Tunnel and Cofferdam at Gondang Dam Karanganyar Regency Middle Java Province Using Microsoft Project Manager 2016. Academic Supervisor: Ir. Suwanto Marsudi, MS.

Gondang dam construction serves as the fulfillment of irrigation water and water standard needs in the region of Karanganyar Regency. The complexity of Gondang dam construction is quite high, both in terms of resources and work aspect. According to that, flexible scheduling management is required to be applied in the field. Therefore, the schedule of Gondang dam construction will not delay. To get optimal scheduling in terms of time efficiency, cost and resources, then Microsoft Project Manager 2016 is used to find out which activities can be optimized in a scheduling.

In this study, the scope of work to be analyzed is the implementation of Diversion Tunnel and Cofferdam construction on Gondang dam. So, the work that will be studied is the work related directly to the Diversion Tunnel and Cofferdam construction on Gondang dam. Before creating a project schedule, the first step should be to determine the implementation method of each job, the volume of work by detail design image and productivity tools that will be used. Subsequently, unit cost analysis is done by calculating wages, materials, and rental tools to get the unit cost. The next step is to determine the budget plan, estimate the duration of the work along with the interdependence relationship between jobs and analyze the resource needs. By entering the type, duration, dependency logic and resource requirements of each activity will be obtained project schedule along with activities that can still be optimized. Before accelerating the optimization of the project schedule has to be done by re-evaluating the logic of work dependence and resource requirements.

Based on the results of the field survey, two alternatives were made possible, namely the addition of working hours for 4 hours per day and the addition of resources. Depend on the scheduling result, the budget plan of Diversion Tunnel and Cofferdam construction on Gondang dam is **Rp. 120.650.000.000,00** with duration of 602 days. After the acceleration of the project schedule using the addition of working hours, the budget plan of the project schedule is **Rp.122.279.000.000,00** with the duration of 452 days. While the acceleration of the project schedule using the addition of resources with the same duration, the budget plan of the project schedule is **Rp. 120.138.000.000,00**. Based on these results, the selected alternative for the project schedule acceleration of Diversion Tunnel and Cofferdam construction on Gondang dam is the addition of resources.

Keywords: Efficiency, Scheduling, Overtime, Resources, Crashing, and Microsoft Project Manager 2016

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
RINGKASAN.....	xv
SUMMARY.....	xvii
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Identifikasi Masalah.....	2
1.3. Rumusan Masalah.....	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Tujuan	3
1.6. Manfaat	4
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	 5
2.1. Pengertian Manajemen Proyek	5
2.1.1. Proyek	5
2.1.2. Manajemen Proyek	5
2.2. Metode Pelaksanaan Pekerjaan.....	6
2.3. Pelaksanaan Saluran Pengelak.....	7
2.3.1. Pekerjaan Penggalian Terbuka.....	7
2.3.2. Pekerjaan Penggalian Terowongan.....	8
2.4. Pelaksanaan Bendungan Pengelak (<i>Cofferdam</i>).....	8
2.5. Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja.....	9
2.6. Produktifitas Alat-alat Berat	10
2.6.1. Metode Perhitungan Alat Berat	11
2.6.2. Perhitungan Produktivitas Alat Berat	14
2.7. Produktifitas Pekerja.....	25
2.8. Durasi Pekerjaan.....	25
2.9. Biaya Pelaksanaan Proyek	26
2.9.1. Biaya Langsung (<i>Direct Cost</i>)	26
2.9.2. Biaya Tidak Langsung (<i>Indirect Cost</i>)	27
2.10. Analisis Harga Satuan Pekerjaan.....	28
2.11. Alokasi Sumber Daya Terpakai.....	30
2.12. Logika Ketergantungan Pekerjaan.....	31
2.13. <i>Network Planning</i> (Perencanaan Jaringan Kerja).....	31
2.13.1. Definisi <i>Network Planning</i>	31
2.13.2. Manfaat <i>Network Planning</i>	32
2.13.3. Dasar-dasar <i>Network Planning</i>	32

2.13.4. <i>Network Diagram</i>	33
2.14. Metode <i>Network Planning</i> (Perencanaan Jaringan Kerja)	34
2.14.1. Diagram Panah (<i>Arrow Diagram Method</i>).....	34
2.14.2. Diagram Prendence (Precedence Diagramming Method).....	37
2.14.3. Diagram Balok (<i>Barchart</i>).....	41
2.15. Menentukan Jadwal Pelaksanaan Proyek.....	42
2.16. Penerapan Aplikasi dalam Proyek Konstruksi	43
2.16.1. <i>Microsoft Project Manager 2016</i>	43
2.16.2. Penggunaan <i>Microsoft Project Manager 2016</i>	44
2.16.3. Kelebihan dan Kekurangan <i>Microsoft Project Manager 2016</i>	46
BAB III METODOLOGI	49
3.1. Kondisi Daerah Studi	49
3.2. Kondisi Geologi Studi	50
3.3. Lingkup Pekerjaan.....	51
3.4. Metode Pengumpulan Data	52
3.5. Metode Analisis Data	54
3.6. Diagram Alir Penggerjaan Skripsi	56
3.7. Diagram Alir Penjadwalan dengan <i>Microsoft Project Manager 2016</i>	58
3.8. Situasi Tapak Bendungan.....	59
BAB IV PEMBAHASAN	61
4.1. Metode Pelaksanaan.....	61
4.1.1. Metode Pelaksanaan <i>Conduit</i> Pengelak.....	62
4.1.1.1. Pekerjaan Galian <i>Conduit</i>	62
4.1.1.2. Pekerjaan Konstruksi <i>Conduit</i>	65
4.1.1.3. Pekerjaan Penutup (<i>finishing</i>)	68
4.1.2. Metode Pelaksanaan <i>Cofferdam</i>	69
4.1.2.1. Pekerjaan <i>Coffering/Kisdam</i>	69
4.1.2.2. Pekerjaan Galian <i>Cofferdam</i>	71
4.1.2.3. Pekerjaan <i>Dewatering</i>	71
4.1.2.4. Pekerjaan Timbunan <i>Cofferdam</i>	72
4.2. Pelaksanaan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3).....	74
4.3. Rencana Kerja Pelaksanaan Proyek	74
4.3.1. Perhitungan Volume Pekerjaan	75
4.3.2. Perhitungan Produktivitas Alat Berat	81
4.3.3. Analisis Harga Satuan Pekerjaan.....	100
4.3.4. Analisis Perhitungan Rencana Anggaran Biaya.....	102
4.3.5. Perhitungan Estimasi Durasi Pekerjaan.....	106
4.3.6. Hubungan Ketergantungan Pekerjaan	106
4.3.7. Analisis Kebutuhan Sumber Daya.....	108
4.4. Penjadwalan Proyek dengan Program <i>Microsoft Project Manager 2016</i>	119
4.4.1. Penyusunan Jaringan Kerja (<i>Network Planning</i>).....	119
4.4.2. <i>Optimasi</i> Jadwal Proyek	124
4.5. Analisis Percepatan Jadwal Proyek	149
4.5.1. Alternatif Percepatan Jadwal Proyek.....	150
4.5.1.1. Percepatan Jadwal Proyek dengan Penambahan Jam Kerja	150
4.5.1.2. Percepatan Jadwal Proyek dengan Penambahan Sumber Daya.....	164
4.5.2. Analisis Kegiatan Setelah Jadwal Proyek Dipercepat.....	176

4.5.2.1. Analisis Kegiatan Setelah Penambahan Jam Kerja	176
4.5.2.2. Analisis Kegiatan Setelah Penambahan Sumber Daya.....	182
4.6. Evaluasi Perubahan Waktu dan Biaya Setelah Dipercepat.....	187
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	189
5.1. Kesimpulan.....	189
5.2. Saran	190
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	





DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
	Tabel 2.1. Faktor Konversi Bahan untuk Volume Tanah/Bahan Berbutir	11
	Tabel 2.2. Faktor Efisiensi Alat.....	13
	Tabel 2.3. Faktor-Faktor yang Berpengaruh pada Produktivitas Alat.....	13
	Tabel 2.4. Faktor Efisiensi Alat <i>Bulldozer</i>	15
	Tabel 2.5. Faktor Pisau <i>Bulldozer</i>	15
	Tabel 2.6. Faktor <i>Bucket</i> untuk <i>Excavator</i>	16
	Tabel 2.7. Faktor Konversi Galian untuk Alat <i>Excavator</i>	16
	Tabel 2.8. Faktor Efisiensi Alat <i>Dump Truck</i>	17
	Tabel 2.9. Kecepatan <i>Dump Truck</i> Berdasarkan Kondisi Lapangan.....	18
	Tabel 2.10. Faktor <i>Bucket</i> untuk <i>Wheel Loader</i> dan <i>Track Loader</i>	20
	Tabel 4.1. Perhitungan Volume Pekerjaan <i>Conduit</i> Pengelak.....	76
	Tabel 4.2. Perhitungan Volume Pekerjaan <i>Cofferdam</i> Hulu	78
	Tabel 4.3. Perhitungan Volume Pekerjaan <i>Cofferdam</i> Hilir.....	79
	Tabel 4.4. Rekapitulasi Perhitungan Volume Pekerjaan <i>Conduit</i> Pengelak dan <i>Cofferdam</i> pada Bendungan Gondang.....	80
	Tabel 4.5. Harga Satuan Pekerjaan pada Bendungan Gondang	101
	Tabel 4.6. Rencana Anggaran Biaya Pelaksanaan Konstruksi <i>Conduit</i> Pengelak dan <i>Cofferdam</i> pada Bendungan Gondang.....	103
	Tabel 4.7. Estimasi Durasi Pekerjaan dan Hubungan Ketergantungan Pekerjaan	107
	Tabel 4.8. Analisis Kebutuhan Sumber Daya Pekerjaan Konstruksi <i>Conduit</i> Pengelak dan <i>Cofferdam</i> pada Bendungan Gondang	111
	Tabel 4.9. Estimasi Durasi Pekerjaan dan Hubungan Ketergantungan Pekerjaan Setelah Optimasi.....	125
	Tabel 4.10. Rencana Anggaran Biaya Pelaksanaan Konstruksi <i>Conduit</i> Pengelak dan <i>Cofferdam</i> pada Bendungan Gondang.....	127
	Tabel 4.11. Analisis Kebutuhan Sumber Daya Pekerjaan Konstruksi <i>Conduit</i> Pengelak dan <i>Cofferdam</i> pada Bendungan Gondang Setelah Optimasi	131
	Tabel 4.12. Lintasan Kritis Pekerjaan Tanpa Alternatif.....	149
	Tabel 4.13. Perhitungan Upah Kerja Lembur.....	151

Tabel 4.14. Analisis Durasi Pekerjaan Pelaksanaan Konstruksi <i>Conduit</i> Pengelak dan <i>Cofferdam</i> pada Bendungan Gondang dengan Penambahan Jam Kerja	155
Tabel 4.15. Analisis Kebutuhan Sumber Daya Pekerjaan Pelaksanaan Konstruksi <i>Conduit</i> Pengelak dan <i>Cofferdam</i> pada Bendungan Gondang dengan Penambahan Sumber Daya.....	167
Tabel 4.16. Perubahan Durasi Setelah Kegiatan Dipercepat	176
Tabel 4.17. Perbandingan Harga Satuan Pekerjaan pada Bendungan Gondang dengan Penambahan Jam Kerja	177
Tabel 4.18. Rencana Anggaran Biaya Pelaksanaan Konstruksi <i>Conduit</i> Pengelak dan <i>Cofferdam</i> pada Bendungan Gondang dengan Penambahan Jam Kerja	179
Tabel 4.19. Penambahan Kebutuhan Sumber Daya Setelah Kegiatan Dipercepat	182
Tabel 4.20. Perbandingan Harga Satuan Pekerjaan pada Bendungan Gondang dengan Penambahan Sumber Daya.....	183
Tabel 4.21. Rencana Anggaran Biaya Pelaksanaan Konstruksi <i>Conduit</i> Pengelak dan <i>Cofferdam</i> pada Bendungan Gondang dengan Penambahan Sumber Daya..	184
Tabel 4.22. Perbandingan Biaya Waktu Normal dengan Waktu Dipercepat.....	187

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
	<i>Gambar 2.1.</i> Sistem Manajemen Proyek Konstruksi	6
	<i>Gambar 2.2.</i> Jadwal Pelaksanaan Pengelakan Sungai	9
	<i>Gambar 2.3.</i> Bulldozer	14
	<i>Gambar 2.4.</i> Excavator	15
	<i>Gambar 2.5.</i> Dump Truck	16
	<i>Gambar 2.6.</i> Water Tanker	18
	<i>Gambar 2.7.</i> Vibrator Roller	19
	<i>Gambar 2.8.</i> Wheel Loader	20
	<i>Gambar 2.9.</i> Batching Plant	21
	<i>Gambar 2.10.</i> Truck Mixers	21
	<i>Gambar 2.11.</i> Concrete Mixer	22
	<i>Gambar 2.12.</i> Concrete Pump	23
	<i>Gambar 2.13.</i> Concrete Vibrator	24
	<i>Gambar 2.14.</i> Water Pump	24
	<i>Gambar 2.15.</i> Grafik Biaya Proyek	28
	<i>Gambar 2.16.</i> Skema Penentuan Harga Satuan Pekerjaan	30
	<i>Gambar 2.17.</i> Hubungan Kegiatan Dan Kejadian pada ADM	34
	<i>Gambar 2.18.</i> ES, LS, EF Dan LF	35
	<i>Gambar 2.19.</i> Perhitungan Maju Menggunakan Metode ADM	36
	<i>Gambar 2.20.</i> Perhitungan Mundur Menggunakan Metode ADM	36
	<i>Gambar 2.21.</i> Macam-Macam Model Node PDM	38
	<i>Gambar 2.22.</i> Perhitungan Maju Menggunakan Metode PDM	40
	<i>Gambar 2.23.</i> Perhitungan Mundur Menggunakan Metode PDM	40
	<i>Gambar 2.24.</i> Contoh Gambar Diagram Balok (Barchart)	42
	<i>Gambar 2.25.</i> Tampilan Awal Microsoft Project Manager 2016	45
	<i>Gambar 3.1.</i> Peta Lokasi Studi	50
	<i>Gambar 3.2.</i> Foto Rencana As Bendungan Godang	51
	<i>Gambar 3.3.</i> Foto Kondisi Genangan Bendungan Gondang	51
	<i>Gambar 3.4.</i> Diagram Alir Pengerjaan Skripsi	57

Gambar 3.5. Diagram Alir Penjadwalan dengan <i>Microsoft Project Manager 2016</i>	58
Gambar 3.6. Situasi Tapak Bendungan Gondang.....	59
Gambar 4.1. Sketsa Denah Jalan Kerja pada Bendungan Gondang	61
Gambar 4.2. Denah Dan Potongan Memanjang <i>Conduit Pengelak</i> pada Bendungan Gondang.....	62
Gambar 4.3. Tahapan Pekerjaan Galian <i>Conduit Pengelak</i>	62
Gambar 4.4. Tahapan Pekerjaan Pembetonan <i>Conduit Pengelak</i>	66
Gambar 4.5. Pekerjaan Beton <i>Cyclope</i>	68
Gambar 4.6. Denah <i>Cofferdam</i> pada Bendungan Gondang.....	69
Gambar 4.7. Membuat Lembar Kerja Baru	119
Gambar 4.8. Penyusunan Kalender Kerja Proyek	120
Gambar 4.9. Menentukan Tanggal Dimulainya Proyek	121
Gambar 4.10. Penyusunan Jaringan Kerja.....	122
Gambar 4.11. Sumber Daya Yang Dibutuhkan Selama Proyek.....	123
Gambar 4.12. Menugaskan Resource Ke Task Name	124
Gambar 4.13. Grafik Pekerja Sebelum Optimasi	139
Gambar 4.14. Grafik Pekerja Setelah Optimasi.....	139
Gambar 4.15. Grafik Mandor Sebelum Optimasi.....	139
Gambar 4.16. Grafik Mandor Setelah Optimasi.....	140
Gambar 4.17. Grafik Tukang Sebelum Optimasi	140
Gambar 4.18. Grafik Tukang Setelah Optimasi	140
Gambar 4.19. Grafik Kepala Tukang Sebelum Optimasi	141
Gambar 4.20. Grafik Kepala Tukang Setelah Optimasi	141
Gambar 4.21. Grafik <i>Bulldozer</i> Sebelum Optimasi	141
Gambar 4.22. Grafik <i>Bulldozer</i> Setelah Optimasi	142
Gambar 4.23. Grafik <i>Excavator</i> Sebelum Optimasi	142
Gambar 4.24. Grafik <i>Excavator</i> Setelah Optimasi	142
Gambar 4.25. Grafik <i>Dump Truck</i> Sebelum Optimasi	143
Gambar 4.26. Grafik <i>Dump Truck</i> Setelah Optimasi.....	143
Gambar 4.27. Grafik <i>Water Tanker</i> Sebelum Optimasi	143
Gambar 4.28. Grafik <i>Water Tanker</i> Setelah Optimasi.....	144
Gambar 4.29. Grafik <i>Vibrator Roller</i> Sebelum Optimasi.....	144
Gambar 4.30. Grafik <i>Vibrator Roller</i> Setelah Optimasi	144
Gambar 4.31. Grafik <i>Wheel Loader</i> Sebelum Optimasi	145

Gambar 4.32. Grafik <i>Wheel Loader</i> Setelah Optimasi	145
Gambar 4.33. Grafik <i>Truck Mixer</i> Sebelum Optimasi.....	145
Gambar 4.34. Grafik <i>Truck Mixer</i> Setelah Optimasi	146
Gambar 4.35. Grafik <i>Concrete Mixer</i> Sebelum Optimasi.....	146
Gambar 4.36. Grafik <i>Concrete Mixer</i> Setelah Optimasi.....	146
Gambar 4.37. Grafik <i>Concrete Pump</i> Sebelum Optimasi.....	147
Gambar 4.38. Grafik <i>Concrete Pump</i> Setelah Optimasi.....	147
Gambar 4.39. Grafik <i>Concrete Vibrator</i> Sebelum Optimasi	147
Gambar 4.40. Grafik <i>Concrete Vibrator</i> Setelah Optimasi	148
Gambar 4.41. Grafik <i>Water Pump</i> Sebelum Optimasi.....	148
Gambar 4.42. Grafik <i>Water Pump</i> Setelah Optimasi.....	148
Gambar 4.43. Grafik Pekerja Setelah Penambahan Jam Kerja.....	159
Gambar 4.44. Grafik Mandor Setelah Penambahan Jam Kerja	159
Gambar 4.45. Grafik Tukang Setelah Penambahan Jam Kerja.....	159
Gambar 4.46. Grafik Kepala Tukang Setelah Penambahan Jam Kerja	160
Gambar 4.47. Grafik <i>Bulldozer</i> Setelah Penambahan Jam Kerja	160
Gambar 4.48. Grafik <i>Excavator</i> Setelah Penambahan Jam Kerja	160
Gambar 4.49. Grafik <i>Dump Truck</i> Setelah Penambahan Jam Kerja.....	161
Gambar 4.50. Grafik <i>Water Tanker</i> Setelah Penambahan Jam Kerja.....	161
Gambar 4.51. Grafik <i>Vibrator/Sheep Foot Roller</i> Setelah Penambahan Jam Kerja.....	161
Gambar 4.52. Grafik <i>Wheel Loader</i> Setelah Penambahan Jam Kerja	162
Gambar 4.53. Grafik <i>Truck Mixer</i> Setelah Penambahan Jam Kerja	162
Gambar 4.54. Grafik <i>Concrete Mixer</i> Setelah Penambahan Jam Kerja	162
Gambar 4.55. Grafik <i>Concrete Pump</i> Setelah Penambahan Jam Kerja.....	163
Gambar 4.56. Grafik <i>Concrete Vibrator</i> Setelah Penambahan Jam Kerja	163
Gambar 4.57. Grafik <i>Water Pump</i> Setelah Penambahan Jam Kerja.....	163
Gambar 4.58. Grafik Pekerja Setelah Penambahan Sumber Daya	171
Gambar 4.59. Grafik Mandor Setelah Penambahan Sumber Daya.....	171
Gambar 4.60. Grafik Tukang Setelah Penambahan Sumber Daya	171
Gambar 4.61. Grafik Kepala Tukang Setelah Penambahan Sumber Daya.....	172
Gambar 4.62. Grafik <i>Bulldozer</i> Setelah Penambahan Sumber Daya.....	172
Gambar 4.63. Grafik <i>Excavator</i> Setelah Penambahan Sumber Daya.....	172
Gambar 4.64. Grafik <i>Dump Truck</i> Setelah Penambahan Sumber Daya	173
Gambar 4.65. Grafik <i>Water Tanker</i> Setelah Penambahan Sumber Daya	173

Gambar 4.66. Grafik <i>Vibrator/Sheep Foot Roller</i> Setelah Penambahan Sumber Daya ..	173
Gambar 4.67. Grafik <i>Wheel Loader</i> Setelah Penambahan Sumber Daya	174
Gambar 4.68. Grafik <i>Truck Mixer</i> Setelah Penambahan Sumber Daya	174
Gambar 4.69. Grafik <i>Concrete Mixer</i> Setelah Penambahan Sumber Daya.....	174
Gambar 4.70. Grafik <i>Concrete Pump</i> Setelah Penambahan Sumber Daya	175
Gambar 4.71. Grafik <i>Concrete Vibrator</i> Setelah Penambahan Sumber Daya.....	175
Gambar 4.72. Grafik <i>Water Pump</i> Setelah Penambahan Sumber Daya.....	175



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Harga Upah, Bahan, dan Sewa Alat	191
Lampiran 2.	Gambar Detail Desain Konstruksi <i>Conduit Pengelak</i> dan <i>Cofferdam</i> pada Bendungan Gondang	199
Lampiran 3.	Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP)	245
Lampiran 4.	Jadwal Pelaksanaan dan Kurva S	291
Lampiran 5.	Foto Pemasangan Penjelasan Untuk Mempromosikan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada Bendungan Gondang	313
Lampiran 6.	Foto Survey Lapangan pada Bendungan Gondang	321





BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada dekade ini ketahanan pangan (*food security*) merupakan salah satu prioritas dari misi pemerintah untuk melanjutkan pembangunan menuju Indonesia yang sejahtera. Hal ini tercantum dalam Peraturan Presiden No.5 Tahun 2010 tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) yang menjelaskan bahwa ketahanan pangan (*food security*) merupakan prioritas nasional kelima. Salah satu implementasi pemerintah dalam mewujudkan misinya adalah dengan cara membangun 65 bendungan yang tersebar di seluruh Indonesia. Dengan dibangunnya 65 bendungan diharapkan kebutuhan air untuk irigasi, air baku, dan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dapat terpenuhi. Sehingga ketahanan pangan secara berkelanjutan dapat dicapai dikarenakan sumber daya air yang handal.

Bendungan merupakan proyek rekayasa yang memiliki sifat yang spesifik. Sehingga untuk mewujudkannya diperlukan rancangan dan program pembangunan tersendiri. Hal ini dikarenakan dalam pembangunan bendungan banyak orang terlibat di dalamnya, dimana setiap orang memiliki pemikiran yang objektif untuk merencanakannya. Oleh sebab itu diperlukan teknik atau manajemen penjadwalan yang lebih fleksibel agar dapat di aplikasikan dalam proyek tersebut. Dalam suatu proyek bendungan terdapat berbagai jenis pekerjaan yang harus dilaksanakan. Mulai dari pengerjaan saluran pengelak, *cofferdam*, *intake*, *main dam*, *spillway*, dan bangunan pelengkap bendungan. Dengan begitu banyaknya pekerjaan dalam suatu proyek bendungan, maka diperlukan suatu manajemen penjadwalan yang baik dalam pengaturan sumber daya (material, peralatan, sumber daya manusia) dan waktu pengerjaan.

Dalam pembangunan Bendungan Gondang, pelaksanaan konstruksi *conduit* pengelak dan *cofferdam* merupakan proyek perekayasaan yang berskala besar. Oleh sebab itu dalam pembangunannya banyak aktivitas, biaya, sumber daya dan instansi maupun individu yang terlibat di dalamnya. Sampai saat ini pelaksanaan pembangunan Bendungan Gondang masih dalam tahap pelaksanaan. Sehingga diperlukan adanya suatu metode pengaturan untuk mengkoordinasikan suatu kegiatan, sumber daya, dan pihak-pihak yang terlibat di dalamnya, agar proyek dapat mencapai waktu, biaya dan kualitas secara optimal.

1.2. Identifikasi Masalah

Pelaksanaan konstruksi *conduit* pengelak dan *cofferdam* pada Bendungan Gondang merupakan salah satu proyek dengan tingkat kompleksitas yang cukup tinggi, baik ditinjau dari segi sumber daya yang digunakan maupun dari segi macam pekerjaan. Sehingga banyak aktivitas dan instansi yang terkait didalamnya. Oleh sebab itu dalam pelaksanaannya dibutuhkan manajemen yang fleksibel untuk menangani berbagai masalah yang terjadi.

Penjadwalan yang akan dikaji dalam studi ini menggunakan program *Microsoft Project Manager 2016*. Program ini berfungsi untuk mengatur ketergantungan antara kegiatan yang melibatkan banyak faktor pendukung. Selain itu dibutuhkan cara pengaturan, pengendalian, dan penjadwalan yang tepat dengan tetap memperhatikan kualitas, waktu dan biaya proyek tersebut, serta untuk mengetahui bagaimana penentuan waktu dan biaya yang paling optimal berdasarkan optimalisasi jadwal proyek.

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah, dapat dibuat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Berapakah jumlah rencana anggaran biaya untuk pelaksanaan konstruksi *conduit* pengelak dan *cofferdam* pada Bendungan Gondang ?
2. Berapakah sumber daya yang dibutuhkan dalam pelaksanaan konstruksi *conduit* pengelak dan *cofferdam* pada Bendungan Gondang dengan menggunakan *Microsoft Project Manager 2016* ?
3. Berapa lama waktu yang dibutuhkan dalam pelaksanaan konstruksi *conduit* pengelak dan *cofferdam* pada Bendungan Gondang dengan menggunakan *Microsoft Project Manager 2016* ?
4. Bagaimana perbandingan analisis dua alternatif penjadwalan dalam pelaksanaan konstruksi *conduit* pengelak dan *cofferdam* pada Bendungan Gondang dengan menggunakan *Microsoft Project Manager 2016* ?

1.4. Batasan Masalah

Untuk lebih memfokuskan pada kajian yang dilakukan dan menghindari terjadinya pembahasan yang keluar dari pokok kajian, maka dilakukan pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Lingkup kerja yang dianalisis adalah pada pelaksanaan konstruksi *conduit* pengelak dan *cofferdam* sesuai dengan detail desain pembangunan Bendungan Gondang Kabupaten Karanganyar.

2. Data yang dianalisis merupakan data sekunder proyek yang meliputi: data kontrak, data perencanaan, serta data harga satuan.
3. Data yang digunakan merupakan data hasil perhitungan PT. Gracia Widayakarsa.
4. Studi ini ditinjau dari segi waktu pelaksanaan, sumber daya dan biaya.
5. Biaya yang diperhitungkan terdiri atas biaya langsung dan biaya tidak langsung.
6. Pekerjaan yang akan dikaji merupakan pekerjaan yang terkait secara langsung pada pembagunan konstruksi *conduit* pengelak dan *cofferdam* pada Bendungan Gondang.
7. Pekerjaan konstruksi *conduit* pengelak yang akan dikaji meliputi pembangunan konstruksi conduit pengelak dan konstruksi menara pengambilan setinggi 21 meter.
8. Tidak membahas konstruksi *conduit* pengelak setelah menjadi bangunan *intake*.
9. Tidak membahas analisis ekonomi bangunan.
10. Tidak membahas pekerjaan mekanikal dan elektrikal.
11. Dalam studi ini ada dua alternatif yang akan dilakukan yaitu, alternatif penambahan jam kerja dan alternatif penambahan sumber daya.
12. Studi Penjadwalan Pelaksanaan Konstruksi *Conduit* Pengelak dan *Cofferdam* pada Bendungan Gondang dilakukan dengan menggunakan program *Microsoft Project Manager 2016*.

1.5. Tujuan

Studi penjadwalan yang dilakukan pada pelaksanaan konstruksi *conduit* pengelak dan *cofferdam* di pembangunan Bendungan Gondang ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui jumlah rencana angaran biaya dalam pelaksanaan konstruksi *conduit* pengelak dan *cofferdam* pada Bendungan Gondang.
2. Menentukan jumlah sumber daya yang dibutuhkan dalam pelaksanaan konstruksi *conduit* pengelak dan *cofferdam* pada Bendungan Gondang dengan menggunakan *Microsoft Project Manager 2016*.
3. Mengetahui lama waktu yang dibutuhkan dalam pelaksanaan konstruksi *conduit* pengelak dan *cofferdam* pada Bendungan Gondang dengan menggunakan *Microsoft Project Manager 2016*.
4. Membandingkan hasil analisis dua alternatif penjadwalan dalam pelaksanaan konstruksi *conduit* pengelak dan *cofferdam* pada Bendungan Gondang dengan menggunakan *Microsoft Project Manager 2016*.

1.6. Manfaat

Adapun manfaat dari studi ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat dijadikan referensi dalam menyelesaikan masalah-masalah yang dihadapi dalam memanajemen penjadwalan suatu proyek.
2. Dapat dijadikan referensi untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya, biaya kerja, dan waktu kerja dalam pelaksanaan proyek konstruksi.
3. Dapat dijadikan masukan dalam pengaplikasian *Microsoft Project Manager 2016* untuk memanajemen penjadwalan suatu proyek.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Manajemen Proyek

2.1.1. Proyek

Proyek merupakan satu kegiatan sementara yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas, dengan alokasi sumber daya tertentu dan dilakukan untuk menghasilkan produk dengan kriteria mutu yang telah disepakati (Soeharto, 1999, p.2).

Sumber daya yang digunakan dalam suatu proyek terdiri dari *Manpower* (Tenaga Kerja), *Machineries* (Alat dan Peralatan), *Material* (Bahan Bangunan), *Money* (Uang), dan *Method* (metode) (widiasanti, 2013, p.6). Sumber daya tersebut digunakan pada masa sekarang untuk memperoleh keuntungan yang lebih besar di masa yang akan datang.

Dengan melihat pengertian proyek diatas dapat terlihat bahwa ciri proyek adalah sebagai berikut:

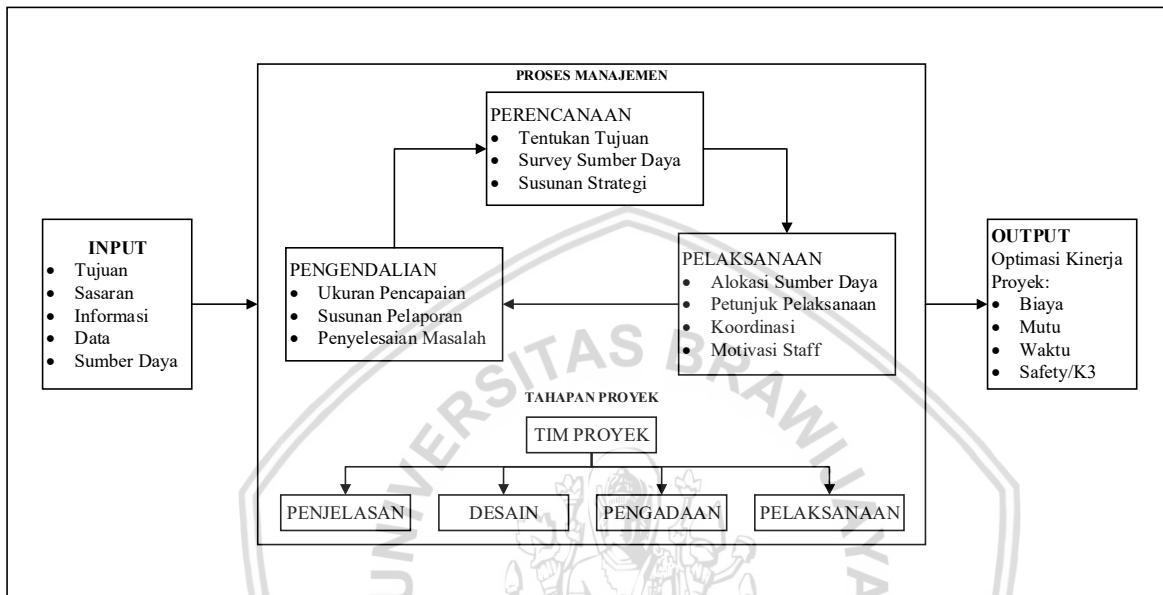
1. Harus ada gambaran yang jelas tentang kegiatan yang akan dilaksanakan;
2. Memiliki batasan, hal ini dikarenakan suatu proyek bersifat sementara. Sehingga ada batasan dari kegiatan proyek mulai awal proyek hingga akhir dari proyek tersebut;
3. Memiliki tujuan tertentu sehingga dibutuhkan suatu usaha yang bersifat kompleks; dan
4. Sebelum dilakukannya sebuah proyek, jumlah biaya, sasaran jadwal serta mutu harus sudah terlebih dahulu ditentukan.

Dalam pengerjaan proyek dengan skala besar kecepatan waktu penyelesaian merupakan salah satu hal yang harus di prioritas. Oleh sebab itu perlu dipertimbangkan penggunaan alat-alat berat yang sesuai dengan pekerjaan yang bersangkutan agar dapat membantu mempercepat pekerjaan suatu proyek. Mengingat pemanfaatan tenaga manusia secara manual dengan alat konvesional sudah tidak efisien lagi.

2.1.2. Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah penerapan ilmu pengetahuan, keahlian dan keterampilan, cara teknis yang terbaik dan dengan sumber daya yang terbatas, untuk mencapai sasaran dan tujuan yang telah ditentukan agar mendapatkan hasil yang optimal dalam hal kinerja biaya, mutu dan waktu serta keselamatan kerja. (Husen, 2009, p.5)

Dalam suatu rangkaian kegiatan proyek konstruksi, ada suatu proses yang mengelola sumber daya proyek menjadi suatu hasil yang berupa bangunan. Proses yang terjadi dalam rangkaian kegiatan tersebut akan melibatkan pihak-pihak yang terkait, baik langsung maupun tidak langsung. Semakin banyak pihak yang terlibat dalam suatu proyek konstruksi, maka potensi terjadinya konflik akan semakin besar. Sehingga diperlukan suatu manajemen konstruksi untuk mengatasi konflik tersebut.



Gambar 2.1. Sistem Manajemen Proyek Konstruksi
Sumber: Husen (2009,p.5)

2.2. Metode Pelaksanaan Pekerjaan

Dalam suatu proyek konstruksi, metode merupakan suatu hal yang penting untuk diperhatikan. Suatu proyek konstruksi dapat dioptimalkan keuntungan dari sisi biaya dan waktu tanpa mengurangi kualitas proyek tersebut bila penentuan metode yang diterapkan pada proyek tersebut dilakukan dengan tepat. Bahkan jika dikaitkan dengan *cost and time reduction*, metode bisa menjadi salah satu pendorong dari beberapa komponen di dalam suatu proyek.

Dengan adanya keterbatasan sumber daya pada kegiatan proyek, maka diperlukan beberapa metode yang efektif untuk melakukan *time reduction* dengan biaya yang optimal tanpa mengurangi kualitas dari proyek itu sendiri. Metode-metode yang bisa dilakukan pada suatu proyek antara lain :

a. Penambahan sumber daya

Penambahan pekerja dan alat berat pada kegiatan proyek merupakan metode yang paling umum dilakukan untuk memperpendek waktu proyek. Tetapi perlu diperhatikan bahwa hubungan antara ukuran pekerjaan dan perkembangan proyek bukan hal yang

bersifat linier. Oleh sebab itu metode ini dapat diterapkan setelah melakukan pertimbangan dengan baik.

b. Penambahan jam kerja

Membuat penambahan jam kerja merupakan cara paling mudah untuk menambah tenaga kerja pada suatu proyek. Hal ini dapat dilakukan dengan menjadwalkan kegiatan lembur. Dalam melakukan kegiatan penambahan jam kerja diperlukan pertimbangan terhadap batas kemampuan yang dapat dilakukan oleh pekerja, karena produktifitas pekerja dapat berkurang ketika pekerja mengalami tingkat kelelahan sudah cukup tinggi.

c. Membangun tim proyek inti

Membangun tim proyek inti dilakukan untuk memusatkan perhatian para professional hanya pada satu proyek/bidang tertentu, sehingga diharapkan dengan focus yang ada ini dapat meningkatkan kekompakkan tim dan yang paling penting dapat mempercepat penyelesaian proyek.

Fungsi manajemen proyek pada fase pelaksanaan adalah mengkoordinasikan semua elemen dari suatu proyek yang melibatkan sejumlah tanggung jawab sebagai berikut:

- Melakukan pengawasan terhadap pekerjaan agar sesuai dengan rencana;
- Memberikan umpan balik kepada orang yang mengerjakan proyek;
- Bernegosiasi untuk bahan suplai dan pelayanan; dan
- Memecahkan perbedaan diantara orang-orang yang terlibat didalam proyek, dimana tanggung jawab itu memerlukan bermacam-macam keterampilan.

2.3. Pelaksanaan Saluran Pengelak

2.3.1. Pekerjaan Penggalian Terbuka

Dalam melakukan pekerjaan galian, pengawasan dengan cara survey lapangan harus selalu dilakukan agar tidak terjadi penyimpangan dari batas galian yang sesuai dengan gambar desain. Dalam pelaksanaan penggalian jika ditemui adanya galian batu, maka pelaksana wajib untuk mengajukan usulan galian batu. Hal ini disebabkan dalam penggalian batu memiliki metode berbeda dengan penggalian tanah. Untuk penggalian batu yang menggunakan metode peledakan harus dilakukan dengan hati-hati agar tidak terjadi rongga yang berlebihan (*Over Break*) dan kerusakan yang membahayakan struktur batuan pondasi. Sehingga perlu dijadakannya uji coba peledakan terlebih dahulu. Selain itu perlu rencana yang detail mengenai cara dan alat yang dipakai terkait dengan kondisi geologi di sekitar ledakan.

2.3.2. Pekerjaan Pengalian Terowongan

Keadaan geologi daerah yang akan ditembus terowongan menentukan metode galian yang akan digunakan. Dalam pengerjaannya dapat digunakan dengan cara bergiliran satu, dua atau tiga kelompok kerja per hari agar pekerjaan cepat selesai. Dalam pelaksanaan dengan metode peledakan dapat diurutkan sebagai berikut:

- a. Persiapan alat-alat penggalian;
- b. Pengeboran;
- c. Pengisian lubang-lubang dengan bahan peledak;
- d. Peledakan;
- e. Ventilasi untuk pengeluaran debu;
- f. Pengangkatan hasil peledakan;
- g. Pengeluaran dan pengeringan air tanah; dan
- h. Pemasangan konstruksi pendukung.

2.4. Pelaksanaan Bendungan Pengelak (*Cofferdam*)

Setelah pekerjaan pengalian sungai berupa saluran atau terowongan pengelak selesai dibangun, maka pekerjaan selanjutnya adalah bendungan pengelak (*cofferdam*). Pengalian aliran sungai dilakukan pada musim kering, dimana debit sungai relatif kecil, sehingga lebih mudah pelaksanaanya.

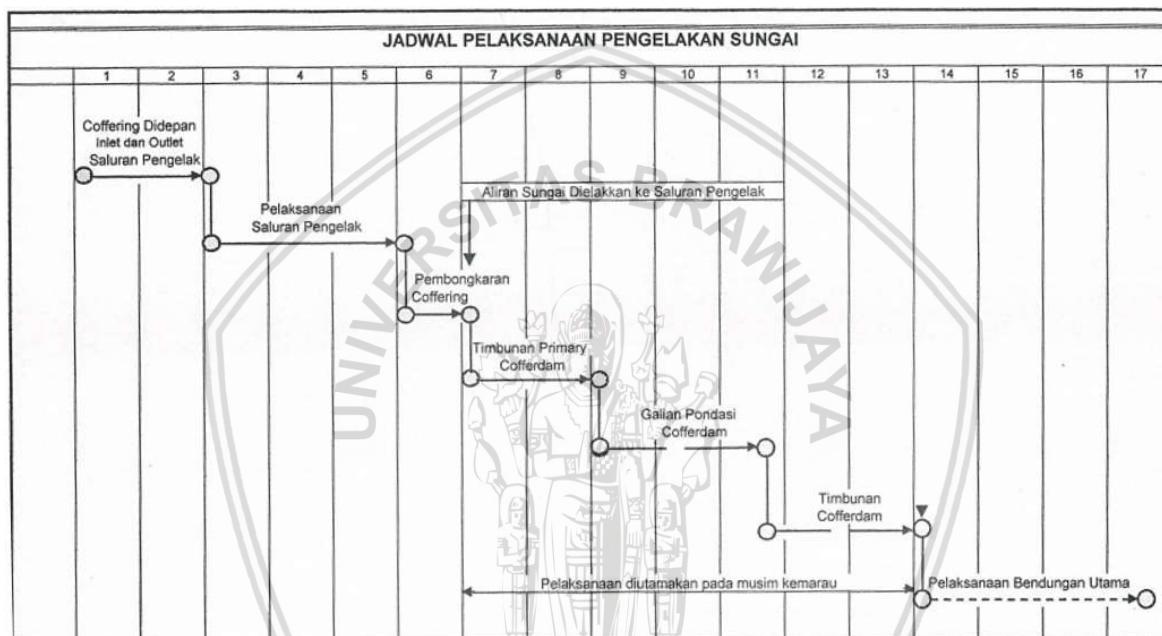
Apabila pengalian sungai terpaksa dilaksanakan pada musim hujan maka perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- a. Siapkan material timbunan dengan ukuran 20 mm sampai 50 mm dengan gradasi tertentu yang telah direncanakan dengan volume yang cukup dekat dengan lokasi timbunan bendungan pengelak disisi kanan dan kiri;
- b. Siapkan peralatan berat yang cukup disisi sungai, sehingga penimbunan dapat dilaksanakan serentak dimulai dari tepi kiri dan kanan sungai; dan
- c. Bendungan pengelak (*cofferdam*) juga dibuat baik dihulu maupun dihilir, apabila diperlukan.

Pembuatan bendungan pengelak sementara pada sungai yang alirannya cukup deras, diawali dengan menimbun sungai dengan batu-batu besar/blok-blok beton, diikuti dengan batu-batu kecil dan kemudian tanah. Setelah bendungan pengelak sementara selesai, segera pekerjaan galian pondasi bendung pengelak dimulai. Karena bendungan pengelak harus stabil mampu menahan banjir rencana, maka syarat pelaksanaan pondasi dan timbunan, sama dengan bendungan utama.

Pada pelaksanaan bendungan pengelak selebar sungai, perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- a. Penggalian pondasi diselesaikan lebih dahulu agar tidak mengganggu pelaksanaan timbunan;
- b. Jalan hantar dan material disiapkan terlebih dahulu;
- c. Bendungan pengelak akan menjadi kesatuan dengan tubuh bendungan utama, sehingga pelaksanaan timbunan sama dengan bendungan utama; dan
- d. Saluran pengelak dapat difungsikan sebagai saluran pengambilan dan pengeluaran setelah selesai pengelakan sungai.



Gambar 2.2. Jadwal Pelaksanaan Pengelakan Sungai
Sumber: Direktorat Jendral Sumber Daya Air (2004,p.16)

2.5. Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) merupakan suatu perencanaan, kebijakan dan pengambilan keputusan dari suatu organisasi atau perusahaan agar lebih memperhatikan keselamatan pekerjanya (Silalahi & Silalahi, 1995). Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja memegang peranan penting dalam upaya pencegahan kecelakaan yang terjadi pada proyek konstruksi. *Top management* merupakan pihak yang memiliki kemampuan dan tanggung jawab dalam mengendalikan seluruh lingkungan proyek dan seluruh sumber daya yang digunakan.

Berdasarkan Undang-Undang No.1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja, mewajibkan seorang pemimpin perusahaan melakukan hal-hal, sebagai berikut:

- a. Mensosialisasikan semua peraturan dan regulasi yang dibuat manajemen menyangkut masalah Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3);
- b. Memasang penjelasan untuk mempromosikan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di tempat kerja;
- c. Menyediakan perlengkapan keselamatan yang dibutuhkan bagi setiap orang yang berada di tempat kerja;
- d. Melakukan pemeriksaan secara berkala, terhadap kesehatan badan, kondisi mental, dan kemampuan fisik pekerja sesuai dengan pekerjaan yang dilakukannya;
- e. Memberikan penjelasan kepada para pekerja baru mengenai kondisi dan bahaya yang dihadapi di tempat kerja, penggunaan perlengkapan keselamatan dan cara maupun sikap aman dalam melakukan pekerjaan;
- f. Melakukan bimbingan yang berhubungan dengan pencegahan kecelakaan, pemadaman ketika terjadi kebakaran, dan P3K kepada seluruh pekerja; dan
- g. Memenuhi dan mentaati semua syarat dan ketentuan yang berlaku.

Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) adalah bagian dari sistem manajemen secara keseluruhan yang meliputi struktur organisasi, perencanaan, tanggung jawab, pelaksanaan dan prosedur, proses dan sumber daya yang dibutuhkan dalam pengembangan, penerapan, pencapaian, pengkajian dan pemeliharaan dalam kebijakan keselamatan dan kesehatan kerja dalam rangka pengendalian resiko yang berkaitan dengan kegiatan guna terciptanya tempat kerja yang aman, efisien dan produktif (Peraturan Menteri No. PER-05/MEN/1996 tentang Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja).

Sesuai dengan Peraturan Menteri No. PER-05/MEN/1996, tujuan dan sasaran Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) adalah menciptakan sistem keselamatan dan kesehatan kerja di tempat konstruksi, dengan melibatkan unsur-unsur manajemen, tenaga kerja, serta kondisi dan lingkungan kerja, sehingga tercipta tempat kerja yang aman, efisien dan produktif.

2.6. Produktifitas Alat-alat Berat

Produktifitas alat berat merupakan batas kemampuan dari suatu alat berat untuk bekerja yang berhubungan dengan tenaga yang tersedia terhadap tenaga yang dapat dimanfaatkan. Pemilihan peralatan alat berat untuk suatu proyek harus sesuai dengan kondisi di lapangan. Sehingga alat berat tersebut dapat berproduktivitas secara optimal dan seefisien mungkin. Faktor-faktor yang mempengaruhi produktifitas alat berat antara lain:

- Spesifikasi alat berat harus disesuaikan dengan jenis pekerjaan yang akan dilakukan;
- Kondisi lapangan meliputi keadaan tanah dan keterbatasan lahan;

- Keadaan cuaca, temperatur dan topografi pada lokasi proyek;
- Jadwal rencana pekerjaan yang digunakan;
- Keberadaan alat yang dikombinasikan dengan alat yang lain;
- Mobilisasi dan demobilisasi; dan
- Kemampuan satu alat untuk mengerjakan bermacam-macam pekerjaan.

Langkah pertama dalam membuat estimasi kapasitas alat berat adalah dengan menghitung secara teoritis. Hasil perhitungan tersebut kemudian dibandingkan dengan pengalaman yang nyata dari pekerjaan-pekerjaan sejenis. Atas dasar perbandingan itu, kita dapat menentukan besaran produktifitas alat yang paling sesuai untuk proyek yang bersangkutan. Sehingga penentuan produktifitas suatu alat berat dapat sesuai dengan yang diharapkan di lapangan.

Dalam penyelesaian suatu proyek dengan menggunakan alat berat, kombinasi alat berat sangat diperlukan. Sebagai contoh dalam pembuatan *conduit* setelah dilakukannya peledakan maka untuk memindahkan material hasil ledakan diperlukan *Wheel Loader* untuk memuat dan mengangkatnya ke dalam *Dump Truck* sehingga dapat dipindahkan ke daerah timbunan.

2.6.1. Metode Perhitungan Alat Berat

Kapasitas operasi dari suatu mesin konstruksi biasanya dinyatakan m^3/jam atau $CuYd/jam$. Produktivitas di dasarkan pada pelaksanaan volume yang dikerjakan per siklus waktu dan jumlah siklus dalam satuan jam.

1. Faktor Konversi Volume Tanah

Keadaan tanah merupakan penentu banyaknya volume tanah yang akan dikerjakan pada suatu proyek. Keadaan tanah yang terdapat dilapangan terdiri dari tiga golongan, tanah dalam keadaan asli (belum pernah dikerjakan dengan alat berat), tanah dalam keadaan lepas yang telah terkena penggerahan alat berat dan tanah yang telah di padatkan.

Faktor konversi tergantung dari tipe tanah dan derajat penggerahan, besarnya konversi ditunjukkan dalam tabel 2.1.

Tabel 2.1.

Faktor Konversi Bahan untuk Volume Tanah/Bahan Berbutir

Jenis Tanah	Kondisi tanah semula	Kondisi tanah yang akan dikerjakan		
		Asli	Lepas	Padat
Pasir	A	1,00	1,11	0,95
	B	0,90	1,00	0,86
	C	1,05	1,17	1,00
Tanah Liat Berpasir	A	1,00	1,25	0,90
	B	0,80	1,00	0,72

Lanjutan Tabel 2.1.

Faktor Konversi Bahan untuk Volume Tanah/Bahan Berbutir

Jenis Tanah	Kondisi tanah semula	Kondisi tanah yang akan dikerjakan		
		Asli	Lepas	Padat
Tanah Liat	C	1,10	1,39	1,00
	A	1,00	1,25	0,90
	B	0,70	1,00	0,63
Tanah Campur kerikil	C	1,11	1,59	1,00
	A	1,00	1,18	1,08
	B	0,85	1,00	0,91
Kerikil	C	0,93	1,09	1,00
	A	1,00	1,13	1,03
	B	0,88	1,00	0,91
Kerikil Kasar	C	0,97	1,10	1,00
	A	1,00	1,42	1,29
	B	0,70	1,00	0,91
Pecahan Cadas atau Batuan Lunak	C	0,77	1,10	0,10
	A	1,00	1,65	1,22
	B	0,61	1,00	0,74
Pecahan Granit atau Batuan Keras	C	0,82	1,35	1,00
	A	1,00	1,70	1,31
	B	0,59	1,00	0,77
Pecahan Batu	C	0,76	1,30	1,00
	A	1,00	1,75	1,40
	B	0,59	1,00	0,80
Bahan Hasil Peledakan	C	0,71	1,24	1,00
	A	1,00	1,80	1,30
	B	0,56	1,00	0,72
	C	0,77	1,38	1,00

Keterangan:

A = Tanah Asli, B = Tanah Lepas, dan C = Tanah Padat

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum (2013,p.53)

2. Efisiensi Kerja

Dalam merencanakan suatu proyek, produktifitas perjam dari suatu alat yang diperlukan adalah produktifitas standar dari alat tersebut dalam kondisi ideal dikalikan dengan suatu faktor. Faktor tersebut dinamakan efisiensi kerja. Efisiensi kerja tergantung dari banyak faktor (topografi, keahlian operator, pemilihan standar pemeliharaan dan sebagainya yang menyangkut operasi alat).

Dalam kenyataan memang sulit untuk menentukan besarnya efisiensi kerja, tetapi dengan dasar pengalaman-pengalaman dalam proyek terdahulu dapat ditentukan efisiensi kerja yang diharapkan dapat mendekati kenyataan seperti yang tercantum dalam tabel 2.2.

Tabel 2.2.
Faktor Efisiensi Alat

Kondisi Operasi	Pemeliharaan Mesin				
	Baik Sekali	Baik	Sedang	Buruk	Buruk Sekali
Baik Sekali	0,83	0,81	0,76	0,7	0,63
Baik	0,78	0,75	0,71	0,65	0,60
Sedang	0,72	0,69	0,65	0,60	0,54
Buruk	0,62	0,61	0,57	0,52	0,45
Buruk Sekali	0,52	0,5	0,47	0,42	0,32

Angka dalam warna abu-abu tidak disarankan hal ini dikarenakan efisiensi ini berdasarkan atas kondisi operasi dan pemeliharaan secara umum. Untuk efisiensi setiap alat bisa berbeda.

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum (2013,p.25)

3. Faktor Lain yang Mempengaruhi Produktivitas Peralatan

Selain faktor alat, ada beberapa faktor diluar alat yang dapat mempengaruhi suatu produktivitas peralatan. Faktor-faktor lain yang mempengaruhi produktivitas dari alat berat secara lengkap ada pada tabel 2.3.

Tabel 2.3.
Faktor-Faktor yang Berpengaruh pada Produktivitas Alat

No	Tipe faktor	Faktor konversi
1	Faktor Peralatan <ul style="list-style-type: none"> • Untuk peralatan yang baik (lama) • Untuk peralatan yang rusak ringan 	0,90 0,80
2	Faktor Operasi <ul style="list-style-type: none"> • Untuk operator kelas I • Untuk operator kelas II • Untuk operator kelas III 	1,00 0,80 0,70
3	Faktor Material (bahan) <ul style="list-style-type: none"> a. Faktor kohesif <ul style="list-style-type: none"> • Non kohesif • kohesif b. Faktor konversi material 	0,60 – 1,00 0,75 – 1,10 (tabel 2.1)
4	Faktor manajemen dan sifat manusia <ul style="list-style-type: none"> • Sempurna (60/60) • Baik (55/60) • Sedang (50/60) • Buruk (45/60) 	1,00 0,92 0,82 0,75
5	Faktor cuaca <ul style="list-style-type: none"> • Baik • Sedang 	1,00 0,80
6	Faktor perlengkapan	Sesuai dengan jenis alat
7	Faktor kondisi lapangan <ul style="list-style-type: none"> • Berat • Sedang • Ringan 	0,70 0,80 1,00

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum (2013)

2.6.2. Perhitungan Produktivitas Alat Berat

Berdasarkan hasil analisis awal, terdapat beberapa alat berat yang akan digunakan pada pembangunan *conduit pengelak* dan *cofferdam* pada Bendungan Gondang ini, antara lain sebagai berikut:

1. Bulldozer



Gambar 2.3. Bulldozer

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum (2014,p.22)

Bulldozer adalah traktor beroda rantai serba guna dan memiliki kemampuan traksi yang digunakan untuk mendorong, menggusur, mengurug dan sebagainya. Baik untuk kondisi medan kerja yang berat sekali pun, seperti daerah berbukit, berbatu, berhutan dan sebagainya.

Produktivitas *Bulldozer* dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$Q = \frac{q \times F_b \times F_m \times F_a \times 60}{T_s \times F_k}; \text{ m}^3/\text{jam} \quad (2-1)$$

Keterangan:

Q = kapasitas untuk pengupasan/meratakan; m^3/jam

F_b = faktor pisau

F_a = faktor efisiensi kerja *Bulldozer*

F_m = faktor kemiringan pisau, (1 untuk datar; 1,2 untuk turun -15%; 0,7 untuk nanjak +15%)

V_f = kecepatan mengupas; km/jam

V_r = kecepatan mundur; km/jam

q = kapasitas pisau; m^3

T_1 = waktu gusur ($l \times 60$) : V_f ; menit

T_2 = waktu kembali ($l \times 60$) : V_r ; menit

T_3 = waktu lain-lain; menit

T_s = waktu siklus

l = jarak pengupasan; m

F_k = faktor koreksi

Tabel 2.4.
Faktor Efisiensi Alat *Bulldozer*

Kondisi Kerja	Efisiensi kerja
Baik	0,83
Sedang	0,75
Kurang baik	0,67
Buruk	0,58

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum (2013,p.33)

Tabel 2.5.
Faktor Pisau *Bulldozer*

Kondisi Kerja	Kondisi Permukaan	Faktor Pisau
Mudah	Tidak keras/padat, tanah biasa, kadar air rendah, bahan timbunan	1,10 – 0,90
Sedang	Tidak terlalu keras, sedikit mengandung pasir, kerikil, agregat halus	0,90 – 0,70
Agak Sulit	Kadar air agak tinggi, mengandung tanah liat, berpasir, kering/keras	0,70 – 0,60
Sulit	Batu hasil ledakan, batu belah ukuran besar	0,60 – 0,40

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum (2013,p.33)

2. Excavator



Gambar 2.4. Excavator

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum (2014,p.17)

Excavator adalah alat serba guna yang dapat digunakan untuk menggali, memuat, dan mengangkat material. Terutama digunakan untuk menggali parit-parit saluran air atau pipa (*pipe line*). Dengan penggantian kelengkapan tambahan (*attachment*), alat ini dapat juga dipakai untuk memeca batu, mencabut tanggul, membongkar aspal dan lain-lain.

Produktivitas *Excavator* dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$Q = \frac{V x F_b x F_a x 60}{T_s x F_p x F_k}; \text{ m}^3/\text{jam} \dots \quad (2-2)$$

Keterangan:

Q = kapasitas untuk menggali/memuat/memecah; m^3/jam

F_h = faktor bucket

F_a = faktor efisiensi kerja *Excavator*

T_1 = waktu lama menggali/memuat/memecah; menit

T_2 = waktu lain-lain; menit

T_s = waktu siklus

F_v = faktor konversi

F_k = faktor koreksi

Tabel 2.6.

Faktor *Bucket* untuk *Excavator*

Kondisi operasi	Kondisi lapangan	Faktor <i>bucket</i> (Fb)
Mudah	Tanah biasa, lempung, tanah lembut	1,2 – 1,1
Sedang	Tanah biasa berpasir kering	1,1 – 1,0
Agak Sulit	Tanah biasa berbatu	1,0 – 0,9
Sulit	Batu pecah	0,9 – 0,8

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum (2013,p.36)

Tabel 2.7.

Faktor Konversi Galian untuk Alat *Excavator*

Kondisi galian (kedalaman galian /kedalaman galian maksimum)	Kondisi membuang, menumpahkan (<i>dumping</i>)			
	Mudah	Normal	Agak sulit	Sulit
<40%	0,7	0,9	1,1	1,4
(40 – 70)%	0,8	1	1,3	1,6
>70%	0,9	1,1	1,5	1,8

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum (2013,p.36)

3. *Dump Truck*



Gambar 2.5. *Dump Truck*

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum (2014,p.163)

Dump Truck adalah alat untuk mengangkut (*houlng*) berbagai jenis material, pada jarak tertentu, dari lokasi pemuatan yang biasanya menggunakan *Loader* atau *Excavator*, sampai ketempat pembuangan/penimbunan. *Dump Truk* untuk pekerjaan konstruksi yang pengoperasiannya melalui jalan umumnya dengan kapasitas sekitar 12 sampai 26 Ton. Akan

tetapi yang menggunakan jalan khusus proyek bisa menggunakan kapasitas yang lebih besar 30 - 40 Ton.

Produktivitas *Dump Truck* dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$Q_m = \frac{C_x E_t x 60}{C_{mt}} x M; m^3/jam \dots \quad (2-3)$$

Keterangan:

Q_m = Produktivitas Alat perkiraan *Dump Truck*; m³/jam

A = kapasitas bak; m³

D = jarak angkut; km

V_1 = kecepatan rata-rata bermuatan, km/jam

V_2 = kecepatan rata-rata kosong, km/jam

C_{ms} = waktu siklus kombinasi alat; menit

b = kapasitas kombinasi alat; m³

F_k = faktor efisiensi kombinasi alat

F_t = faktor efisiensi kerja *Dump Truck*

η = waktu mengisi *Dump Truck*, $\eta = A : (b \times F_k)$

T_b = waktu muat alat kombinasi. $T_b \equiv n \times C_{ms}$: menit

T_s = waktu angkut; T_d = $D : V_1$; men

T_1 = waktu kembali $T_1 = D : V_a$; menit

T_{ang} = waktu angkut dan kembali: menit

$T_{\text{wakt}} = \text{waktu buang dan tunggu; menit}$

T_{ambil} = waktu mengambil posisi; menit

C_{mt} = jumlah waktu siklus; menit

M = perkiraan jumlah *Dump Truck*, $M = C_{mt} : (C_{ms} \times n)$

C = produksi per siklus. $C = n \times h \times E$.

θ = Produktivitas Alat *Dump Truck*, $\theta = \theta_0 : M: m^3/jam$

Tabel 2.8

Tabel 2.8.
Faktor Efisiensi Alat *Dump Truck*

Faktor Efisiensi Alat <i>Dump Truck</i>	
Kondisi kerja	Efisiensi kerja
Baik	0,83
Sedang	0,80
Kurang baik	0,75
Buruk	0,70

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum (2013,p.35)

Tabel 2.9.

Kecepatan *Dump Truck* Berdasarkan Kondisi Lapangan

Kondisi lapangan	Kondisi beban	Kecepatan, km/jam
Datar	Isi	40
	Kosong	60
Menanjak	Isi	20
	Kosong	40
Menurun	Isi	20
	Kosong	40

Kecepatan tersebut adalah perkiraan umum. Besar kecepatan dapat berubah sesuai dengan medan, kondisi jalan, kondisi cuaca setempat serta kondisi kendaraan

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum (2013,p.35)

4. Water Tanker



Gambar 2.6. Water Tanker

Sumber: hargamitsubishi.id/wp-content/uploads/2017/06/Mitsubishi-Colt-Diesel-Tangki.png

Water Tanker adalah alat yang digunakan untuk menyiram air ke lapisan tanah atau agregat yang akan dipadatkan memiliki kadar air yang lebih rendah dari kadar air optimumnya. Selain pekerjaan pemadatan *Water Tanker* juga berfungsi untuk penyuplai air untuk pekerjaan yang membutuhkan air dalam proses pengrajaannya. *Water Tanker* juga dilengkapi dengan pompa dan pipa *sprayer*.

Produktivitas *Water Tanker* dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$Q = \frac{A x F_a x 60}{W_c x T_s}; \text{ m}^3/\text{jam} \dots \quad (2-4)$$

Keterangan:

Q = Produktivitas Alat Water Tanker; m^3/jam

A = volume tanki air; m³

F_a = faktor efisiensi kerja Water Tanker

$$W_c = \text{kebutuhan air/m}^3$$

V = kecepatan berpindah; km/jam

L = jarak layanan; km

q_1 = debit pengeluaran; l/dt

q_2 = debit pengisian; l/dt

T_1 = waktu pengeluaran; menit

T_2 = waktu pengisian; menit

T_3 = waktu pengambilan air; menit

T_s = waktu siklus; menit

5. *Vibrator Roller*



Gambar 2.7. *Vibrator Roller*

Sumber: en.beijingxlhj.com/XCMG-XS182J-roller

Vibrator Roller adalah suatu alat pemasangan yang menggabungkan antara tekanan dan getaran. Alat ini berfungsi untuk menggilas, memadatkan hasil timbunan dimana efisiensi pemampatan yang dihasilkan sangat baik. Hal ini dikarenakan adanya gaya dinamis terhadap tanah yang dihasilkan oleh getaran alat ini.

Produktivitas *Vibrator Roller* dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$Q = \frac{(b_e \times v \times 1000) \times F_a \times t}{n \times F_k}; \text{ m}^3/\text{jam} \quad (2-5)$$

Keterangan:

Q = Produktivitas Alat *Vibrator Roller*; m^3/jam

b_e = lebar efektif pemasangan; m

t = tebal pemasangan; m

v = kecepatan rata-rata alat; km/jam

n = jumlah lintasan

F_a = faktor efisiensi alat

F_k = faktor koreksi

6. Wheel Loader



Gambar 2.8. Wheel Loader

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum (2014,p.40)

Wheel Loader adalah alat pemuat beroda karet (ban), penggunaannya hampir sama dengan *Bulldozer*. Perbedaannya terletak pada landasan kerjanya, dimana landasan kerja untuk *Wheel Loader* relatif rata, kering dan kokoh. Dipergunakan terutama pada pengoperasian yang dituntut agar tidak merusak landasan kerja.

Produktivitas *Wheel Loader* dapat dihitung dengan rumus berikut:

Keterangan:

Q = Produktivitas Alat *Wheel Loader*: m³/jam

V = kapasitas *bucket*: m³

F = faktor efisiensi alat

E_i ≡ faktor bucket

T = waktu siklus: menit

Tabel 2.10

Fabel 2.10. Faktor Bucket untuk *Wheel Loader* dan *Track Loader*

Faktor Bucket untuk Wheel Loader dan Track Loader		
Kondisi penumpahan	Wheel Loader	Track loader
Mudah	1,10 – 1,00	1,10 – 1,00
Sedang	0,95 – 0,85	1,10 – 0,95
Agak sulit	0,85 – 0,80	1,00 – 0,90
Sulit	0,80 – 0,75	0,90 – 0,80

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum (2013,p.39)

7. *Batching Plant*



Gambar 2.9. Batching Plant

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum (2014,p.74)

Batching Plant adalah alat untuk membuat concrete atau beton yang penting dalam dunia konstruksi sebagai bahan pokok dalam pekerjaan struktur. Beton adalah campuran dari semen agregat dan air serta aditif. *Batching Plant* memproduktivitas beton secara massal dan kualitas yang sangat tinggi serta keseragaman dalam mutu beton. Produktivitas *Batching Plant* diambil langsung dari kapasitas alat dilapangan yaitu sesuai dengan spesifikasi pabrikan penyedia alat ini.

8. *Truck Mixers*



Gambar 2.10. Truck Mixers

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum (2014,p.165)

Truck Mixers merupakan nama lain dari *Agitator Truck*, alai ini digunakan untuk mencampur material untuk menghasilkan beton yang baik. Alat ini prinsipnya terdiri atas beberapa buah silinderr tegak yang dapat berputar terhadap poros memanjang. Poros ini berputar sedemikian rupa sehingga mempermudah pemasukan dan pengeluaran bahan beton.

Produktivitas *Truck Mixers* dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$Q = \frac{V \times F_a \times 60}{T_s}; m^3/jam (2-7)$$

Keterangan:

Q = Produktivitas Alat *Truck Mixers*; m^3/jam

V = kapasitas *drum*; m³

F_a = faktor efisiensi alat

V_1 = kecepatan rata-rata isi; km/jam

V_2 = kecepatan rata-rata kosong; km/jam

q_1 = kecepatan pengisian; l/dt

q_2 = kecepatan penuangan; l/dt

T_1 = lama waktu mengisi; menit

T_2 = lama waktu mengangkut; m

T_3 = lama waktu kembali; menit

T_4 = lama waktu menumpahkan; menit

T_s = waktu siklus, menit

9. Concrete Mixer



Gambar 2.11. Concrete Mixer

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum (2014,p.72)

Concrete Mixer adalah alat untuk memproduksi beton ready mix, dengan volume yang kecil akan tetapi dari segi kualitas beton tetap seragam dan sesuai proporsi material yang telah ditentukan dalam mix desain.

Produktivitas *Concrete Mixer* dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$Q = \frac{V x F_a x 60}{1000 x T_s}; \text{ m}^3/\text{jam} \dots \quad (2-8)$$

Keterangan:

Q = Produktivitas Alat *Concrete Mixer*; m³/jam

V = kapasitas mencampur; m³

F_a = faktor efisiensi alat

T_1 = lama waktu mengisi; menit

T_3 = lama waktu mencampur: menit

T_2 ≡ lama waktu menuang: menit

T_3 = lama waktu menunggu; menit

T_s = waktu siklus; menit

10. Concrete Pump



Gambar 2.12. Concrete Pump

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum (2014,p.135)

Concrete Pump (Pompa Beton) adalah alat untuk memindahkan concrete pada saat proses pengecoran concrete (beton). Proses dilakukan dengan cara memompa dengan piston hidrolik secara bergantian. Beton yang akan dipompa harus memenuhi kekentalan atau slump tertentu dan diameter aggregate tertentu yang disyaratkan dalam spesifikasi pompa beton.

Produktivitas *Concrete Pump* dapat dihitung dengan rumus berikut:

Keterangan:

Q = Produktivitas Alat *Concrete Pump*; m³/jam

V = kapasitas alat; m³

F_a = faktor efisiensi alat

T_1 = waktu mengisi; menit

T_2 = waktu memompa; menit

T_2 = waktu menunggu; menit

T_s = waktu siklus; menit

11. *Concrete Vibrator*



Gambar 2.13. Concrete Vibrator

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum (2014,p.135)

Concrete Vibrator adalah alat bantu dalam proses pengecoran beton dengan tujuan pemadatan beton agar menjadi beton yang padat dan homogen. Alat pengecoran ini digerakkan dengan tenaga listrik (electric) arus rendah, atau dengan sistem pneumatic (menggunakan air compressor) dan ada juga yang digerakkan dengan mesin untuk penggunaan yang tidak besar volumenya.

Produktivitas *Concrete Vibrator* dapat dihitung dengan rumus berikut:

Keterangan:

Q = Produktivitas Alat *Concrete Vibrator*; m³/jam

q = kapasitas alat *Concrete Vibrator*; m^3/jam

F_a = faktor efisiensi alat

12. Water Pump



Gambar 2.14. Water Pump

Sumber: www.taloon.com/kuvat/k/honda/lietepumppu_honda_wt40.jpg

Water Pump adalah suatu alat atau mesin yang digunakan untuk memindahkan air dari suatu tempat ke tempat yang diinginkan melalui pipa. *Water Pump* juga dapat digunakan

pada kegiatan-kegiatan yang membutuhkan tekanan hidraulik yang besar, contohnya pada alat-alat berat.

Produktivitas *Water Pump* dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$Q = q x F_a; \text{ } m^3/jam \dots \dots \dots \quad (2-11)$$

Keterangan:

Q = Produktivitas Alat *Water Pump*; m³/jam

q = kapasitas alat *Water Pump*; m³/jam

F_q = faktor efisiensi alat

2.7. Produktifitas Pekerja

Produktifitas pekerja merupakan batas kemampuan dari pekerja untuk mengerjakan suatu jenis pekerjaan. Untuk pekerjaan yang tidak menggunakan bantuan alat berat, produktifitas pekerja berdasarkan pekerjaan yang akan dikerjakan sudah ditetapkan dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 11/PRT/M/2013 tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum. Sedangkan untuk produktifitas pekerja yang dibantu oleh alat berat dalam pekerjaannya harus dilakukan penghitungan terlebih dahulu. Hal ini dikarenakan produktifitas pekerja sangat tergantung dari produktifitas alat berat yang digunakan. Berikut ini rumus yang umum digunakan untuk menentukan produktifitas pekerja :

$$Q_p = \frac{q_t}{T_k x_p} \dots \quad (2-13)$$

Keterangan:

Q_t = Produktivitas per hari; m³

T_k = Jumlah jam kerja; jam

Q = besar Produktivitas Alat alat yang menentukan tenaga kerja; m^3/jam

Q_p = produktifitas pekerja; m³/jam

P = jumlah pekerja yang diperlukan; orang

2.8. Durasi Pekerjaan

Durasi pekerjaan diartikan sebagai panjangnya waktu yang diperlukan untuk melaksanakan kegiatan dari awal sampai akhir pekerjaan (Soeharto, 2002, p.243). Durasi pekerjaan biasanya dinyatakan dalam jam, hari, atau minggu. Langkah awal yang harus dilakukan dapat memperkirakan lamanya penyelesaian pekerjaan suatu proyek dengan

memperkirakan durasi proyek. Durasi dari masing-masing pekerjaan akan menentukan lama penggerjaan proyek secara keseluruhan.

Lama kegiatan dinyatakan dengan kualitas dalam satuan hari, hari disini merupakan hari kerja. Namun tidak menutup kemungkinan untuk digunakannya satuan seperti: jam, hari, minggu, atau bulan. Secara umum durasi pekerjaan dapat ditentukan dengan cara membagi kuantitas (volume) pekerjaan dengan produktivitas sumber daya yang dipakai. Perhitungan durasi dapat dihitung dengan rumus :

$$Durasi = \frac{kuantitas\,(volume)}{produktivitas} \dots \quad (2-14)$$

Perkiraan besarnya durasi suatu pekerjaan (*duration of activity*) yang tepat perlu memperhatikan faktor-faktor berikut:

- Volume pekerjaan;
 - Tingkat kesulitan pekerjaan dilapangan;
 - Jumlah sumber daya yang tersedia;
 - Pengaruh cuaca (musim);
 - Jam kerja, istirahat, shift kerja, hari libur, dan presensi kerja; dan
 - Keamanan hal-hal yang tidak terduga dan pengalaman pekerjaan untuk kondisi pekerjaan serupa sangat membantu dalam estimasi yang akurat.

2.9. Biaya Pelaksanaan Proyek

2.9.1. Biaya Langsung (*Direct Cost*)

Biaya langsung merupakan semua biaya yang dikeluarkan saat terjadinya proyek dan berhubungan langsung dengan pelaksanaan pekerjaan konstruksi di lapangan (Soeharto, 1999, p.157). Biaya langsung terdiri dari:

- #### 1. Penyiapan lahan (*Site Preparation*)

Pekerjaan ini terdiri dari *clearing*, *grubbing*, menimbun, dan memotong tanah, mengeraskan tanah, dan lain-lain. Disamping itu juga pekerjaan-pekerjaan seperti membuat pagar, jalan, dan jembatan.

- ## 2. Pengadaan peralatan utama

Semua peralatan utama yang tertera dalam gambar *desain-engineering* harus disiapkan. Contohnya seperti *generator dapur, regenerator, reactor* dan lain-lain.

- ### 3. Biaya merakit dan memasang peralatan utama

Terdiri dari pondasi struktur penyangga, isolasi dan pengecatan.

4. Pemasangan pipa
Terdiri dari pipa transfer, pipa penghubung antara peralatan, dan lain-lain.
5. Alat-alat listrik dan instrument
Terdiri dari gardu listrik, motor listrik, jaringan distribusi, dan *instrument*.
6. Pembangunan gedung
Terdiri dari gedung perkantoran, pusat pengendalian operasi (*control room*), gudang, dan bangunan *civil* lainnya.
7. Fasilitas pendukung seperti *utility* dan *offsite*
Terdiri dari pembangkit uap, pembangkit listrik, fasilitas air pendingin, tangki, dan dermaga.
8. Pembebasan tanah
Biaya pembebasan tanah untuk dilakukannya suatu proyek.

2.9.2. Biaya Tidak Langsung (*Indirect Cost*)

Biaya tidak langsung merupakan semua biaya yang dikeluarkan tetapi tidak berhubungan langsung dengan pelaksanaan pekerjaan konstruksi di lapangan tetapi biaya ini diperlukan untuk mendukung pelaksanaan konstruksi dan tidak dapat dilepaskan dari proyek tersebut (Soeharto, 1999, p.157). Biaya tidak langsung terdiri dari:

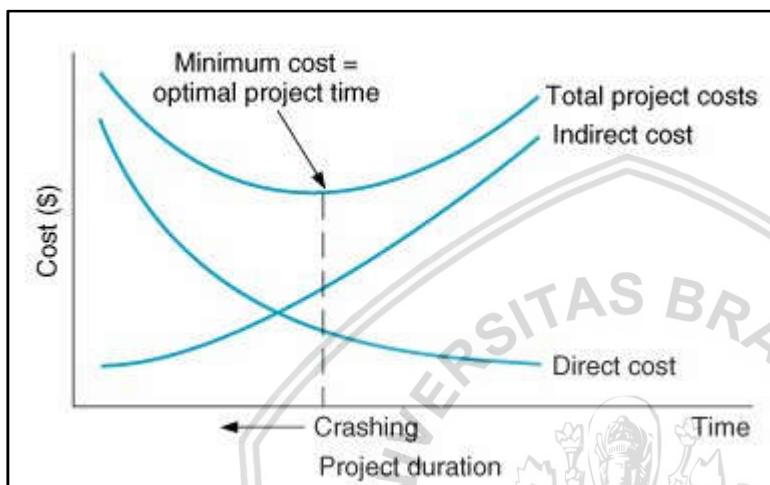
1. Gaji tetap dan tunjangan
Terdiri dari gaji dan tunjangan bagi tim manajemen, tenaga bidang *engineering*, *inspector*, penyedia konstruksi lapangan, dan lain-lain.
2. Kendaraan dan peralatan konstruksi
Terdiri dari pemeliharaan, pembelian bahan bakar, miyak pelumas, dan suku cadang untuk kendaraan dan peralatan konstruksi.
3. Pembangunan fasilitas sementara
Terdiri dari perumahan darurat tenaga kerja, penyediaan air dan listrik, fasilitas komunikasi sementara untuk konstruksi dan lain-lain.
4. Pengeluaran umum
Terdiri dari *small tools*, penggunaan bahan dan alat sekali pakai.
5. Laba kontinjensi (*Fee*)
Kontinjensi merupakan biaya yang dianggarkan untuk menutupi hal-hal yang belum pasti.

6. Overhead

Meliputi biaya untuk operasi perusahaan secara keseluruhan, terlepas dari ada atau tidaknya kontrak yang ditandatangani. Misalnya biaya pemasangan, advertensi, gaji *eksekutif*, sewa kantor, telepon atau computer.

7. Pajak, pungutan/sumbangan, biaya perjanjian, dan asuransi, berbagai macam pajak seperti PPN, PPh, dan lainnya atas hasil operasi perusahaan.

Secara umum biaya proyek dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.15. Grafik Biaya Proyek

Sumber: jamesthoengsal.blogspot.com/p/least-cost-analysis-lca-method_14.html

2.10. Analisis Harga Satuan Pekerjaan

Analisis harga satuan pekerjaan (AHSP) merupakan proses memperkirakan biaya yang akan ditanggung berdasarkan harga satuan, jika angka yang menunjukkan volume total pekerjaan belum dapat dihitung dengan pasti, tetapi untuk biaya per unitnya dapat dihitung (Soeharto, 1995, p.141).

Berdasarkan data kuantitas dan jenis pekerjaan, dapat ditentukan semua komponen/sumber daya yang dibutuhkan untuk masing-masing komponen yang terlibat (Gould, 1997, p.143). Analisis harga satuan pekerjaan (AHSP) secara umum akan memperhitungkan tentang bahan, upah, dan alat.

1. Analisis Harga Satuan Bahan

Dalam penentuan harga satuan bahan diperlukan analisis untuk mendapatkan kuantitas dan biaya bahan-bahan yang akan digunakan dalam satu satuan volume pekerjaan. besarnya biaya bahan untuk satuan pekerjaan dapat dengan mengalikan kuantitas bahan yang dibutuhkan untuk satu satuan unit pekerjaan dengan harga satuan bahan.

2. Analisis Harga Satuan Upah

Analisis harga satuan upah berfungsi untuk memperoleh jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan pada pengajaran satu satuan volume pekerjaan tertentu beserta biaya yang dibutuhkan. Biaya pekerja ini dibedakan atas:

- Upah Harian, upah ini dibayarkan per satuan waktu. Sementara untuk menentukan besarnya upah dipengaruhi oleh jenis keahlian pekerjaan, lokasi pekerjaan, jenis pekerjaan dan lain-lain.
- Upah Borongan, upah ini dibayarkan tergantung dari hasil kesepakatan antara kontraktor dengan para pekerja untuk menyelesaikan satu atau lebih item pekerjaan. Besarnya upah yang dibayarkan tergantung dari kesepakatan yang telah dilakukan.
- Upah berdasarkan Produktivitas, besarnya upah ini tergantung dari banyaknya pekerjaan yang telah diselesaikan oleh pekerja dalam waktu tertentu. Tetapi dalam pengajaran pekerjaan tidak boleh melupakan kualitas dari pekerjaan yang telah disepakati.

Dalam analisis harga satuan upah, biasanya akan mempergunakan metode *Man Day*. Metode *Man Day*, memperhitungkan produktivitas rata-rata tenaga kerja dalam mengerjakan suatu pekerjaan dalam waktu satu hari. Langkah-langkah dalam menggunakan metode *Man Day*, adalah sebagai berikut:

- a. Menetapkan jumlah tenaga kerja untuk setiap jenis pekerjaan;
- b. Menghitung rata-rata upah per hari;
- c. Menghitung jam kerja efektif dalam satu hari kerja;
- d. Menghitung volume pekerjaan yang dapat diselesaikan dalam satu hari kerja; dan
- e. Menghitung produktivitas tenaga pekerja dalam satu hari kerja

Besarnya harga satuan tenaga kerja untuk satu satuan (unit) pekerjaan adalah mengalikan kuantitas (dalam *Man Day*) dengan harga satuan upah per hari untuk masing-masing pekerjaan

3. Analisis Harga Satuan Alat

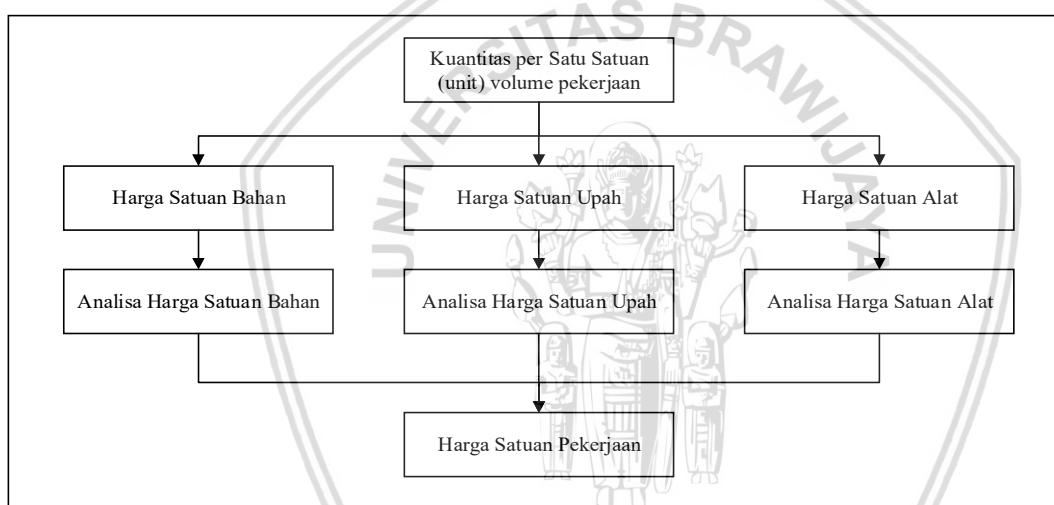
Analisis harga satuan alat digunakan untuk menentukan kuantitas alat berat yang dibutuhkan untuk menggerakan satu satuan (unit) volume pekerjaan dan juga menentukan besarnya biaya yang harus ditentukan. Harga satuan alat dibagi menjadi dua, harga satuan per jam dan harga satuan per hari.

Besar harga satuan alat untuk satuan pekerjaan adalah dengan mengalihkan kuantitas alat yang dibutuhkan dengan harga satuan (per jam/per hari) untuk alat yang digunakan. Nilai dari harga satuan untuk masing-masing sumber daya pada item pekerjaan

tambahan akan menyesuaikan dengan memperhitungkan faktor indeks yang berlaku pada tahun yang bersangkutan. Indeks harga merupakan harga perbandingan antara harga pada waktu (tahun tertentu) terhadap harga pada waktu (tahun) yang digunakan sebagai dasar. Untuk menghitung harga satuan alat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Harga\ satuan\ A = Harga\ satuan\ B \times \frac{indeks\ harga\ tahun\ A}{Indeks\ harga\ Tahun\ B} \dots \quad (2-15)$$

Jadi analisis harga sataun pekerjaan merupakan analisis yang digunakan untuk menentukan jumlah biaya satuan (unit) volume pekerjaan tertentu yang harus dikelurkan. Besarnya harga satuan pekerjaan didapat dengan menjumlahkan seluruh biaya yang dikeluarkan untuk satu satuan (unit) volume pekerjaan sesuai dengan biaya bahan, upah tenaga kerja dan peralatan.



Gambar 2.16. Skema Penentuan Harga Satuan Pekerjaan
Sumber : Widiasanti & Lenggogeni (2013)

2.11. Alokasi Sumber Daya Terpakai

Dalam suatu kegiatan proyek konstruksi, tenaga kerja merupakan bagian dari sumber daya proyek. Hal ini dikarenakan tenaga kerja merupakan orang yang secara langsung terlibat dalam pekerjaan fisik proyek (Soeharto, 1999, p.25).

Jumlah dan macam tenaga kerja yang dibutuhkan pada tiap-tiap pekerjaan merupakan jumlah sumber daya yang disusun untuk satu satuan pekerjaan berdasarkan pengalaman dan durasi pekerjaan. Untuk bahan (material) yang dipergunakan dalam tiap pekerjaan didasarkan atas spesifikasi teknis yang ada. Sedangkan sumber daya peralatan yang dialokasikan didasarkan hasil produktivitas dari tiap-tiap peralatan untuk masing-masing pekerjaan.

2.12. Logika Ketergantungan Pekerjaan

Logika ketergantungan pekerjaan diperlukan untuk menyusun hubungan antara satu dengan yang lain dalam proses membuat jaringan kerja. Logika ketergantungan pekerjaan merupakan hubungan ketergantungan suatu kegiatan dengan kegiatan yang lain dalam pelaksanaan proyek. Pada pekerjaan tertentu, hubungan antara satu pekerjaan dengan pekerjaan lainnya bisa tidak ada saling keterkaitan/ketergantungan.

Semua aktivitas kegiatan dalam suatu proyek selanjutnya dihubungkan berdasarkan hubungan yang logis, sehingga membentuk suatu jaringan rangkaian pekerjaan (*Network Diagram*) yang berisi lintasan-lintasan kegiatan dalam proyek. Beberapa langkah dalam penyusunan daftar ketergantungan adalah sebagai berikut:

1. Setiap kegiatan didefinisikan;
2. Estimasi kebutuhan sumber daya (biaya pengadaan bahan dan alat yang diperlukan, serta kebutuhan tenaga kerja);
3. Estimasi durasi (lama pelaksanaan);
4. Pembuatan daftar kegiatan proyek;
5. Membuat kode, yaitu memberikan nomor dan mana pada setiap kegiatan yang digunakan dalam penyajian jaringan kerja serta pada komputer;
6. Mengidentifikasi semua kegiatan yang harus selesai sebelum kegiatan yang ditinjau akan dilaksanakan;
7. Mengevaluasi setiap kegiatan sebelum selesai;
8. Membuat daftar ketergantungan kegiatan-kegiatan proyek dan diagram jaringan kerja berdasarkan daftar ketergantungan tersebut; dan
9. Memperbaiki daftar ketergantungan serta diagram kerja jika ada ketidaksesuaian.

2.13. *Network Planning* (Perencanaan Jaringan Kerja)

2.13.1. Definisi *Network Planning*

Network planning adalah perencanaan (*planning*) dan pengawasan (*control*) suatu proyek, dimana merupakan suatu rangkaian kegiatan yang rutin dari serangkaian kegiatan yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu proyek (Siswoyo, 1981, p.3).

Dengan dibuatnya *Network planning* dapat diketahui bagian-bagian pekerjaan yang harus dijadwalkan, sehingga dapat dijadikan dasar untuk melakukan pekerjaan selanjutnya dan dapat dilihat pula bahwa suatu pekerjaan belum dapat dimulai apabila ada kegiatan yang sebelumnya yang belum selesai dikerjakan. Dalam penyusunan *Network planning* pada suatu proyek yang harus dilakukan adalah:

1. Inventarisasi kegiatan-kegiatan yang terdapat dalam proyek serta logika ketergantungan satu sama lain.
2. Peninjauan unsur waktu berdasarkan pengalaman, teori dan perhitungan mengenai jangka waktu penyelesaian tiap-tiap kegiatan dari awal sampai akhir proyek.

2.13.2. Manfaat *Network Planning*

Penyusunan *Network planning* memiliki manfaat sebagai berikut:

1. Diketahui rencana proyek secara detail dikarenakan harus menggambarkan logika ketergantungan dari tiap kegiatan dalam sebuah *network planning*;
2. Diketahui hambatan-hambatan yang mungkin timbul jauh sebelum kegiatan dilakukan dengan cara memperhitungkan dan mengetahui waktu terjadinya tiap-tiap kejadian yang ditimbulkan satu atau beberapa kegiatan, sehingga dapat segera dilakukan tindakan pencegahan yang diperlukan;
3. Mengetahui kegiatan-kegiatan yang waktu penyelesaiannya sangat kritis dan tidak kritis. Sehingga memungkinkan kita untuk mengatur pembagian usaha dan perhatian terhadap hal tersebut;
4. Dapat merencanakan penjadwalan dan pengawasan proyek secara logis dan sistematis;
5. Dicapainya pelaksanaan proyek yang lebih ekonomis; dan
6. Memiliki kepastian dalam menggunakan sumber daya yang telah ditetapkan.

2.13.3. Dasar-dasar *Network Planning*

Dalam penggeraan *network planning*, ada beberapa istilah yang sering digunakan untuk mempermudah dalam menjelaskan suatu waktu kejadian dalam proyek. Istilah yang sering digunakan dalam penggeraan *network planning* adalah sebagai berikut :

a. Waktu Luang (Float/Stack Time)

Waktu luang adalah sejumlah waktu yang tersedia dalam suatu kegiatan sehingga memungkinkan kegiatan tersebut dapat ditunda atau diperlambat secara sengaja atau tidak sengaja, tanpa memperlambat dalam penyelesaian suatu kegiatan (Ervianto. 2002, p.163).

Waktu luang dibagi menjadi *Total Float* dan *Free Float*. Kedua waktu luang ini dibedakan hanya berdasarkan pengaruh yang tidak dirasakan oleh suatu proyek. Dimana *Total Float* waktu luang yang tidak mempengaruhi selesai proyek secara keseluruhan sedangkan *Free Float* waktu luang yang tidak mempengaruhi dimulainya kegiatan yang langsung mengikutinya.

b. Lead Time

Lead Time diartikan sebagai besarnya waktu yang mungkin dapat dilakukan untuk memulai suatu pekerjaan, tanpa harus menunggu selesai pekerjaan lain (Pramono, 1997, p.95).

c. Waktu Tunggu (Lag)

Waktu tunggu merupakan besarnya tenggang waktu untuk dapat dimulai suatu pekerjaan setelah pekerjaan lain yang mendahuluinya selesai.

d. Kegiatan Kritis

Kegiatan kritis adalah kegiatan yang sangat peka terhadap keterlambatan, dimana keterlambatan itu akan mengakibatkan pelaksanaan proyek secara keseluruhan akan terlambat.

e. Lintasan Kritis

Lintasan kritis sangat berhubungan dengan kegiatan kritis dikarenakan lintasan kritis merupakan alur yang terdapat pada jaringan pekerjaan yang berisi kegiatan-kegiatan kritis.

f. Pengalokasian dan Pemerataan Sumber Daya

Pengalokasian dan pemerataan sumber daya penting dilakukan untuk menghindari terjadinya pemborosan sumber daya pada masing-masing pekerjaan proyek. Hal ini harus dilakukan karena waktu dan tingkat sumber daya pada masing-masing proyek memiliki kebutuhan sumber daya yang berbeda. Sehingga perlu dilakukannya *leveling* atau perataan untuk mengatur tingkat kebutuhan sumber daya dari waktu ke waktu menjadi serata mungkin.

2.13.4. Network Diagram

Network diagram ialah visualisasi proyek yang mengacu pada *network planning*.

Dimana didalamnya berisi lintasan-lintasan pekerjaan dan urutan-urutan peristiwa yang ada selama penyelenggaraan suatu proyek. Sehingga dapat diketahui kaitan antara satu pekerjaan dengan kegiatan lain. Hal ini dapat memudahkan dalam pengendalian suatu proyek ketika ada kegiatan yang mengalami keterlambatan dan berapa besar pengaruh untuk kegiatan proyek tersebut. Selain itu dengan *network diagram* dapat diketahui lintasan mana yang kritis, sehingga dengan mengetahui lintasan kritisnya dapat ditentukan skala prioritas dalam menangani masalah-masalah yang timbul dalam penyelenggaraan proyek (Ali, 1995, p.8).

2.14. Metode Network Planning (Perencanaan Jaringan Kerja)

2.14.1. Diagram Panah (*Arrow Diagram Method*)

Arrow Diagram Method (ADM) biasanya digunakan untuk proyek yang memiliki banyak ketergantungan di antara kegiatannya. Metode ADM ini dibentuk dari anak-anak panah dan node. Anak panah mewakili kegiatan-kegiatan proyek, sedangkan node mewakili kejadian. Node pada bagian awal anak panah disebut node “I”, sedangkan node pada bagian kepala anak panah disebut node “J”.

Karena metode ini menghubungkan node-node dari setiap kegiatan bersama-sama, maka node J dari kegiatan sebelumnya juga menjadi node I pada kegiatan berikutnya. Terkadang metode ini juga disebut diagram I-J, karena penggunaan I atau J pada node-nodenya. Simbol yang digunakan dalam metode ADM dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Aktivitas adalah sebuah kegiatan yang merupakan bagian dari proyek;
2. Event adalah titik signifikan selama waktu proyek. Sebuah event bisa merupakan waktu yang mana suatu aktivitas diselesaikan atau yang mana aktivitas-aktivitas seluruhnya selesai; dan
3. Dummy adalah aktivitas buatan dengan nol durasi yang hanya menggambarkan hubungan preseden di antara kegiatan-kegiatan.

Dua elemen penting pada ADM adalah anak panah dan node. Jika ada permintaan, panjang anak panah biasanya dibuat sesuai dengan skala durasi waktu yang proporsional. Setiap aktivitas (anak panah) mengandung deskripsi yang jelas. Deskripsi dari aktivitas ini biasanya dituliskan pada diagram tersebut, dibawah atau diatas anak panah. Sebagai tambahan, setiap aktivitas juga di damping durasinya.



Gambar 2.17. Hubungan Kegiatan dan Kejadian pada ADM

Sumber : Widiasanti & Lenggogeni (2013,p.54)

Pada metode jaringan kerja dikenal dengan adanya jalur kritis, yaitu jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan, dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek yang tercepat. Jadi jalur kritis terdiri dari

rangkaian kegiatan kritis, dimulai dari kegiatan pertama sampai pada kegiatan terakhir (Soeharto, 1999, p.240).

Sebelum membuat jalur kritis dalam metode penjadwalan jaringan kerja ADM, haruslah diketahui terlebih dahulu cara perhitungan durasi proyek yang terbagi dalam hitungan maju dan hitungan mundur. Ada beberapa istilah yang terlibat sehubungan dengan perhitungan maju dan mundur metode ADM sebagai berikut:

- *Early Start (ES)* merupakan Waktu paling awal sebuah kegiatan dapat dimulai setelah kegiatan sebelumnya selesai;
- *Late Start (LS)* merupakan waktu paling akhir sebuah kegiatan dapat diselesaikan tanpa memperlambat penyelesaian jadwal proyek;
- *Early Finish (EF)* merupakan waktu paling awal sebuah kegiatan dapat diselesaikan jika dimulai pada waktu paling awal dan diselesaikan sesuai durasinya; dan
- *Late Finish (LF)* merupakan waktu paling akhir sebuah kegiatan dapat dimulai tanpa memperlambat penyelesaian proyek secara keseluruhan.

Berikut adalah gambar potongan jaringan kerja ADM dengan penempatan ES, LS, dan LF.

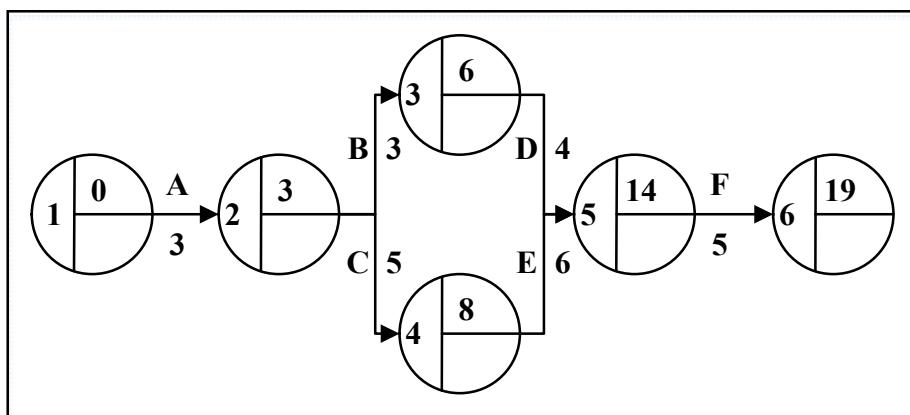


Gambar 2.18. ES, LS, EF dan LF
Sumber : Widiasanti & Lenggogeni (2013,p.62)

1. Perhitungan Maju

Dalam mengidentifikasi jalur kritis dipakai suatu cara yang disebut hitungan maju dengan aturan-aturan yang berlaku sebagai berikut:

- a. Tidak boleh dilakukan untuk kegiatan awal, maka kegiatan baru dapat dimulai bila kegiatan yang mendahulunya telah selesai;
- b. Waktu paling awal suatu kegiatan adalah nol;
- c. Waktu selesai paling awal suatu kegiatan adalah sama dengan waktu mulai paling awal, ditambah kurun waktu kegiatan yang bersangkutan; dan
- d. Bila suatu kegiatan memiliki dua atau lebih kegiatan pendahulunya, maka ES adalah EF terbesar dari kegiatan-kegiatan tersebut.



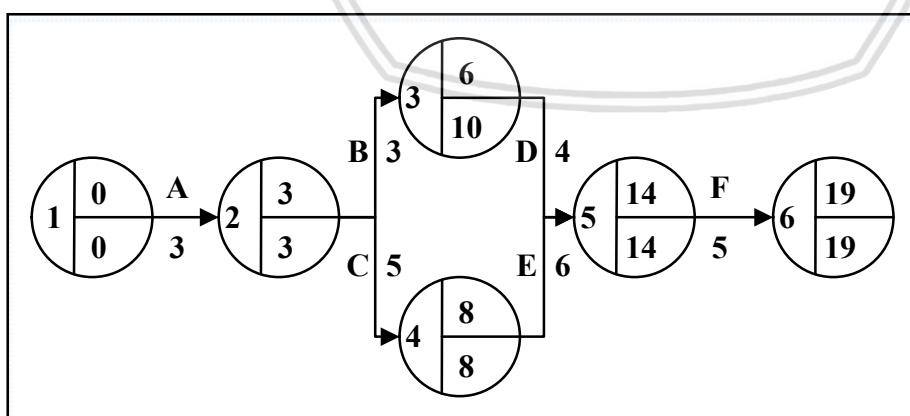
Gambar 2.19. Perhitungan Maju Menggunakan Metode ADM

Sumber : Widiasanti & Lenggogeni (2013,p.63)

2. Perhitungan Mundur

Manfaat dari perhitungan mundur adalah dapat mengetahui waktu atau tanggal paling akhir kita masih dapat memulai dan mengakhiri kegiatan tanpa mengganggu waktu penyelesaian proyek keseluruhan, yang telah dihasilkan dari perhitungan maju. Aturan yang berlaku dalam perhitungan mundur adalah sebagai berikut :

- Hitungan mundur dimulai dari ujung kanan, yaitu dari hari terakhir penyelesaian proyek suatu jaringan kerja;
- Waktu mulai paling akhir suatu kegiatan adalah sama dengan waktu selesai paling akhir, dikurangi kurun waktu/durasi kegiatan yang bersangkutan; dan
- Bila suatu kegiatan memiliki dua atau lebih kegiatan berikutnya, maka waktu paling akhir (LF) kegiatan tersebut adalah sama dengan waktu mulai paling akhir (LS) kegiatan berikutnya yang terkecil.



Gambar 2.20. Perhitungan Mundur Menggunakan Metode ADM

Sumber : Widiasanti & Lenggogeni (2013,p.65)

2.14.2. Diagram Prendence (Precedence Diagramming Method)

Predence Diagramming Method (PDM) merupakan salah satu teknik penjadwalan yang termasuk dalam teknik penjadwalan *network planning* atau rencana jaringan kerja. Berbeda dengan ADM yang menitikberatkan kegiatan pada anak panah, PDM menitikberatkan kegiatan pada node.

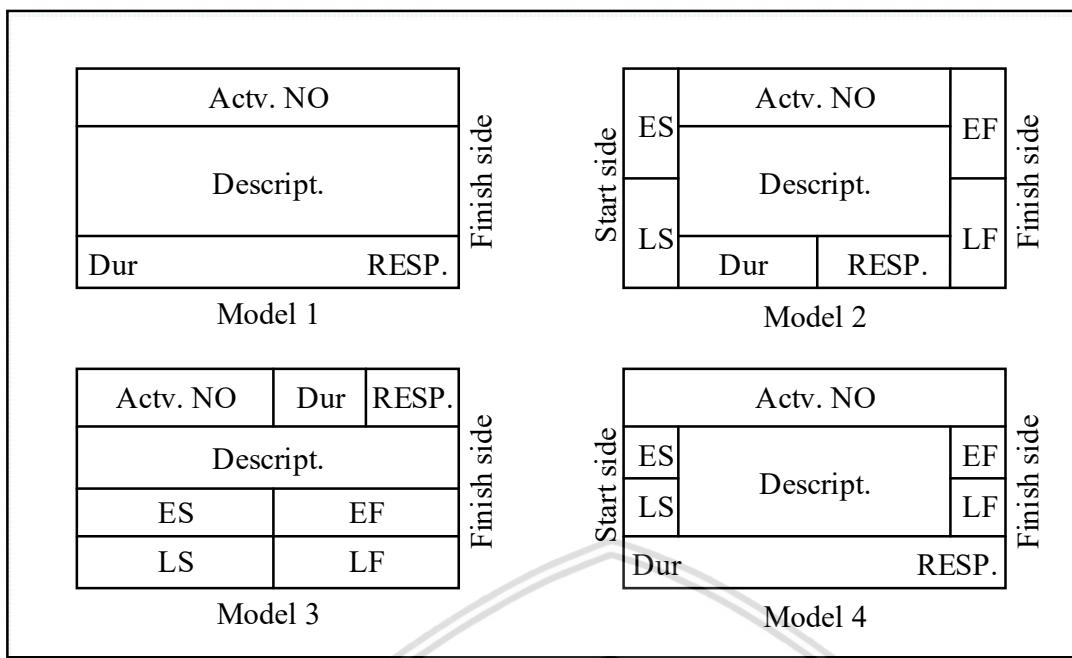
Ada beberapa perbedaan antara *Arrow Diagram Method* (ADM) dengan *Predence Diagramming Method* (PDM), yaitu sebagai berikut:

- a. pada ADM, kegiatan ditampilkan dengan anak panah, sedangkan PDM menggunakan node. Anak panah menunjukkan hubungan logis antara kegiatan;
- b. Pada ADM bentuk node adalah lingkaran, sementara pada PDM bentuk node adalah persegi panjang;
- c. Ukuran node pada PDM lebih besar dibandingkan dengan node ADM karena berisi lebih banyak keterangan; dan
- d. Metode perhitungan ADM dan PDM sedikit berbeda.

Sebuah PDM tanpa memperhitungkan jaringan kerja disebut diagram *layout*, yaitu diagram sederhana berupa sketsa dari serangkaian kegiatan dalam suatu jaringan kerja. PDM memisahkan kegiatan-kegiatan dari urutannya. Aktivitas adalah node dan urutan adalah anak panah. Dalam PDM, aktivitas atau kegiatan ditunjukan dengan node yang berbentuk kotak dan berukuran besar. Di dalam node tersebut biasanya diisikan hal-hal sebagai berikut:

- Durasi;
- Nomor kegiatan atau aktivitas;
- Deskripsi aktivitas;
- ES,EF,LS,LF; dan
- Float yang terjadi.

Bentuk-bentuk node pada PDM bermacam-macam, seperti contoh-contoh di bawah ini:



Gambar 2.21. Macam-Macam Model Node PDM

Sumber : Callahan (1992)

Pada PDM, model hubungan antar kegiatan lebih fleksibel jika dibandingkan dengan ADM. Pada ADM, hanya boleh digunakan satu jenis hubungan logis antara aktivitas, yaitu suatu kegiatan tidak dapat dilakukan jika kegiatan sebelumnya belum selesai. Berbeda dengan hal tersebut, PDM menggunakan empat hubungan logis di antara aktivitas-aktivitasnya. Metode PDM dapat juga menggunakan konsep *lag* (jarak hari) anta kegiatan untuk lebih memudahkan dalam penjadwalan. Keempat hubungan logis tersebut adalah :

a. *Finish to Start* (FS)

Hubungan yang paling sering digunakan dalam PDM adalah *finish to start*. Hubungan ini merupakan hubungan yang terjadi pada diagram ADM. Hubungan *finish to start* dapat dibuat dalam tiga jenis jika *lag* yang digunakan, *lag nol*, *lag positif* dan *lag negative*.

Lag positif biasa digunakan untuk situasi dimana kebutuhan material untuk perawatan atau penguatan sebelum pekerjaan lain dilakukan. *Lag nol* merupakan dilakukannya kegiatan selanjutnya setelah kegiatan sebelumnya telah selesai. *Lag negatif* digunakan dalam situasi dimana suatu aktivitas diijinkan dilakukan sebelum aktivitas sebelumnya selesai.

b. *Start to Start* (SS)

Hubungan *start to start* dengan *lag negatif* digunakan untuk menunjukan hubungan antara dua aktivitas yang dimulai bersamaan. Sedangkan hubungan *start to start* dengan *lag nol* dibuat untuk kegiatan dengan dua subkontraktor yang berbeda atau dua kegiatan

dengan di bawah satu kontraktor, tetapi menggunakan tenaga kerja, material, dan peralatan yang berbeda.

c. *Finish to Finish* (FS)

Sama dengan hubungan *Start to start*, hubungan *finish to finish* digunakan untuk menunjukkan hubungan antara selesainya dua aktivitas. Dalam hubungan *finish to finish* dapat dikaitkan dengan tiga jenis *lag* sama seperti *start to start*.

d. *Start to Finish* (SF)

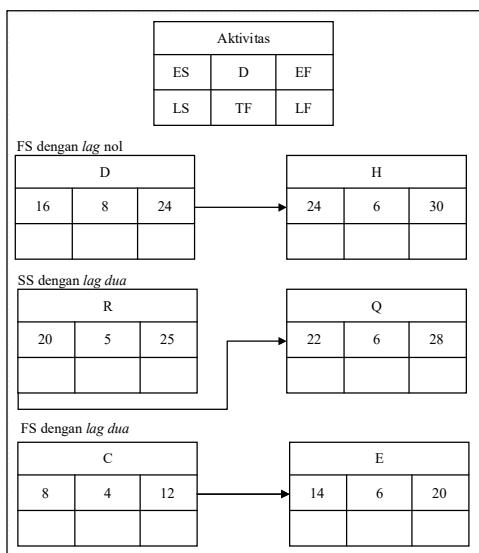
Penjadwalan dengan menggunakan PDM mengizinkan penggunaan hubungan *start to finish*. Hal ini digunakan untuk menghindari kebingungan pada ketidaktergantungan kegiatan pada jadwal.

Pada PDM dikenal juga perhitungan maju dan mundur sama halnya dengan metode ADM, yang berfungsi untuk menghitung lamanya atau waktu kerja proyek. Perhitungan maju dan mundur pada PDM dapat dijelaskan sebagai berikut. (Soeharto, 1999, p.290)

1. Perhitungan Maju

Cara menentukan waktu mulai paling awal (*early start*) yang terjadi pada PDM adalah dengan dilakukannya perhitungan maju. Misalkan berapakah waktu ES pada suatu aktivitas atau kegiatan yang mungkin dimulai atau berakhir. Untuk membuat perhitungan maju dibutuhkan data kurun waktu aktivitas atau durasi. Ketentuan dalam perhitungan maju adalah sebagai berikut:

- a. Aktivitas pertama yang dibuat ES adalah nol. Hal ini dikarenakan angka terkecil yang dapat terjadi pada ES adalah nol;
- b. Aktivitas EF adalah aktivitas ES dijumlahkan dengan dengan durasinya; dan
- c. Nilai ES pada kegiatan berikutnya didapatkan dengan menambah *lag* pada anak panah dengan nilai EF pada kegiatan sebelumnya sesuai dengan hubungan logis di antara kegiatan tersebut.



Gambar 2.22. Perhitungan Maju Menggunakan Metode PDM

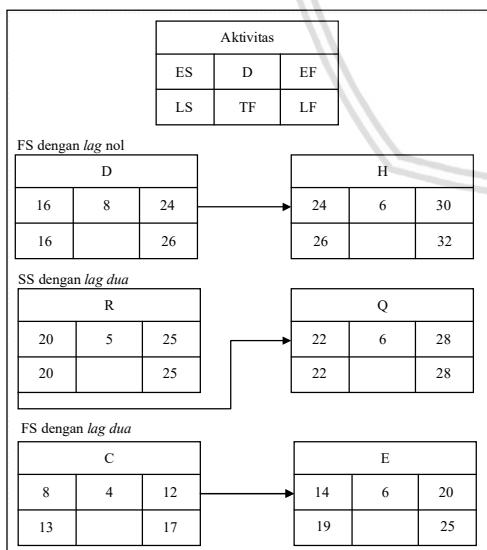
Sumber : Widiasanti & Lenggogeni (2013,p.110)

2. Perhitungan Mundur

Perhitungan mundur diselesaikan dengan menghitung durasi dari kanan ke kiri diagram.

Pada saat melakukan perhitungan mundur, maka kotak *late start* dan *late finish* akan terisi. Langkah perhitungan mudur adalah sebagai berikut:

- Nilai durasi proyek adalah nilai terbesar yang mungkin terjadi untuk LS dan LF;
- Nilai LS adalah LF dikurangi durasi kegiatan; dan
- Nilai LF pada kegiatan sebelum didapat dari nilai LS dikurangi lag pada anak panah pada kegiatan sesudah.



Gambar 2.23. Perhitungan Mundur Menggunakan Metode PDM

Sumber : Widiasanti & Lenggogeni (2013,p.111)

2.14.3. Diagram Balok (*Barchart*)

Teknik penjadwalan yang paling sering digunakan dalam dunia konstruksi adalah diagram balok atau *barchart*. Diagram balok merupakan sekumpulan aktivitas yang disimbolkan dalam kolom vertical dan waktu ditempatkan dalam baris horizontal. Dimana terdapat waktu mulai dan selesai setiap kegiatan beserta durasinya ditunjukkan dengan menempatkan balok horizontal di bagian sebelah kanan setiap aktivitas. Skala waktu horizontal pada bagian atas bagan merupakan perkiraan waktu mulai dan selesai dari suatu kegiatan. Sedangkan penjang dari balok menunjukkan durasi dari aktivitas dan biasanya aktivitas-aktivitas tersebut disusun berdasarkan kronologi pekerjaanya. (Callahan, 1992)

Dalam teknik penjadwalan untuk konstruksi diagram balok sangat luas digunakan karena diagram balok ini memiliki keuntungan sebagai berikut:

1. Mudah dalam pembuatan dan persiapannya;
2. Memiliki bentuk yang mudah dimengerti; dan
3. Bila digabungkan dengan metode lain, seperti kurva S, dapat dipakai lebih jauh sebagai pengendalian biaya.

Mekipun diagram balok memiliki beberapa keuntungan, dalam penggunaan metode diagram balok ada batasan dikarenakan kendala-kendala sebagai berikut:

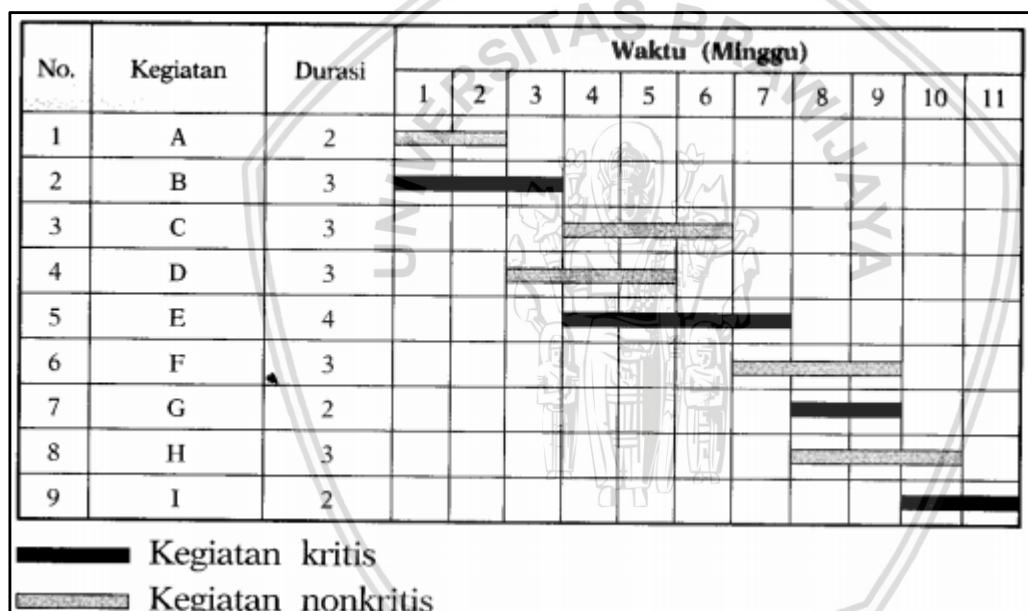
1. Sulit untuk mengetahui dampak yang diakibatkan oleh keterlambatan satu kegiatan terhadap jadwal keseluruhan proyek dikarenakan tidak ditunjukkan secara spesifik hubungan ketergantungan antara satu dengan yang lain;
2. Jika ingin diadakan pembaharuan atau perbaikan perlu membuat bagan balok baru, padahal tanpa adanya pembaharuan segera menjadi menurun daya gunanya; dan
3. Penggunaan penjadwalan dengan diagram balok menyatakan bahwa metode ini hanya digunakan untuk proyek yang kurang dari 100 kegiatan, karena jika lebih dari 100 kegiatan akan menjadi sulit dibaca dan digunakan.

Penggunaan diagram balok bertujuan untuk mengidentifikasi urutan dan waktu dalam merencanakan suatu kegiatan. Hal yang diidentifikasi terdiri dari waktu mulai, saat pelaporan dan waktu selesai. Perincian yang terdapat pada diagram balok adalah sebagai berikut:

1. Sumbu horizontal X mwnunjukan waktu dalam satuan hari, minggu, bulan atau tahun. Waktu dimulai dari ujung kanan yang menggambarkan waktu mulai kegiatan dan di ujung kiri menggambarkan akhir kegiatan;
2. Kegiatan atau aktivitas proyek dicantumkan pada sumbu vertical Y dan digambar sebagai balok;

3. Meskipun belum terlihat hubungan ketergantungan antara satu sama lain, tetapi tetap harus memperhatikan urutan antar kegiatan satu dan yang lain;
 4. Dalam penyajian diagram balok harus terdapat perkiraan urutan pekerjaan, skala waktu, dan analisis kemajuan pekerjaan saat pelaporan; dan
 5. Jika diagram balok mengacu kepada *Arrow Diagram Method* (ADM), maka pembuatan pertama kali diagram balok mengacu pada kegiatan kritis, kemudian dilanjutkan dengan kegiatan non kritis.

Besarnya diagram balok harus diperhatikan oleh pembuat jadwal. Hal ini bisa diantisipasi dengan cara menggabung-gabungkan lembar kertas agar sesuai dengan besarnya diagram balok. Penambahan data diusahakan tidak terjadi dikarenakan harus dikomunikasikan pada banyak orang yang terlibat dalam proyek konstruksi termasuk bagian distri busi, perencanaan, dan pelaksana.



Gambar 2.24. Contoh Gambar Diagram Balok (Barchart)

Sumber : Widjiasanti & Lenggogeni (2013.p.88)

2.15. Menentukan Jadwal Pelaksanaan Proyek

Penjadwalan memiliki peran untuk pengaturan perincian kegiatan yang diperlukan untuk melaksanakan rencana proyek. Sedangkan jadwal pelaksanaan proyek adalah petunjuk bagi pelaksanaan proyek tentang kegiatan-kegiatan yang harus dilakukan sesuai waktu yang telah ditentukan.

Kemajuan pelaksanaan proyek dapat dilihat dengan menggunakan kurva “S”, pemakaian kurva “S” menitik beratkan pada analisis kemajuan proyek secara keseluruhan dari segi waktu, biaya, dan prestasi kerja. Grafik kurva “S” dibuat dengan sumbu X sebagai alternatif baiaya atau jam orang yang telah digunakan atau *prosentase (%)* penyelesaian pekerjaan

sedangkan sumbu Y menunjukan parameter waktu. Itu berarti dapat menggambarkan kemajuan volume pekerjaan yang diselesaikan sepanjang siklus proyek. Jika grafik ini disusun berdasarkan perencanaan dasar (kumulatif pengeluaran berdasarkan anggaran uang/jam-orang) maka akan segera terlihat terjadinya penyimpangan. Dalam pembuatan kurva “S” akan diperlukan sumber data, sebagai berikut:

1. Metode pelaksanaan konstruksi

Dengan diketahuinya metode pelaksanaan konstruksi akan memberikan urutan kegiatan dan karakteristik kegiatannya (melalui jaringan kerja).

2. Diagram balok (*Barchart*)

Secara umum kurva “S” akan di plot dalam diagram balok dengan tujuan mempermudah dalam melihat kegiatan-kegiatan yang masuk dalam jangka waktu kemajuan pelaksanaan proyek.

3. Distribusi sumber daya

Pendistribusian sumber daya tergantung dari jenis sumber daya yang ingin diawasi baik dari segi biaya, tenaga kerja, material atau alat berat proyek. Hal ini dapat mencerminkan dari nilai biaya pekerjaan di lapangan.

2.16. Penerapan Aplikasi dalam Proyek Konstruksi

Pada saat ini perkembangan teknologi komputer berkembang sangat pesat. Begitu pula dalam bidang manajemen suatu proyek, teknologi komputer bisa menjadi salah satu pilihan dalam membantu dan memudahkan baik untuk merencanakan, menyusun jadwal dan mengendalikan suatu proyek dengan kompleks yang terdapat banyak kegiatan. Sehingga penggunaan teknologi komputer data menambah efektifitas penyelenggaraan proyek.

Dalam manajemen suatu proyek ada beberapa aplikasi yang biasa digunakan diantaranya adalah *primavera for planning* dan *Microsoft Project Manager*. Dalam studi ini aplikasi yang digunakan adalah *Microsoft Project Manager 2016*. Dimana aplikasi ini dapat memantau secara langsung penggunaan sumber daya dalam proyek, sehingga dapat mempermudah dalam menyusun *network planning*.

2.16.1. Microsoft Project Manager 2016

Microsoft Project Manager 2016 merupakan sebuah *tools* (perangkat) atau alat bantu yang digunakan untuk keperluan pengelolaan / manajemen proyek (Heryanto & Triwibowo, 2016). Program ini merupakan salah satu bagian dari aplikasi *microsoft* yang berperan dalam *network planning* pada suatu *project*. Program ini membantu dalam merangkai kerja dari mulai tahapan awal perencanaan hingga tahap akhir suatu pekerjaan. Hal-hal pertama yang harus dilakukan dalam sebuah proyek adalah:

1. Melibatkan semua orang yang berkompeten dalam proyek tersebut dalam perencanaan dan penjadwalan;
2. Membuat rencana dasar yang telah disetujui oleh semua pihak yang meliputi penentuan jenis-jenis pekerjaan (*task*), sumber daya yang diperlukan (*cost*), dan jadwal kerja (*schedule*) dimulai dari awal pekerjaan hingga akhir pekerjaan; dan
3. Pemantauan pekerjaan yang sedang berjalan, apabila ada pekerjaan yang tidak sesuai jadwal maka perlu dilakukan penjadwalan ulang.

Microsoft Project Manager 2016 memiliki banyak kelebihan yang berfungsi untuk menentukan waktu yang akan datang dan dirancang untuk memudahkan dalam mengatur jadwal pekerjaan, pemanfaatan sumber daya secara optimal, jalannya pekerjaan sesuai jadwal, dan informasi yang akurat mengenai kondisi pekerjaan yang sedang berjalan. Ketika ada pekerjaan yang tidak berjalan sesuai jadwal maka *Microsoft Project Manager 2016* dapat secara cepat menyusun ulang jadwal dan memungkinkan untuk melakukan pengawasan terhadap perubahan yang terjadi dan pengaruh untuk seluruh pekerjaan. Selain itu dapat dengan mudah mengontrol terhadap seluruh pekerjaan jika ada tugas-tugas yang sudah lewat dan tanggal-tanggal yang mempengaruhi tugas lain.

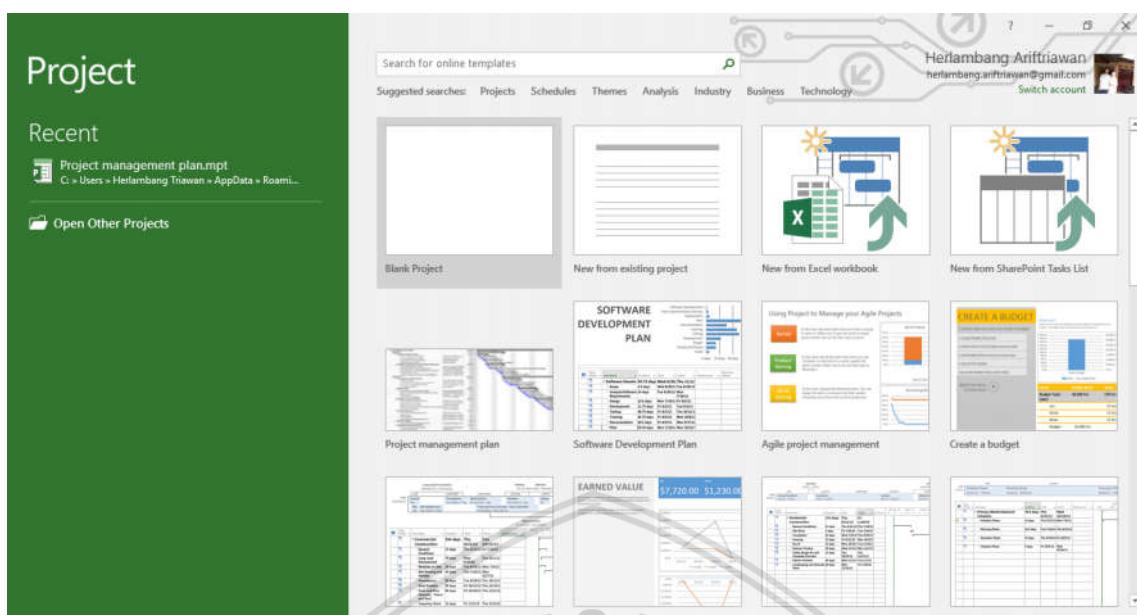
Microsoft Project Manager 2016 melakukan penggabungan dari metode-metode manajemen proyek yang terdiri dari PERT (*Program Evaluation Review Technique*), CPM (*Critical Path Method*), dan *Grannrt Chart* dalam mengelola proyek. Beberapa fasilitas yang diberikan oleh *Microsoft Project Manager 2016* adalah sebagai berikut:

- Telah diberikan oleh sistem operasinya sendiri (*Microsoft windows*) sehingga dapat dipelajari dengan mudah;
- Pembuatan jadwal baru dimulai dari mengisi daftrar pekerjaan, durasi, pengoprasiannya dan sebagainya;
- Jadwal kerja dan kalender kerja dapat disesuaikan dan diatur dengan kebutuhan yang ada; dan
- Penyusunan laporan dapat disajikan dalam berbagai format.

2.16.2. Pengunaan *Microsoft Project Manager 2016*

Dalam pengelolaan proyek menggunakan *Microsoft Project Manager 2016* ada beberapa tahap yang harus dilakukan sebagai berikut:

1. Memulai program *Microsoft Project Manager 2016*



Gambar 2.25. Tampilan Awal Microsoft Project Manager 2016

2. Menentukan kalender dan jam kerja

Langkah pertama yang perlu dilakukan dalam menggunakan *Microsoft Project Manager 2016* adalah menentukan jam dan hari kerja terlebih dahulu. Di dalam *Microsoft Project Manager 2016* pengaturan yang ditetapkan mengenai hari kerja adalah 5 hari dan untuk jam kerja adalah 8 jam. Sehingga jam kerja harus disesuaikan dengan rencana yang akan dilakukan. Penentuan jam kerja sangat berpengaruh terhadap semua aktivitas yang ada di dalam proyek yang menyebabkan waktu penyelesaian proyek. Semakin banyak jam kerja maka semakin cepat waktu penyelesaian proyek dan begitu pula sebaliknya.

3. Menyusun jadwal

Dalam menyusun jadwal proyek perlu memasukan daftar pekerjaan yang ada dan menentukan durasi yang dibutuhkan untuk setiap pekerjaan. Untuk mempermudah dalam pengelolaannya, setiap pekerjaan dapat dilakukan pemecahan pekerjaan menjadi bagian-bagian yang lebih kecil berupa tugas dengan rincian durasi waktu masing-masing. Dengan menentukan prioritas pekerjaan yang dilaksanakan *Microsoft Project Manager 2016* akan menghitung kebutuhan yang diinginkan dengan menyusun kerangka jadwal menjadi kesatuan dari keseluruhan jadwal proyek.

4. Memasukan sumber daya

Penambahan sumber daya yang diperlukan (tenaga kerja, peralatan, dan biaya) untuk setiap durasi pekerjaan dapat dilakukan jika daftar pekerjaan dan tugas setiap pekerjaan

telah tersusun. Dengan menggunakan *Microsoft Project Manager 2016* pekerjaan akan mudah karena proses dan pengisian langsung tersusun.

5. Menyesuaikan jadwal

Menyesuaikan jadwal diperlukan untuk mengetahui ketepatan dalam pencapaian suatu kegiatan, sehingga jika terjadi ketidaktepatan maka kita dapat menganalisis susunan atau bahkan mengubah urutan pekerjaannya.

6. Publikasi informasi proyek

Untuk memperbarui informasi proyek yang tengah dikerjakan dapat dengan mudah dilakukan dengan bantuan program *Microsoft Project Manager 2016*. Hal-hal khusus mengenai kemajuan proyek dapat ditampilkan dengan lebih baik dengan fasilitas yang ada.

7. Penelusuran kemajuan proyek

Menambahkan data yang memberitahukan kemajuan proyek terhadap pelaksanaan pekerjaan dapat dengan mudah dimasukan dan *Microsoft Project Manager 2016* akan menghitung kemajuan yang telah dicapai. Jika setelah proyek berjalan ada item pekerjaan yang pengjerjaannya mengalami keterlambatan, maka *Microsoft Project Manager 2016* akan segera memberitahu tentang hambatan kritis ini, sehingga proyek akan terhindar dari keterlambatan.

2.16.3. Kelebihan dan Kekurangan *Microsoft Project Manager 2016*

Kelebihan dari *Microsoft Project Manager 2016* adalah sebagai berikut:

1. Menu yang tersedia lengkap, diantaranya adalah tersedianya *network planning, task usage, gantt chart* dan *tracking gantt*;
2. Dapat melakukan penjadwalan produktivitas secara efektif dan efisien, karena ditunjang dengan informasi alokasi waktu yang dibutuhkan untuk tiap proses, serta kebutuhan sumber daya untuk setiap proses sepanjang waktu;
3. Dapat diperoleh secara langsung informasi aliran biaya selama periode;
4. Mudah dilakukan modifikasi, jika ingin melakukan *rescheduling*; dan
5. Penyusunan jadwal produktivitas yang tepat akan lebih mudah dihasilkan dalam waktu yang tepat.

Kekurangan dari *Microsoft Project Manager 2016* adalah sebagai berikut:

1. Diperuntukan untuk *single user*;
2. Hanya satu user saja yang dapat melakukan pengeditan meskipun dapat diakses secara bersamaan dalam suatu jaringan;

3. Pengendalian proyek tidak dapat dilakukan secara efektif karena hanya single user yang melakukan pengendalian;
4. Laporan pengembangan proyek tidak dapat diinput ketika file sedang dibuka oleh user lain; dan
5. Setiap user yang membuka file dapat melihat keseluruhan isi file, dikarenakan software tidak dapat membatasi data mana saja yang boleh di edit, dihapus atau hanya boleh dilihat.





BAB III METODOLOGI

3.1.

3.2. Kondisi Daerah Studi

Lokasi proyek pelaksanaan konstruksi *conduit* pengelak dan *cofferdam* pada pembangunan Bendungan Gondang terletak di Kecamatan Kerjo, Kabupaten Karanganyar. Secara administrasi Kabupaten Karanganyar terletak di bagian tenggara Propinsi Jawa Tengah. Kabupaten ini berbatasan langsung dengan Propinsi Jawa Timur di sebelah timur, Kabupaten Sragen di sebelah utara, Kabupaten Wonogiri dan Kabupaten Sukoharjo di sebelah selatan, dan Kota Surakarta dan Kabupaten Boyolali di sebelah barat. Bila dilihat dari garis bujur dan garis lintang, maka Kabupaten Karanganyar terletak antara $110^{\circ}40'$ – $110^{\circ}70'$ BT dan $7^{\circ}28'$ – $7^{\circ}46'$ LS. Ketinggian lokasi pekerjaan rata-rata 511 meter di atas permukaan laut serta beriklim tropis dengan temperatur 22° - 31° .

Kecamatan Kerjo merupakan salah satu dari 17 kecamatan yang ada di Kabupaten Karanganyar. Jarak Kecamatan Kerjo dari ibu kota kabupaten adalah 21 km ke arah utara. Batas wilayah Kecamatan Kerjo adalah sebagai berikut :

Sebelah utara : Kab. Sragen dan Kec. Kedawung

Sebelah Selatan : Kec. Mojogedang

Sebalah Barat : Kab. Sragen dan Kec. Mojogedang

Sebelah Timur : Kec. Jenawi

Luas wilayah Kecamatan Kerjo adalah 4.682,2735 ha, yang terdiri dari sawah 1.129,6358 ha, bangunan 1.205,0428 ha, perkebunan 2.106,185 ha dan padang rumput 22,6931 ha. Jumlah penduduk di Kecamatan Kerjo berdasarkan registrasi tahun 2009 sebanyak 37.786 jiwa. Dimana untuk tenaga kerja sebagian besar penduduknya mempunyai mata pencaharian di sektor petani 12.266 jiwa, buruh industri 3.042 jiwa, buruh bangunan 3.466 jiwa dan pedagang 1.322 jiwa. Selebihnya merupakan pengusahan, pensiunan dan pegawai negeri.

Dari hasil pekerjaan survei lapangan meliputi area pengukuran topografi, letak as bendungan berada pada koordinat $7^{\circ} 34' 07.8''$ LS dan $111^{\circ} 04' 36''$ BT sebagai as sebelah kiri. Jarak antara punggung bukit kiri dan kanan tertinggi adalah ± 700 m dengan lebar sungai ± 10 m.



Gambar 3.1. Peta lokasi studi

Sumber : Laporan Detail Design Pembangunan Bendungan Gondang 2012

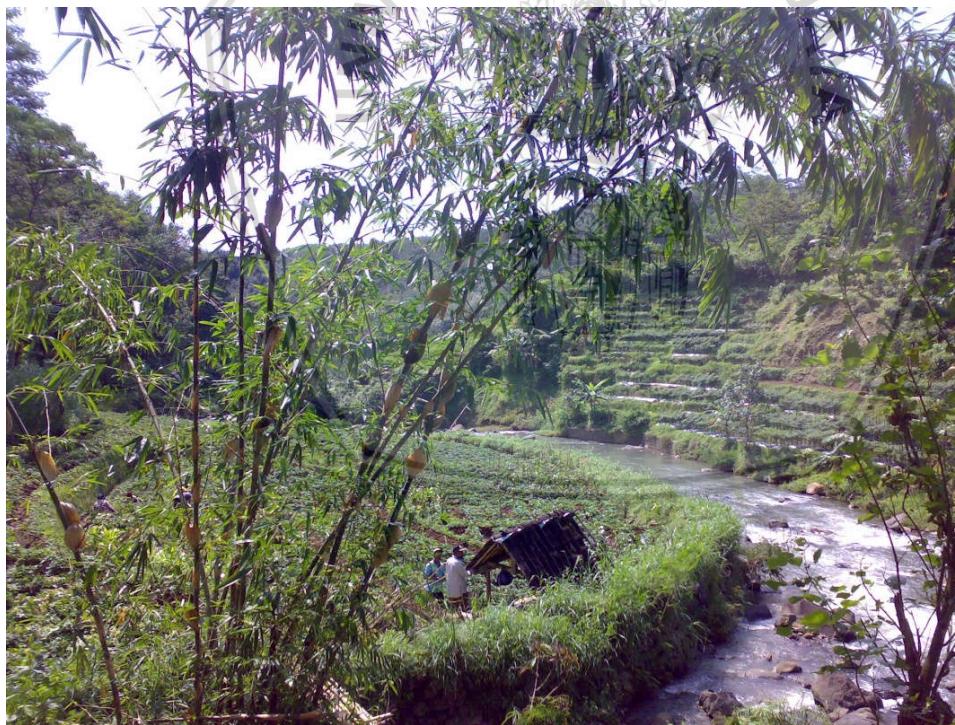
3.3. Kondisi Geologi Studi

Berdasarkan peta geologi lembar Ponorogo skala 1 : 100.000 (Puslitbang Geologi, 1997), rencana lokasi Bendungan Gondang berada pada batuan breksi dengan perkiraan ketebalan *top soil* antara 0,50 – 4,00 m, serta di bagian dasar sungainya berupa batuan breksi, bercampur batu pasir dan batu lempung dengan tebal 2 – 40 cm yang tersebar di dasar sungai dan bagian tebing kiri. Kemiringan tebing sebelah kiri relatif landai dan sebelah kanan relatif terjal dengan sudut $\pm 60^\circ$, dan bentuk lembah rencana lokasi as bendung secara umum berbentuk huruf-V.

Hasil identifikasi rencana lokasi Bendungan Gondang berada dihulu 2,5 km dari Bendung Tematen/Ngantenan. Dengan luas DAS 20,19 km² dan memiliki luas daerah genangan sebesar 4,386 km².



Gambar 3.2. Foto Rencana As Bendungan Godang
Sumber : Laporan Detail Design Pembangunan Bendungan Gondang 2012



Gambar 3.3. Foto Kondisi Genangan Bendungan Gondang
Sumber : Laporan Detail Design Pembangunan Bendungan Gondang 2012

3.4. Lingkup Pekerjaan

Lingkup pekerjaan yang dikaji pada pelaksanaan konstruksi *conduit* pengelak dan *cofferdam* di Bendungan Gondang, adalah sebagai berikut:

1. Pekerjaan Persiapan dan Jalan Kerja;
2. Pekerjaan *coffering/kisdam* dan *dewatering*;
3. Pekerjaan Pembersihan Area Kerja;
4. Pekerjaan Pengupasan (*Stripping*);
5. Pekerjaan Galian Tanah dan Batu
6. Pekerjaan Timbunan pada *Cofferdam* yang meliputi Timbunan Random, Timbunan Inti, Timbunan Filter dan rip-rap;
7. Pekerjaan Beton *Cyclope*;
8. Pekerjaan *Shotcrete* dengan Tulangan *Wiremesh*;
9. Pekerjaan Lantai Kerja Beton (K100);
10. Pekerjaan Bekisting Tipe *Ekspose*;
11. Pekerjaan Pembetonan (K225);
12. Pekerjaan Pembesi Tulangan Beton Ulir;
13. Pekerjaan *Water Stop*;
14. Pekerjaan *Joint Filler*;
15. Pekerjaan *Dowel Bar*;
16. Pekerjaan Pasangan Batu 1PC:4PP;
17. Pekerjaan Plesteran 1PC:3PP;
18. Pekerjaan Timbunan Tanah;
19. Pekerjaan Pipa Ventilasi.

3.5. Metode Pengumpulan Data

Dalam studi ini untuk dapat mengevaluasi waktu dan biaya secara keseluruhan, dipelukan pengumpulan data atau informasi dari suatu pelaksanaan proyek konstruksi. Data yang diperlukan adalah data sekunder dari instansi terkait yang menangani proyek tersebut. Data-data yang diperlukan adalah sebagai berikut:

1. Data Kontrak Bendungan Gondang, yang meliputi:
 - Jenis pekerjaan;
 - Anggaran biaya proyek;
 - Waktu pelaksanaan proyek; dan
 - Peta lokasi proyek.
2. Data Perencanaan Bendungan Gondang, yang meliputi:
 - Data Teknis Bendungan Gondang

a. Waduk

- Luas Daerah Aliran Sungai : 20,19 km²

- Tinggi Hujan Maksimum : 236,07 mm/hr
- Tinggi Hujan 1000 tahun : 507,79 mm/hr
- Tinggi Hujan PMP : 639,22 mm/hr
- Debit Banjir Q_{1000} : 503,83 m^3/dt
- Debit Banjir Q_{PMF} : 639,22 m^3/dt
- Luas Tampungan Maksimum : 43,86 ha
- Kapasitas Tampungan Bruto : $7,06 \times 10^6 m^3$
- Kapasitas Tampungan Effektif : $5,03 \times 10^6 m^3$
- Kapasitas Tampungan Mati : $2,03 \times 10^6 m^3$
- Elevasi Muka Air Normal (MAN) : + 515,000 m
- Elevasi Sedimen : + 496,000 m
- Elevasi Muka Air Banjir Q_{1000} : +517,890 m

b. Saluran Pengelak

- Tipe : *Conduit* Beton
- Dimensi : 2,5 m x 2,5 m
- Panjang Saluran Bagian Hulu : 193,34 m
- Panjang Saluran Bagian Hilir : 167,26 m
- Panjang *Conduit* : 311,73 m
- Elevasi Dasar Sungai Hulu : + 472,000 m
- Elevasi Dasar Sungai Hilir : + 451,000 m
- Elevasi *Inlet Conduit* : + 470,500 m
- Elevasi *Outlet Conduit* : + 457,500 m

c. Cofferdam

Cofferdam Hulu

- Tipe : Urugan batu dengan inti miring
- Elevasi Puncak : + 492,000 m
- Elevasi Galian Terdalam : + 455,000 m
- Tinggi Maksimum : 37 m
- Lebar Puncak : 6 m
- Panjang : 380 m
- Kemiringan, Hulu : 1:2,8
- Kemiringan, Hilir : 1:1,5

- Material yang digunakan : material inti (*clay*)
material filter kasar (*fine rough*)
material random
rip-rap

Cofferdam Hilir

- Tipe : Urugan batu
- Elevasi Puncak : + 481,000 m
- Elevasi Galian Terdalam : + 453,000 m
- Tinggi Maksimum : 28 m
- Lebar Puncak : 6 m
- Panjang : 196,35 m
- Kemiringan, Hulu dan Hilir : 1:2,5
- Material yang digunakan : material filter kasar (*fine rough*)
material random
rip-rap

- Gambar Detail Desain *Conduit* Pengelak dan *Cofferdam* pada Bendungan Gondang
3. Data Harga Satuan Kabupaten Karanganyar, yang meliputi:
- Data Harga Dasar Upah
 - Data Harga Bahan
 - Data Harga Sewa Alat

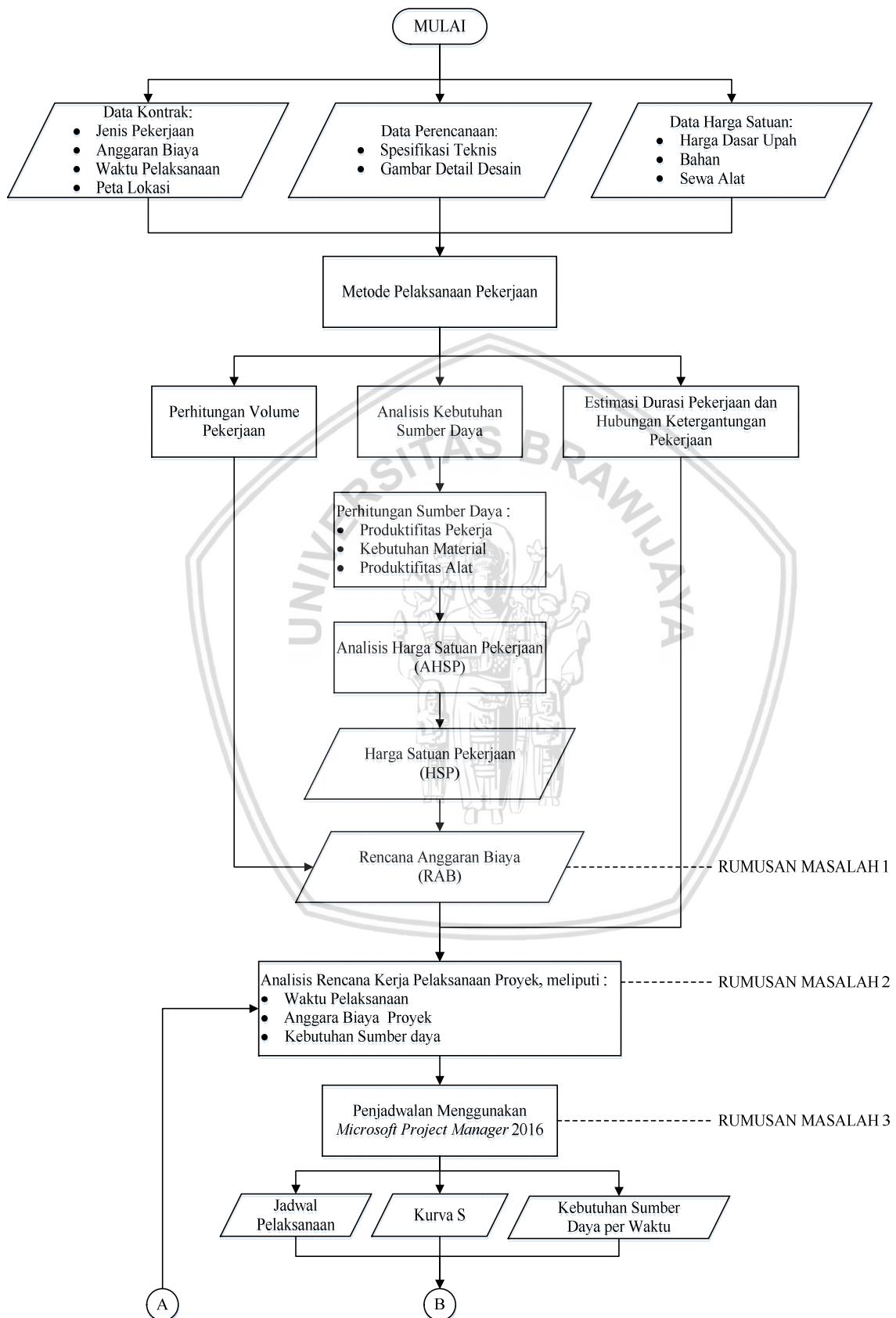
3.6. Metode Analisis Data

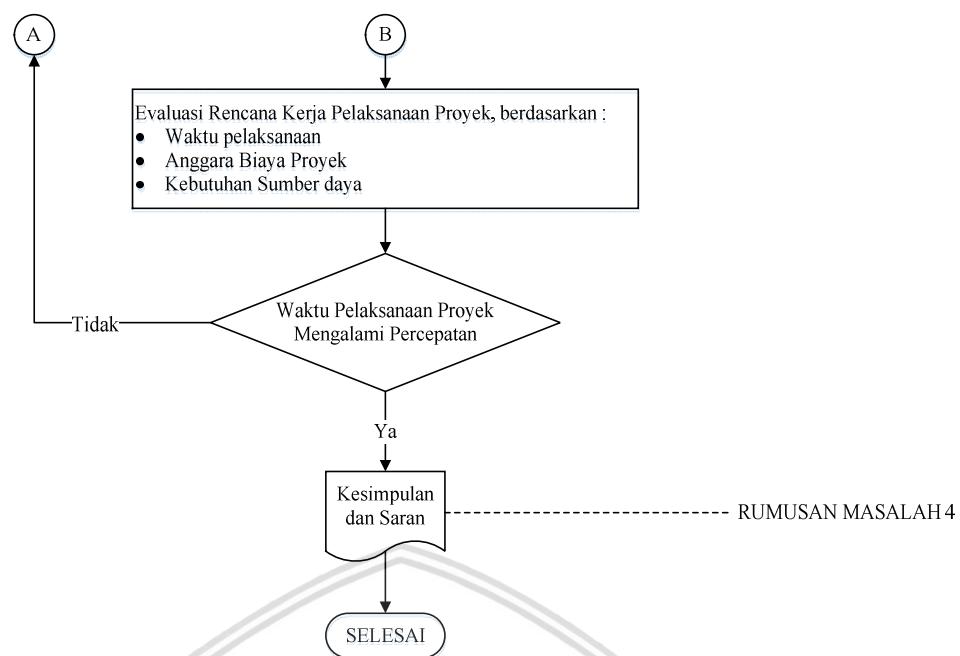
Analisis data dapat dilakukan setelah semua data yang dibutuhkan terkumpul, beberapa tahap analisis yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Membuat metode pelaksanaan dari setiap pekerjaan;
2. Menghitung volume pekerjaan sesuai dengan gambar detail desain *conduit* pengelak dan *cofferdam* pada Bendungan Gondang;
3. Menghitung/menentukan besarnya produktifitas pekerja, kebutuhan bahan/material dan produktivitas alat sesuai dengan acuan spesifikasi teknis dari setiap alat, untuk setiap pekerjaan berdasarkan ketetapan Peraturan Pekerjaan Umum No. 11/PRT/M/2018 tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum atau referensi pekerjaan dengan kegiatan yang sama;
4. Menganalisis harga satuan pekerjaan;
5. Menghitung rencana anggaran biaya keseluruhan;

6. Mengestimasi besarnya durasi pekerjaan untuk setiap pekerjaan;
7. Menentukan hubungan ketergantungan antar pekerjaan;
8. Menentukan kebutuhan sumber daya untuk masing-masing pekerjaan;
9. Menganalisis rencana kerja pelaksanaan proyek yang meliputi, waktu pelaksanaan, anggaran biaya proyek dan kebutuhan sumber daya setiap alternatif.
10. Membuat penjadwalan berdasarkan rencana kerja pelaksanaan proyek yang telah ditentukan dengan menggunakan *Microsoft Project Manager 2016*.
11. Mendapatkan jadwal pelaksanaan, kurva S dan kebutuhan sumber daya dari *Microsoft Project Manager 2016* untuk setiap alternatif yang dilakukan.
12. Melakukan evaluasi kembali terhadap rencana kerja pelaksanaan proyek dengan mempertimbangkan hasil penjadwalan, kurva S, dan kebutuhan sumber daya yang telah didapatkan.
13. Jika waktu pelaksanaan proyek tidak mengalami percepatan maka membuat ulang rencana kerja pelaksanaan proyek.
14. Jika waktu pelaksanaan proyek mengalami percepatan maka dilanjutkan pada tahap berikutnya.
15. Membuat kesimpulan dari dua alternatif yang dilakukan berdasarkan dari segi waktu, biaya dan sumber daya sehingga dapat menentukan alternatif mana yang lebih optimal untuk diterapkan.
16. Selesai.

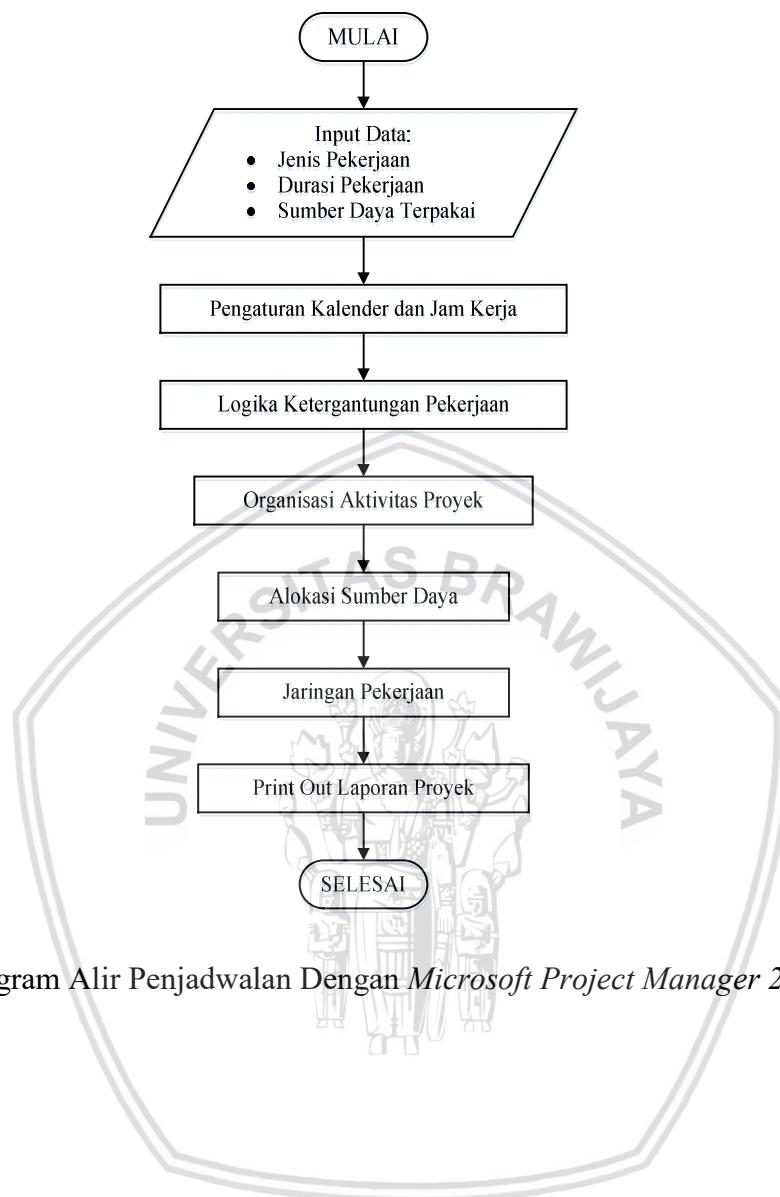
3.7. Diagram Alir Pengerjaan Skripsi





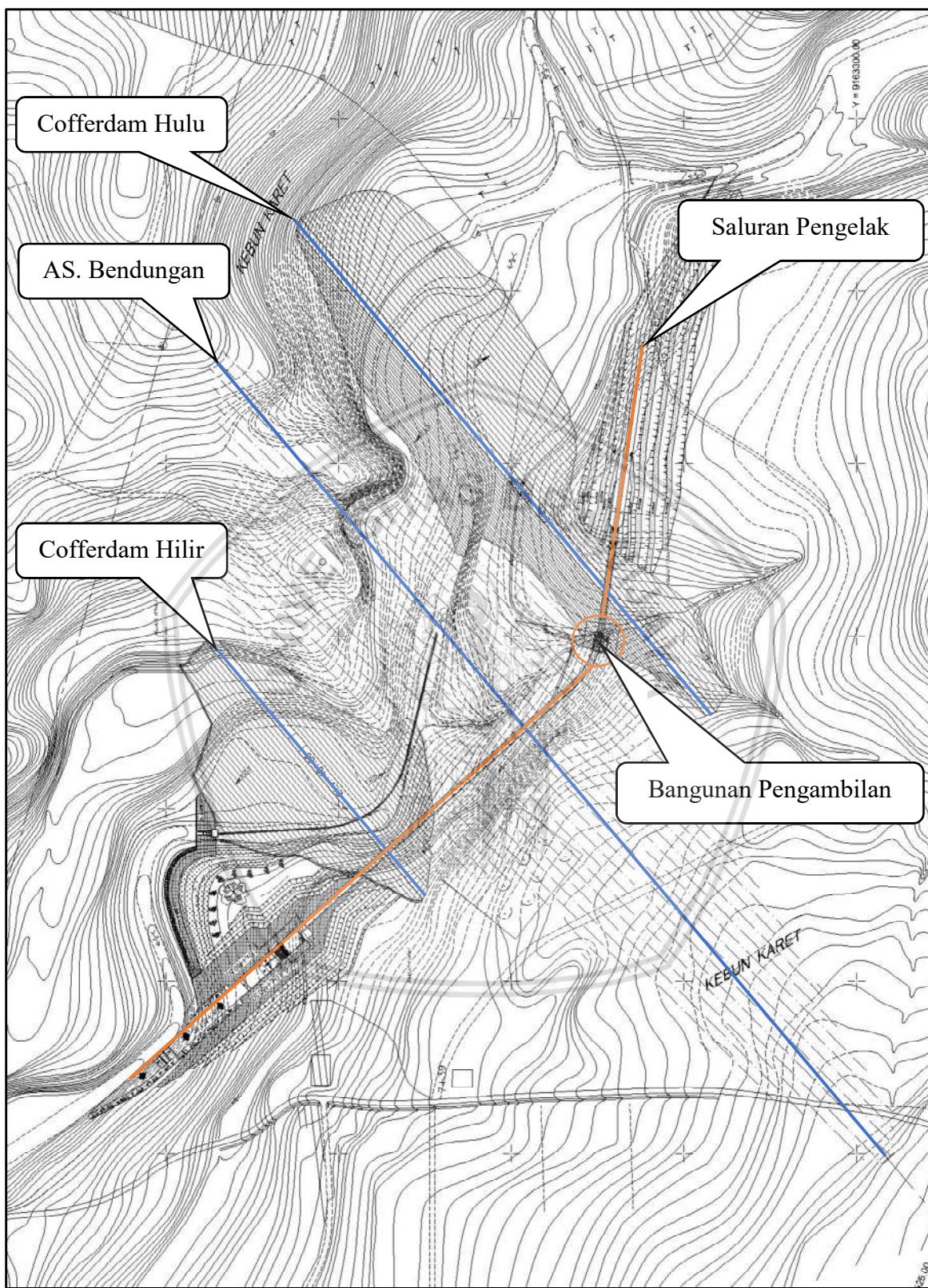
Gambar 3.4. Diagram Alir Pengerjaan Skripsi

3.8. Diagram Alir Penjadwalan Dengan *Microsoft Project Manager 2016*



Gambar 3.5. Diagram Alir Penjadwalan Dengan *Microsoft Project Manager 2016*

3.9. Situasi Tapak Bendungan



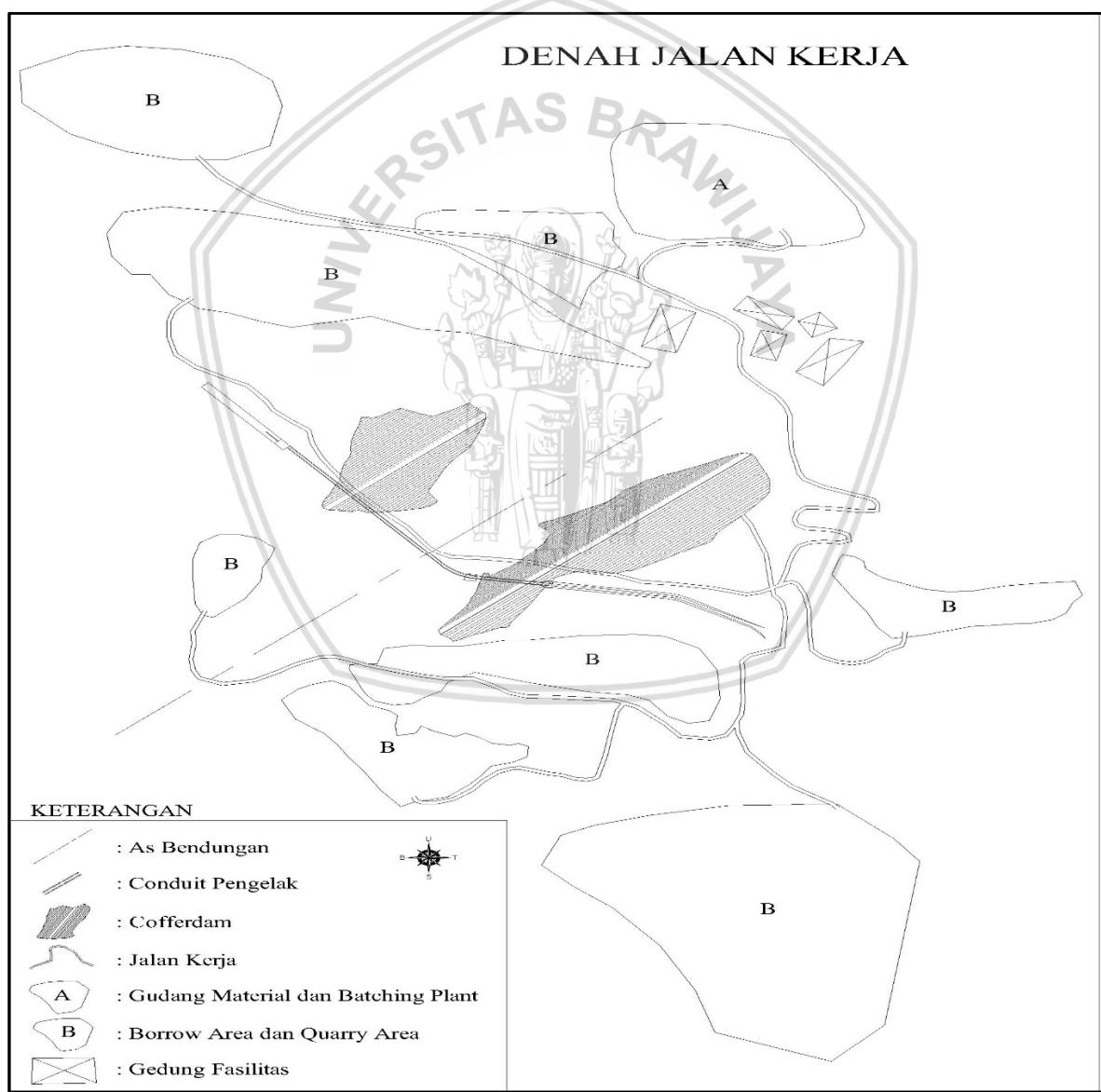
Gambar 3.6. Situasi Tapak Bendungan Gondang



BAB IV PEMBAHASAN

4.1. Metode Pelaksanaan

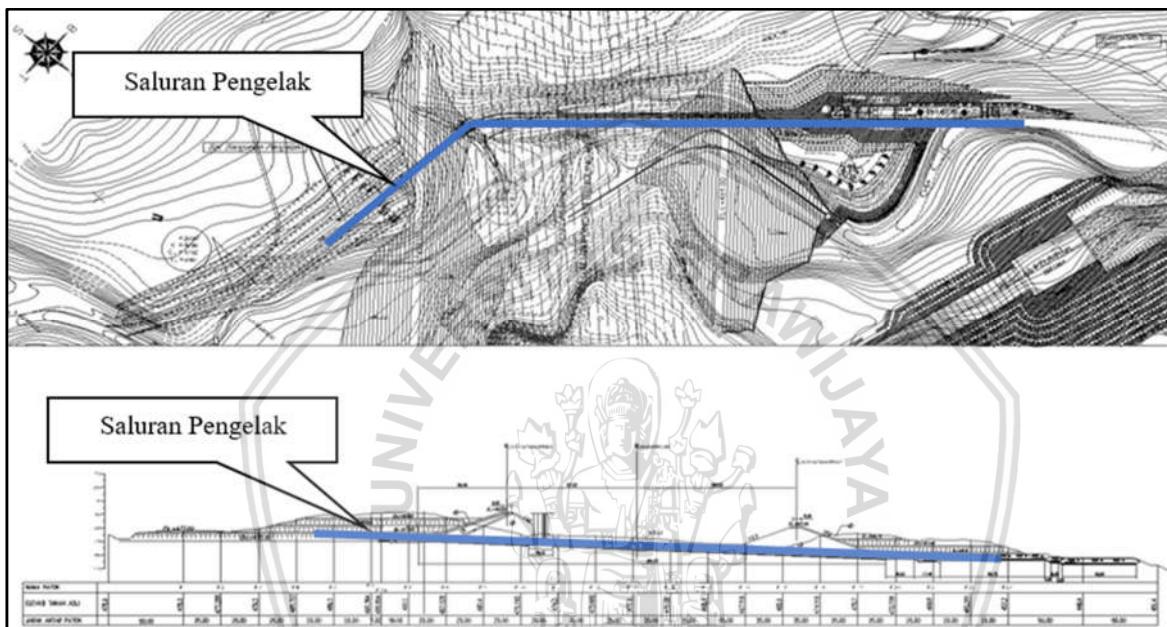
Pembuatan metode pelaksanaan dalam konstruksi *conduit* pengelak dan *cofferdam* pada Bendungan Gondang harus direncanakan dengan sebaik mungkin. Dimana metode pelaksanaan merupakan urutan pekerjaan yang logis dan teknik pemanfaatan ketersediaan sumber daya yang dibutuhkan sesuai dengan kondisi lapangan kerja, guna memperoleh cara pelaksanaan yang efektif dan efisien. Berikut ini merupakan denah jalan kerja di lapangan.



Gambar 4.1. Sketsa Denah Jalan Kerja pada Bendungan Gondang
Sumber: Hasil Penggambaran (2018)

4.1.1. Metode Pelaksanaan *Conduit Pengelak*

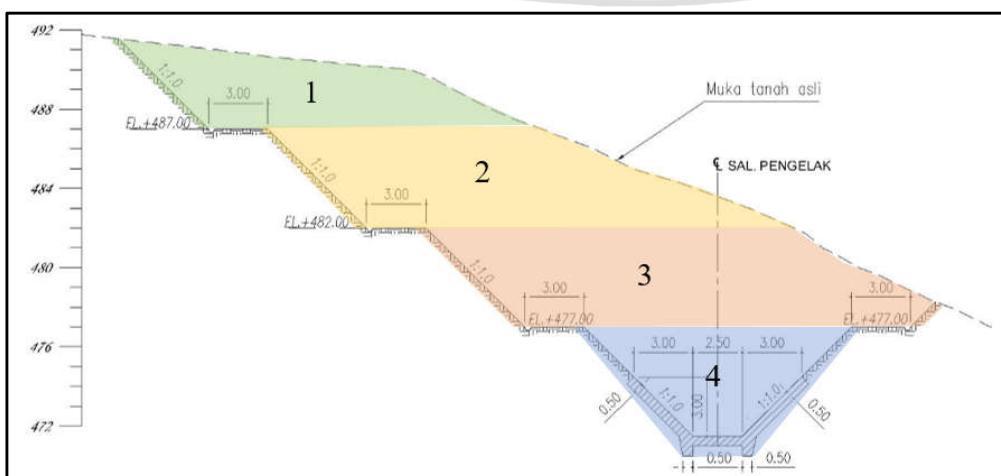
Conduit pengelak merupakan sebuah saluran tertutup yang berfungsi untuk mengalihkan aliran sungai selama pekerjaan Bendung Gondang dilaksanakan. *Conduit pengelak* pada Bendungan Gondang merupakan bagian dari saluran pengambilan setelah Bendungan Gondang berfungsi. Pekerjaan ini dilaksanakan pada waktu dimulainya pekerjaan konstruksi sampai pada saat *conduit pengelak* ditutup dengan sumbatan beton (*plugging*) saat pengisian waduk. Tahapan pelaksanaan konstruksi *conduit pengelak* pada Bendungan Gondang terdiri dari tiga tahapan pekerjaan (galian *conduit*, konstruksi *conduit*, dan *finishing*).



Gambar 4.2. Denah dan Potongan Memanjang *Conduit Pengelak* pada Bendungan Gondang
Sumber: Hasil Analisis (2018)

4.1.1.1. Pekerjaan Galian *Conduit*

Dalam pekerjaan galian *conduit pengelak* ini, dibagi menjadi beberapa tahapan pekerjaan antara lain :



Gambar 4.3. Tahapan Pekerjaan Galian *Conduit Pengelak*
Sumber: Hasil Analisis (2018)

1. *Clearing, Grubbing dan Stripping*

Clearing dan *grubbing* merupakan pembersihan lokasi terhadap material-material yang dapat mengganggu pelaksanaan pekerjaan dilokasi konstruksi, seperti rumput/semak, pohon-pohon, sampah serta tanah humus. Material hasil pembersihan dibuang ke tempat yang telah di tentukan. Setelah pekerjaan *clearing* dan *grubbing* selesai, dilanjutkan dengan pekerjaan *stripping*, yaitu pengupasan tanah permukaan (dalam pekerjaan ini pengupasan dilakukan sedalam 30 cm). Pekerjaan ini melibatkan para pekerja yang disertai dengan penggunaan alat seperti, *wheel loader*, *bulldozer*, *dump truck* dan gergaji mesin.

Tahapan pekerjaan *clearing, grubbing* dan *stripping*:

- a. Persiapan untuk mobilisasi peralatan dan tenaga kerja;
- b. Pemberian arahan dan perlengkapan Alat Pelindung Diri (APD) kepada para pekerja;
- c. Pemasangan rambu-rambu Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di lokasi proyek;
- d. Pengukuran lokasi yang akan di *clearing, grubbing* dan *stripping*;
- e. Mempersiapkan gambar kerja dan perhitungan kuantitas pekerjaan;
- f. Mengajukan gambar kerja dan perhitungan kuantitas pekerjaan kepada Pengawas/Direksi/konsultan untuk mendapat persetujuan;
- g. Apabila tidak disetujui maka kontraktor harus memeriksa ulang usulan gambar kerja dan perhitungan kuantitas hingga dapat disetujui. Setelah disetujui maka pelaksanaan pekerjaan pembersihan dapat dilakukan yang meliputi pohon-pohonan, bangunan, tanaman, semak berukar, dan sebagainya sesuai dengan spesifikasi teknis;
- h. Mengumpulkan hasil pembersihan lokasi proyek menggunakan *wheel loader* dan mengangkatnya menggunakan *dump truck* ke tempat yang telah disetujui oleh Pengawas/Direksi/Konsultan sebelumnya;
- i. Peninjauan oleh Pengawas/Direksi/Konsultan terhadap pekerjaan yang telah dilakukan apakah telah sesuai dengan spesifikasi teknis sehingga dapat dilakukan pekerjaan selanjutnya; dan
- j. Dilakukannya pekerjaan pengupasan setebal 30 cm dengan menggunakan *bulldozer*, mengumpulkan hasil pengupasan lokasi proyek menggunakan *wheel loader*, dan mengangkatnya menggunakan *dump truck* ke tempat yang telah disetujui oleh Pengawas/Direksi/Konsultan sebelumnya.

2. Galian Tanah

Pekerjaan galian tanah adalah penggalian dan pengangkutan semua material tanah, baik yang akan digunakan lagi atau yang tidak akan digunakan. Pekerjaan galian ini melingkupi penanganan, pengangkutan ke lokasi penumpukan/pembuangan, pembentukan dan perapihan sesuai alur, elevasi, kemiringan dan ukuran yang tercantum pada gambar pekerjaan. Pekerjaan galian ini diawasi oleh pengawas dan juru ukur, dimana juru ukur akan memasang *bow plank* agar hasil galian benar-benar sesuai dengan desain yang telah ditentukan. Alat yang digunakan dalam pekerjaan ini antara lain, *excavator*, *dump truck*, alat ukur dan alat bantu.

Tahapan pekerjaan galian tanah:

- a. Pemasangan patok pada interval jarak tertentu dengan elevasi, ukuran dan kemiringan sesuai dengan gambar kerja;
- b. Pemberian arahan dan perlengkapan Alat Pelindung Diri (APD) kepada para pekerja;
- c. Pemasangan rambu-rambu Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di lokasi proyek bila diperlukan;
- d. Pelaksanaan galian tanah menggunakan *excavator* sesuai dengan patok yang telah dipasang juru ukur;
- e. Hasil galian tanah diangkut menggunakan *dump truck* ke tempat yang telah disetujui oleh Pengawas/Direksi/Konsultan sebelumnya;
- f. Pemeriksaan ukuran, elevasi, kemiringan memanjang dan melintang galian oleh juru ukur apakah sudah sesuai dengan gambar kerja; dan
- g. Peninjauan oleh Pengawas/Direksi/Konsultan terhadap pekerjaan yang telah dilakukan apakah telah sesuai dengan spesifikasi teknis sehingga dapat dilakukan pekerjaan selanjutnya.

3. Galian Batu

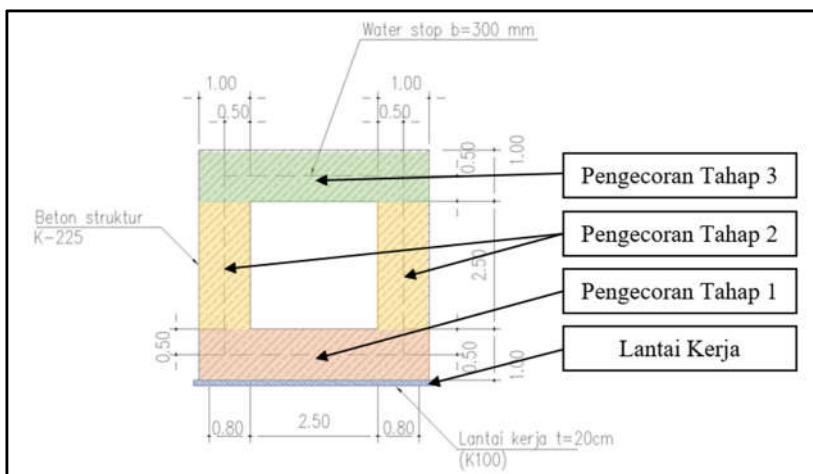
Pada pekerjaan galian batu tidak dapat disamakan dengan pekerjaan galian tanah, hal ini dikarenakan dalam pekerjaan galian batu ada proses dimana batu yang akan diangkut harus dihancurkan terlebih dahulu menggunakan *excavator* dengan *breaker*. Lingkup pekerjaan galian batu adalah penggalian, pembelahan (penghancuran), pengangkutan semua material baik yang dipergunakan kembali maupun yang tidak dapat digunakan, pembentukan dan perapihan galian sesuai alur, elevasi, kemiringan, dan ukuran yang tercantum dalam gambar kerja. Alat yang akan digunakan dalam pekerjaan ini antara lain adalah, *excavator with breaker*, *excavator*, *dump truck*, alat ukur, dan alat bantu.

Tahapan pekerjaan galian batu:

- a. Pemasangan patok pada interval jarak tertentu dengan elevasi, ukuran dan kemiringan sesuai dengan gambar kerja;
- b. Pemberian arahan dan perlengkapan Alat Pelindung Diri (APD) kepada para pekerja;
- c. Pemasangan rambu-rambu Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di lokasi proyek bila diperlukan;
- d. Pelaksanaan pembelahan batu menggunakan *excavator with braker*;
- e. Pelaksanaan galian batu menggunakan *excavator* sesuai dengan patok yang telah dipasang juru ukur;
- f. Hasil galian batu diangkut menggunakan *dump truck* ke tempat yang telah disetujui oleh Pengawas/Direksi/Konsultan sebelumnya;
- g. Pemeriksaan ukuran, elevasi, kemiringan memanjang dan melintang galian oleh juru ukur apakah sudah sesuai dengan gambar kerja; dan
- h. Peninjauan oleh Pengawas/Direksi/Konsultan terhadap pekerjaan yang telah dilakukan apakah telah sesuai dengan spesifikasi teknis sehingga dapat dilakukan pekerjaan selanjutnya.

4.1.1.2. Pekerjaan Konstruksi *Conduit*

Setelah pekerjaan galian *conduit* selesai, maka dilaksanakan pekerjaan pembetonan *conduit* pengelak. Pada pelaksanaan pembangunan Bendungan Gondang dikarenakan volume pekerjaan pembetonan relatif besar, maka pada lokasi proyek dibangun *batching plant* untuk menyediakan kebutuhan beton selama pembangunan. Adapun material batu pecah akan diambil dari hasil galian batu yang memenuhi syarat dan dipecah menggunakan *stone crusher*, dikarenakan hasil galian batu pada proyek begitu melimpah. Pada pelaksanaan konstruksi *conduit* pengelak dilakukan secara bagian demi bagian masing-masing 10 meter. Dalam pekerjaan konstruksi *conduit* pengelak ini, dibagi menjadi beberapa tahapan pekerjaan antara lain:



Gambar 4.4. Tahapan Pekerjaan Pembetonan *Conduit Pengelak*
Sumber: Hasil Analisis (2018)

1. Lantai kerja

Setelah pekerjaan galian selesai maka langkah selanjutnya adalah dengan menyiapkan lantai kerja yang memiliki mutu beton K-100 dengan ketebalan 20 cm. Pekerjaan ini dilaksanakan sesuai dengan panjang pekerjaan *conduit* pengelak. Untuk lebar lantai kerja tidak boleh sama dengan lebar *conduit* pengelak dikarenakan perlu adanya ruang kerja untuk meletakan dudukan *bekisting*. Pekerjaan pemasangan *bekisting* di tepi memanjang dan melintang memiliki fungsi untuk pembatas pengecoran yang dilakukan. *Bekisting* yang digunakan dari plat baja dengan besi siku. Pekerjaan lantai kerja dilaksanakan secara manual dan pemasatannya menggunakan *concrete vibrator*, dimana selama proses berlangsung tidak boleh ada kendaraan yang melewatiinya dikarenakan dapat merusak permukaannya. Alat yang akan digunakan dalam pekerjaan ini antara lain adalah *batching plant*, *truck mixer*, *concrete vibrator*.

2. Pekerjaan pemasangan

Setelah pekerjaan lantai kerja selesai maka dilanjutkan dengan pekerjaan pemasangan. Pekerjaan pemasangan terdiri dari pemasangan besi tulangan ulir dan pemasangan *dowel bar* dimana keduanya harus sesuai dengan gambar teknis baik dari segi dimensi maupun letak pemasangannya. Dalam pelaksanaannya jumlah dan jarak pemasangan harus sesuai dengan yang telah ditentukan pada desain. Agar tidak mudah bergeser/lepas, pemasangan pemasangan diikat dengan kawat bendrat sedemikian rupa. Alat yang digunakan dalam pekerjaan ini antara lain adalah *bar cutter*, *bar bender*, *genset*, *truck flat bed*, gunting besi manual dan alat bantu lainnya.

3. Pemasangan bekisting

Setelah pemasangan besi tulangan selesai dipasang dan telah dilakukan peninjauan oleh Konsultan Pengawas, maka pemasangan bekisting dapat dilakukan. Pada bagian terluar besi dipasang beton *decking* dengan ketebalan sesuai desain selimut beton yang telah ditentukan, hal ini bertujuan untuk menjaga selimut beton. Bekisting dipasang menggunakan plat baja dengan ketebalan 4 mm atau tego film dengan ketebalan 18 mm dan dipasang secara manual dengan bantuan *crane* yang dikerjakan oleh tukang terampil. Alat yang digunakan dalam pekerjaan ini antara lain adalah *crane service*, *truck flat bed* dan alat bantu.

4. Pengecoran

Setelah pemasangan bekisting selesai, maka dilakukan pemeriksaan yang meliputi dimensi, selimut beton, dan vertikalitasnya. Selanjutnya pekerjaan pengecoran dilaksanakan dalam beberapa tahap pengecoran, setelah pengecoran tahap pertama selesai maka dilanjutkan dengan pemasangan bekisting, dan setelah bekisting telah terpasang maka dilanjutkan lagi pekerjaan pengecoran begitu seterusnya sampai proses pengecoran sesuai dengan desain gambar. Alat yang digunakan dalam pekerjaan ini antara lain adalah *batching plant*, *truck mixer*, *concrete pump*, *concrete vibrator* dan alat bantu lainnya.

5. Pengkasaran permukaan sambungan.

Dalam pekerjaan pengecoran tidak dapat diselesaikan secara serentak dikarenakan keterbatasan bahan, alat berat dan tenaga kerja sehingga harus dilakukan melalui beberapa tahap. Setiap akan dilakukannya sambungan pada pengecoran maka harus dipastikan pada permukaan sambungan terhindar dari lapisan-lapisan air dan lapisan beton yang tidak padat. Permukaan beton harus di *chipping* hingga kasar dan mencapai lapisan beton yang padat. Dikarenakan pembetonan yang dilakukan untuk *conduit* pengelak maka disetiap sambungan beton harus menggunakan *waterstop* dan *joint filler* yang berfungsi untuk mencegah terjadinya kebocoran.

6. Pembongkaran bekisting

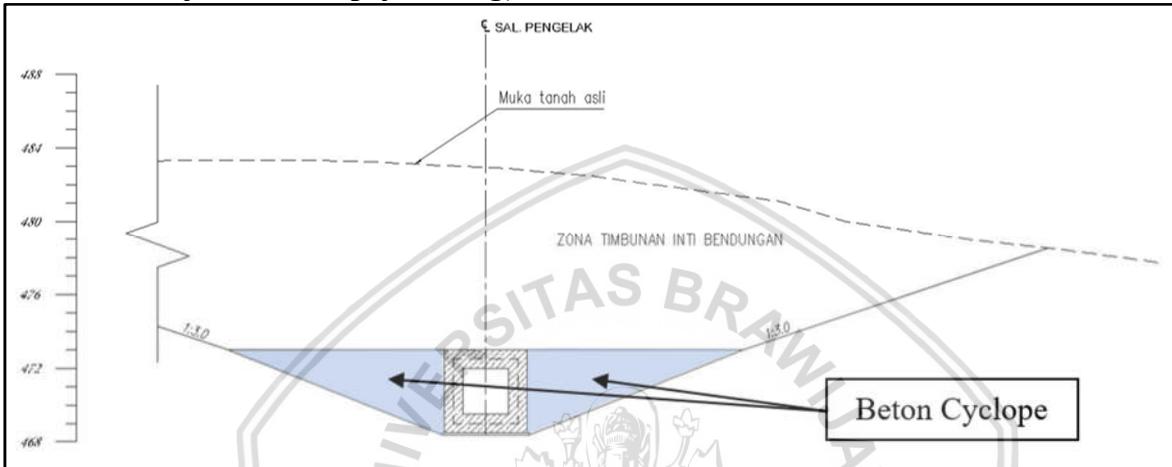
Pembongkaran bekisting dapat dilakukan paling cepat setelah beton berumur dua hari. Setelah bekisting dibongkar permukaan beton bisa langsung di *curing* dan dilakukan *finishing*.

7. *Curing*

Curing dilakukan untuk memastikan reaksi hidrasi senyawa semen dapat berjalan dengan optimal sehingga mutu beton yang diharapkan dapat tercapai. Selain itu *curing*

dilakukan untuk menghindari keretakan pada beton yang diakibatkan oleh terjadinya susut yang berlebihan akibat kehilangan kelembaban yang terlalu cepat dan tidak seragam. Pekerjaan *curing* dilakukan dengan cara menutup permukaan beton dengan karung goni yang disiram dengan air untuk menjaga permukaan beton tetap basah minimal selama 7 hari. Alat yang digunakan dalam pekerjaan ini antara lain adalah alat penyemprot hama.

4.1.1.3. Pekerjaan Penutup (*finishing*)



Gambar 4.5. Pekerjaan Beton Cyclope

Sumber: Hasil Analisis (2018)

1. Beton cyclope (*Back fill concrete*)

Setelah pekerjaan pembetonan *conduit* pengelak selesai maka dilanjutkan dengan pekerjaan beton *cyclope*. Beton *cyclope* berfungsi untuk menutup kembali galian yang ada disebelah kanan dan kiri pada *conduit* pengelak. Beton *cyclope* terdiri dari campuran beton K175 dan batu belah dengan perbandingan sesuai dengan spesifikasi teknis yang telah ditentukan. Alat yang digunakan dalam pekerjaan ini antara lain adalah *batching plant*, *truck mixer* dan *concrete pump*.

2. *Shotcrete* dengan *tulangan wire mesh*

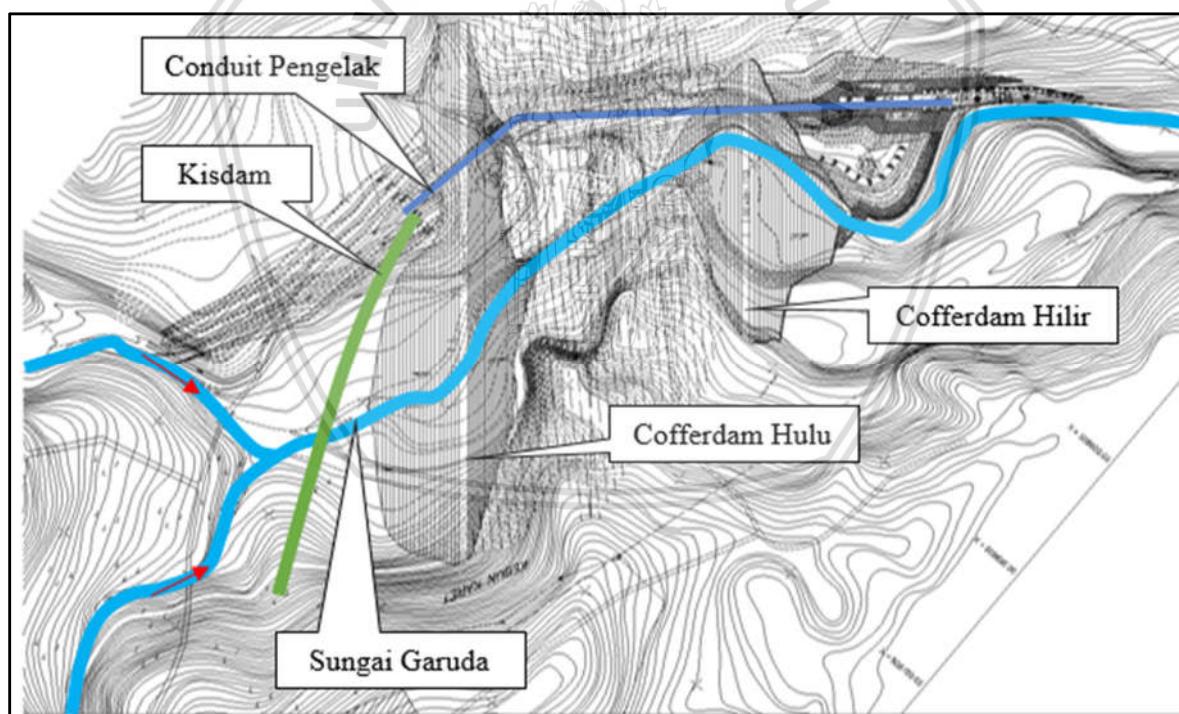
Shotcrete merupakan suatu proses dimana beton disemprotkan kepermukaan hasil galian dengan tekanan. Pekerjaan *shotcrete* merupakan pengamanan dinding hasil galian atau lereng dengan cara menutup permukaan menggunakan beton dan tulangan *wire mesh*. Kegiatan ini bertujuan agar tidak terjadinya longsor pada permukaan hasil galian. Alat yang digunakan dalam pekerjaan ini antara lain adalah mesin *shotcrete*, kompresor dengan working pressure, generator, dan pompa air dengan working pressure.

4.1.2. Metode Pelaksanaan *Cofferdam*

Cofferdam merupakan bangunan di dalam sungai yang berfungsi sebagai tanggul agar aliran air sungai dapat masuk kedalam saluran pengelak sehingga lokasi rencana bendungan utama menjadi kering yang memungkinkan dilakukannya pembangunan secara teknis.

Lingkup pekerjaan pada pelaksanaan konstruksi *cofferdam* pada Bendungan gondang terdiri dari:

1. *Coffering/kisdam* dan *dewatering*;
2. *Land clearing* dan *grubing*;
3. Penguasan;
4. Galian Tanah;
5. Galian Batu;
6. Timbunan Random;
7. Timbunan Inti (hanya pada *cofferdam* hulu);
8. Timbunan Filter; dan
9. Rip-rap.



Gambar 4.6. Denah *Cofferdam* pada Bendungan Gondang
Sumber: Hasil Analisis (2018)

4.1.2.1. Pekerjaan *Coffering/Kisdam*

Pekerjaan *coffering/kisdam* harus dilakukan untuk mengalihkan aliran air sungai melalui *conduit* sampai pekerjaan *cofferdam* telah selesai dibangun. Pekerjaan ini dilakukan se bisa mungkin pada saat musim kemarau dikarenakan debit air sungai relatif kecil dan akan

mempermudah pekerjaan *dewatering*. Tetapi jika pekerjaan *cofferdam* tidak selesai pada musim kemarau dan harus dilakukan pada musim hujan dimana debit air di sungai relatif besar maka dalam pekerjaanya harus dibuat dalam dua tahap. Tahap pertama dibangun *kisdam* mengatasi musim kemarau, dan tahap berikutnya dibuat *kisdam* yang lebih tinggi lagi sesuai dengan kebutuhan.

Tahapan pekerjaan *coffering/kisdam*:

- a. Pemeriksaan kondisi lapangan yang akan dibangun *kisdam*;
- b. Mengajukan jenis peralatan persiapan, timbunan, pompa, tanggul/turap dan gambar kerja kepada Pengawas/Direksi/Konsultan untuk mendapat persetujuan;
- c. Siapkan bahan dan peralatan yang akan digunakan untuk pelaksanaan pembuatan *kisdam*;
- d. Persiapkan pompa untuk pengeringan sesuai dengan tingkat genangan dan rembesan air;
- e. Pemberian arahan dan perlengkapan Alat Pelindung Diri (APD) kepada para pekerja;
- f. Pelaksanaan *kisdam* timbunan tanah dilaksanakan;
- g. Periksa debit air/rembesan dalam area kerja dan kapasitas pompa disesuaikan dengan kondisi lapangan;
- h. Peninjauan oleh Pengawas/Direksi/Konsultan terhadap pekerjaan yang telah dilakukan apakah telah sesuai dengan spesifikasi teknis sehingga dapat dilakukan pekerjaan selanjutnya;
- i. Dilakukan pengeringan lokasi *kisdam*;
- j. Mempersiapkan parit-parit pembuangan air kearah luar *kisdam*; dan
- k. Pasang pompa-pompa air pada titik-titik pengumpulan, air dibuang keluar melalui pipa *host plastic*.

Beberapa kegiatan yang harus diperhitungkan sebelum dilakukan pemindahan aliran air sungai ke *conduit* pengelak, antara lain sebagai berikut:

- a. Kesiapan lahan didaerah hulu yang memiliki elevasi yang lebih rendah dari elevasi *cofferdam* ketika terjadi genangan;
- b. Pemasangan sistem peringatan dini sementara di lokasi hulu *catchment area*;
- c. Tempat penyimpanan material untuk penimbunan *kisdam*;
- d. Kesiapan *conduit* untuk dialiri air sungai;
- e. Penyiapan jalan-jalan kerja agar tidak terganggunya semua aktifitas angkutan material timbunan;
- f. Kesiapan material untuk menimbun; dan
- g. Penerangan pada lokasi kerja.

4.1.2.2. Pekerjaan Galian *Cofferdam*

Lingkup pekerjaan galian ini adalah penggalian dan pengangkutan semua material, baik yang dipergunakan kembali atau yang tidak dipergunakan ke lokasi penumpukan /pembuangan, pembentukan dan perapihan galian sesuai dengan alur, elevasi, kemiringan dan ukuran yang tercantum dalam gambar kerja. Hasil galian yang disetujui Direksi pekerjaan dapat digunakan sebagai material timbunan akan diangkut ke lokasi penumpukan material timbunan. Sedangkan material yang tidak disetujui akan dibuang ke lokasi pembuangan. Pekerjaan galian ini bisa dilaksanakan setelah pekerjaan *conduit* pengelak dan *kisdam* selesai, sehingga aliran air sungai sudah dapat dialihkan ke *conduit* pengelak. Alat yang digunakan untuk pekerjaan ini adalah *excavator*, *excavator with breaker*, *dump truck*, dan alat bantu.

Tahapan pekerjaan galian *cofferdam*:

- a. Mempelajari dan memeriksa pekerjaan yang telah disetujui oleh Pengawas/Direksi/Konsultan;
- b. Pemberian arahan dan perlengkapan Alat Pelindung Diri (APD) kepada para pekerja;
- c. Pemasangan rambu-rambu keselamatan dan kesehatan kerja (K3) di lokasi proyek;
- d. Pemasangan patok pada interval jarak tertentu dengan elevasi, ukuran, dan kemiringan sesuai dengan gambar kerja;
- e. Melaksanakan penggalian menggunakan *excavator* sesuai dengan patok yang telah ditentukan;
- f. Hasil galian diangkut menggunakan *dump truck* ke lokasi penyimpanan timbunan atau dibuang ke lokasi yang telah disetujui;
- g. Pemeriksaan ukuran, elevasi, kemiringan memanjang dan melintang galian oleh juru ukur apakah sudah sesuai dengan gambar kerja; dan
- h. Peninjauan oleh Pengawas/Direksi/Konsultan terhadap pekerjaan yang telah dilakukan apakah telah sesuai dengan spesifikasi teknis sehingga dapat dilakukan pekerjaan selanjutnya.

4.1.2.3. Pekerjaan *Dewatering*

Pekerjaan *dewatering* merupakan teknik pelaksanaan dalam suatu konstruksi bendungan yang berfungsi untuk menangani pembebasan lokasi konstruksi dari gangguan air. Pekerjaan ini perlu dilakukan karena ketika selesai pengelakan aliran air sungai kedalam *conduit* pengelak masih ada air yang bisa masuk ke dalam lokasi konstruksi yang berasal dari berbagai sumber, antara lain:

- a. Dasar galian, berupa rembesan atau sumber air tanah, genangan air hujan dan air limbah operasi pekerjaan;
- b. Rembesan dari arah hulu sungai, di balik *cofferdam* hulu;
- c. Rembesan dari arah hilir sungai, di balik *cofferdam* hilir akibat *back water*; dan
- d. Rembesan dari arah kedua sandaran bendungan.

Perencanaan sistem penguras harus memperhitungkan debit pengurasan, penurunan muka air yang diinginkan, jenis dan jumlah serta penempatan pompa harus direncanakan sebelum penggalian dimulai. Metode pengeringan yang digunakan pada Bendungan Gondang menggunakan metode pemompaan sumuran dan paritan.

4.1.2.4. Pekerjaan Timbunan *Cofferdam*

Pekerjaan timbunan *cofferdam* dapat dilakukan setelah pekerjaan galian *cofferdam* selesai dan genangan/rembesan air pada lokasi kerja sudah dapat diatasi. Sebelum dilakukan penimbunan, tapak pondasi harus dipastikan sudah mencapai permukaan weathered rock, yang sudah tidak mengandung pasir sungai, maupun tanah lagi. Dalam pekerjaan timbunan harus dilakukan tes penimbunan terlebih dahulu untuk mengetahui kadar air, gradasi material, ketebalan hamparan, jenis, berat serta jumlah lintasan alat pematatan yang akan dipakai terhadap material yang akan dijadikan bahan timbunan dengan menggunakan alat yang akan digunakan nantinya. Kegiatan ini bertujuan untuk mendapatkan kualitas timbunan yang sesuai dengan desain. Alat yang digunakan untuk pekerjaan ini adalah *excavator*, *bulldozer*, *dump truck*, *vibrator roller*, *water tanker*, dan alat bantu lainnya.

Lingkup pekerjaan timbunan *cofferdam* terdiri dari:

- a. *Cofferdam* Hulu
 - Timbunan Inti (Zona 1)
 - Timbunan Filter (Zona 2)
 - Timbunan Random (Zona 3)
 - *Rip-rap* (Zona 4)
- b. *Cofferdam* Hilir
 - Timbunan Filter (Zona 2)
 - Timbunan Random (Zona 3)
 - *Rip-rap* (Zona 4)

1. Timbunan *Contact Clay* dan Inti (Zona 1)

Setelah lokasi bersih dan siap untuk dilakukan penimbunan, maka material *contact clay* (*plastic clay*) dihampar menggunakan *excavator* bekerja sama dengan *bulldozer* yang

mendekatkan material setelah diangkut dari *stock pile* menggunakan *dump truck*. Hal ini dilakukan untuk mencegah agar permukaan pondasi tidak terkontaminasi kotoran yang terbawa oleh ban *dump truck*. Sebelum material *contact clay* digunakan, terlebih dahulu harus dilakukan pemeriksaan kadar air agar masih dalam keadaan plastis. Dalam pelaksanaan pembangunan Bendungan Gondang kandungan kadar air pada *contact clay* sekitar 28%, setelah memenuhi syarat tersebut dilakukan penghamparan dalam ketebalan 10 cm dan dipadatkan dengan *stamper* 80 kg. Ketika penghamparan telah selesai maka dilakukan penghamparan *contact clay* lapisan kedua dan ketiga diatas lapisan yang telah dipadatkan dengan metode pemasatan yang sama. Setelah menutup seluruh luas hamparan, maka material timbunan inti dihamparkan dalam ketebalan 30 cm dengan menggunakan *bulldozer* dan kemudian dipadatkan dengan menggunakan *vibrator roller*. Setelah ketebalan timbunan mencapai 50 cm diatas permukaan pondasi, maka pemasatan baru dilakukan dengan *vibrator roller with sheep foot*.

2. Timbunan Filter (Zona 2)

Pekerjaan timbunan filter yang dilakukan dihulu maupun dihilir timbunan inti dilaksanakan secara bersamaan, setelah timbunan inti mencapai ketebalan minimal setebal timbunan filter. Tebal lapisan timbunan filter tidak boleh lebih dari 40 cm sebelum dipadatkan. Apabila permukaan yang dihamparkan terkontaminasi oleh material timbunan yang lain, maka permukaan yang dihampar harus dibersihkan dari material yang menyebabkan kontaminasi sebelum lapisan berikutnya dihampar. Pengangkutan material dilakukan menggunakan *dump truck*, dihamparkan menggunakan *bulldozer* dan dipadatkan menggunakan *vibrator roller*.

3. Timbunan Random (Zona 3)

Pekerjaan timbunan random dilakukan bersama-sama dengan timbunan inti dan timbunan filter. Tetapi jika kondisi kerja memungkinkan, pekerjaan timbunan random bisa dikerjakan tanpa menunggu timbunan inti dan filter. Dikarenakan pekerjaan timbunan random banyak memerlukan material untuk penimbunannya, sehingga material yang digunakan merupakan galian terseleksi hasil galian spillway, bendungan, dan *conduit*. Apabila masih kurang dapat diambil dari *borrow area* yang berada di sekitar pekerjaan Bendungan Gondang. Dalam metode pelaksanaan timbunan random sama dengan timbunan filter.

4. Rip-rap (Zona 4)

Pekerjaan timbunan batu (rip-rap) dilaksanakan ketika timbunan random sudah mencapai elevasi yang cukup untuk melaksanakannya. Rip-rap dilaksanakan dengan

menggunakan *excavator* ditambah tenaga manual. Ukuran material untuk rip-rap adalah batu pilihan seperti yang telah ditunjukan pada spesifikasi. Dalam pekerjaan rip-rap tidak diperlukan pemandatan.

4.2. Pelaksanaan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

Pelaksanaan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada proyek konstruksi Bendungan Gondang merupakan kegiatan yang harus dipatuhi seluruh elemen yang berhubungan langsung dengan pelaksanaan konstruksi Bendungan Gondang. Kegiatan pelaksanaan K3 dimulai dari perekrutan pekerja yang harus bersedia mengikuti semua peraturan K3 yang telah ditetapkan pada pelaksanaan konstruksi Bendungan Gondang. Hal ini dapat dilihat dari pernyataan tertulis setiap pekerja yang bersedia diberhentikan kerja jika terbukti tidak mengikuti peraturan K3 yang telah dibuat. Selain pada proses perekrutan pekerja, setiap memulai pekerjaan selalu dilakukan penjelasan mengenai kondisi dan bahaya yang dihadapi di tempat kerja, penggunaan perlengkapan keselamatan dan cara maupun sikap aman dalam melakukan pekerjaan.

Berikut ini peraturan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) yang berlaku di pelaksanaan konstruksi Bendungan Gondang:

1. Sediakan waktu untuk berdoaan dan memperhatikan keamanan anda sebelum memulai suatu kegiatan;
2. Selalu berjalan dan menggunakan jalur yang benar saat berjalan di area proyek dan dahulukan kendaraan/alat berat;
3. Jaga selalu standar yang tinggi tentang kebersihan dan kerapihan;
4. Pastikan anda melakukan pemanasan/peregangan sebelum dan sesudah melakukan kegiatan manual (kegiatan yang banyak menggunakan aktivitas anggota badan);
5. Terapkan selalu cara/prosedur mengangkut barang yang benar dalam bekerja;
6. Pastikan anda mengikuti prosedur keselamatan pengoprasi peralatan kerja yang benar, bila ragu pelajari kembali cara pengoprasi yang benar;
7. Jangan pernah mengambil jalan pintas, karena dapat mengancam keselamatan anda;
8. Selalu mengenakan atau memakai Alat Pelindung Diri (APD) dengan benar;
9. Laporkan segala yang berbahaya, insiden, dan kecelakaan kerja; dan
10. Selalu berhati-hati dalam mengoprasi segala peralatan kerja.

4.3. Rencana Kerja Pelaksanaan Proyek

Fungsi pertama dari perencanaan dan logika jaringan pekerjaan adalah menentukan waktu optimal yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek. Proyek yang ditinjau dalam studi ini adalah Proyek pelaksanaan konstruksi *conduit* pengelak dan *cofferdam* pada

Bendungan Gondang. Secara keseluruhan proyek pelaksanaan konstruksi Bendungan Gondang memiliki nilai kontrak sebesar Rp. 617.280.000.000,00 (termasuk PPN 10%) dengan waktu pelaksanaan selama 48 bulan kalender.

Pada studi ini akan dijabarkan mengenai analisis percepatan waktu proyek dengan alternatif penambahan jam kerja dan penambahan jumlah alat. Sehingga pengaturan metode pelaksanaan dapat dilakukan dengan seefisien mungkin dan menghasilkan kuantitas pekerjaan yang lebih besar dan cepat dengan menggunakan bantuan program *Microsoft Project Manager* 2016 yang menghasilkan jaringan kerja (*network planning*).

4.3.1. Perhitungan Volume Pekerjaan

Dalam menghitung biaya pada suatu pekerjaan konstruksi bendungan, volume pekerjaan merupakan bagian penting yang harus dihitung dengan teliti. Hal ini dikarenakan volume pekerjaan sangat berpengaruh terhadap perkiraan biaya yang dapat. Perhitungan volume dilakukan mulai dari tahap persiapan hingga pelaksanaan konstruksi selesai. Dalam studi ini perhitungan volume dibatasi hingga pelaksanaan konstruksi *conduit* pengelak dan *cofferdam*. Sehingga volume yang dihitung merupakan pekerjaan yang berkaitan dengan pekerjaan yang telah disebutkan.

Perhitungan volume pekerjaan berdasarkan gambar detail desain pembangunan Bendungan Gondang yang telah dibuat oleh PT. Gracia Widayakarsa. Perhitungan luas area kerja dan jarak kerja dilakukan menggunakan program *AutoCad*, setelah itu dilakukan perhitungan volume dengan bantuan program *Microsoft Excel*. Untuk memudahkan perhitungan volume pekerjaan dari masing masing jenis pekerjaan, maka dibuat tabel 4.1., 4.2., dan 4.3. dengan keterangan kolom sebagai berikut:

1. Nomor;
2. Nama patok (berdasarkan gambar detail desain);
3. Jarak antar patok (berdasarkan gambar detail desain);
4. Luas tiap patok (berdasarkan gambar detail desain yang dibantu oleh program *AutoCad*); dan
5. Volume antar patok (((kolom 1 + kolom 2) / 2) x kolom 3).

Tabel 4.1.
Perhitungan Volume Pekerjaan *Conduit Pengelak*

No.	Patok	Jarak	Galian	Lantai Kerja	Beton K225	Beton Cyclope	Pasangan Batu	Galian	Lantai Kerja	Beton K225	Beton Cyclope	Pasangan Batu
1	2	3	m ²	m ³								
1	P0	36,450										146,602
2	P1	25,000	29,239				8,044					201,100
3	P2	25,000	56,316				8,044					201,100
4	P3	25,000	79,335				8,044					201,100
5	P4	25,000	206,335				8,044					201,100
6	P5	25,000	256,320				8,044					201,100
7	P6	25,000	340,646				8,044					201,100
8	P6a	7,000	245,400				8,044					56,308
9	P7	18,000	307,706				8,044					144,792
10	P8	25,000	297,049	0,470	14,000	19,260		7559,438	7,952	236,880	240,750	100,550
11	P9	25,000	29,153	0,470	14,000	19,260		4077,525	11,750	350,000	481,500	
12	P10	25,000	120,570	0,470	14,000	19,260		1871,538	11,750	350,000	481,500	
13	P11	25,000	311,146	0,470	14,000	19,260		5396,450	11,750	350,000	481,500	
14	P12	25,000	386,517	0,470	14,000	16,477		8720,788	11,750	350,000	446,713	
		25,000						9480,325	11,250	327,500	385,025	

Lanjutan Tabel 4.1.
Perhitungan Volume Pekerjaan Conduit Pengelak

Sumber: Hasil Perhitungan (2018)

Tabel 4.2.
Perhitungan Volume Pekerjaan Cofferdam Hulu

No.	Patok	Jarak	Galian	Inti	Filter Kasar	Random	Rip-rap	Galian	Inti	Filter Kasar	Random	Rip-rap	
1	2	3											
1	B1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
2	B2	87,860	344,907	137,417	1052,647	86,063	13836,588	15151,756	6036,711	46242,765	3780,739		
3	B3	25,000	1440,004	464,401	161,153	1604,769	99,610	21937,163	10116,346	3732,119	33217,698	2320,915	
4	B4	25,000	974,972	334,406	134,959	1196,108	84,704	30187,200	9985,088	3701,396	35010,963	2303,935	
5	B5	25,000	124,186	269,605	119,409	1179,545	75,785	13739,475	7550,144	3179,593	29695,664	2006,114	
6	B6	25,000	266,173	194,400	98,570	1233,689	63,891	4879,488	5800,068	2724,735	30165,424	1745,948	
7	B7	25,000	954,525	194,400	98,825	1069,434	63,891	15258,725	4860,000	2467,435	28789,033	1597,278	
8	B8	25,000	1439,802	161,600	88,152	508,998	57,945	29929,088	4450,000	2337,201	19730,404	1522,946	
9	B9	25,000	814,117	74,958	56,089	292,066	40,105	28173,988	2956,978	1803,008	10013,306	1225,615	
10	B10	25,000	356,552	74,156	57,043	346,845	40,105	14633,363	1863,925	1414,154	7986,393	1002,625	
11	B11	25,000	351,643	125,000	77,733	396,695	51,998	8852,438	2489,448	1684,703	9294,250	1151,295	
12	B12	25,000	982,668	109,332	71,980	338,959	48,609	16678,888	2929,153	1871,414	9195,674	1257,586	
13	B13	42,140	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	20704,815	2303,629	1516,621	7141,868	1024,185	
Panjang Cofferdam			380,000					Total Volume	218811,215	70456,533	32469,088	266483,440	20939,180

Sumber: Hasil Perhitungan (2018)

Tabel 4.3.
Perhitungan Volume Pekerjaan Cofferdam Hilir

No.	Patok	Jarak	Galian	Filter Kasar	Random	Rip-rap	Galian	Filter Kasar	Random	Rip-rap
1	2	3	m	m ²	m ²	m ²	m ³	m ³	m ³	m ³
					4				5	
1	B4'			42,691	14,166	31,232				
2	B5	6,750					945,922	485,269	703,366	244,542
		280,273	101,093	194,239	41,225					
3	B6	25,000					6459,006	2732,010	5752,431	1066,998
		236,447	117,468	265,956	44,135					
4	B7	25,000	966,810	239,995	1325,727	77,298				
							23127,616	4881,689	38516,921	2060,220
5	B8	25,000	883,399	150,540	1755,627	87,520				
							15801,203	5131,786	42411,705	2120,193
6	B9	25,000	380,697	260,003	1637,309	82,096				
							9050,305	6175,733	39384,165	1836,241
7	B10	25,000	343,327	234,056	1513,424	64,804				
							9355,374	5068,344	31453,959	1378,635
8	B11	25,000	405,103	171,412	1002,893	45,487				
							5286,761	2855,391	13117,306	921,211
9	B12	14,600	17,838	57,019	46,492	28,210				
							130,219	491,343	339,389	373,869
10	B12'				10,288		23,005			
	Panjang Cofferdam	196,350					85197,126	32289,860	191575,272	11519,816
							Total Volume			

Sumber: Hasil Perhitungan (2018)

Tabel 4.4.

Rekapitulasi Perhitungan Volume Pekerjaan *Conduit Pengelak* dan *Cofferdam* pada Bendungan Gondang

No.	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume
I.	Pekerjaan Persiapan		
	1. Penyelidikan Geologi Teknik dan Mekanika Tanah	m	387,800
	2. Pemasangan Pipa HDPE dia.3"/ Relokasi Jaringan Perpipaan	m	2.500,000
	3. Galian tanah pada Relokasi Jaringan Perpipaan	m ³	625,000
	4. Timbunan tanah kembali pada Relokasi Jaringan Perpipaan	m ³	625,000
II.	Pekerjaan Cofferdam		
	A. Cofferdam Hulu		
	1. Pembersihan Area Kerja	m ²	24.938,290
	2. Pengupasan	m ²	24.938,290
	3. Galian Tanah	m ³	43.762,243
	4. Galian Batu	m ³	175.048,972
	5. Timbunan Random	m ³	266.483,440
	6. Timbunan Inti	m ³	70.456,533
	7. Timbunan Filter	m ³	32.469,088
	8. Rip-rap	m ³	20.939,180
	B. Cofferdam Hilir		
	1. Pembersihan Area Kerja	m ²	13.392,592
	2. Pengupasan	m ²	13.392,592
	3. Galian Tanah	m ³	17.039,425
	4. Galian Batu	m ³	68.157,701
	5. Timbunan Random	m ³	191.575,272
	6. Timbunan Filter	m ³	32.289,860
	7. Rip-rap	m ³	11.519,816
III.	Pekerjaan Conduit Pengelak		
	A. Conduit Pengelak		
	1. Pembersihan Area Kerja	m ²	13.280,030
	2. Pengupasan	m ²	13.280,030
	3. Galian Tanah	m ³	17.565,743
	4. Galian Batu	m ³	99.539,213
	5. Beton Cyclope	m ³	4.382,000
	6. Shotcrete dengan Tulangan Wiremesh	m ²	1.814,520
	7. Lantai Kerja Beton (K100)	m ³	160,890
	8. Bekisting Tipe Ekspos	m ²	9.316,820
	9. Beton (K225)	m ³	4.380,569
	10. Besi Tulangan Beton Ulir	kg	307.169,640
	11. Water Stop	m	249,900
	12. Joint Filler	m	267,360
	13. Dowel Bar	bh	204,000
	14. Pasangan Batu	m ³	2.258,724
	15. Plesteran	m ³	590,450
	16. Timbunan Tanah Kembali	m ³	1.398,950
	B. Menara Pengambilan		
	1. Pembersihan Area Kerja	m ²	310,000
	2. Pengupasan	m ²	310,000
	3. Galian Tanah	m ³	148,704
	4. Galian Batu	m ³	594,816
	5. Lantai Kerja Beton (K100)	m ³	18,000
	6. Beton K225	m ³	3.682,434
	7. Besi Tulangan Beton Ulir	kg	395.441,177
	8. Bekisting Tipe Ekspos	m ²	2.176,266

Lanjutan Tabel 4.4.

Rekapitulasi Perhitungan Volume Pekerjaan Conduit Pengelak dan Cofferdam pada Bendungan Gondang

No.	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume
9.	Perancah Struktur Bangunan Atas	m ³	19,600
10.	Water Stop	m	35,000
11.	Pipa Ventilasi	m	21,000

Sumber : Hasil perhitungan (2018)

4.3.2. Perhitungan Produktivitas Alat Berat

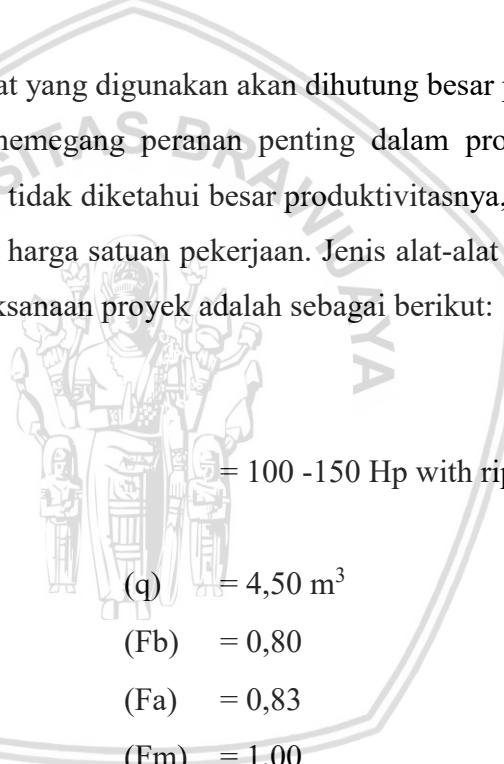
Perhitungan produktivitas alat digunakan untuk mendapatkan besarnya produktivitas alat-alat yang digunakan dalam pelaksanaan proyek. Dari besarnya produktivitas alat berat yang didapatkan, akan diketahui jumlah waktu dalam menyelesaikan suatu pekerjaan yang menggunakan alat berat.

Dalam studi ini tidak semua alat yang digunakan akan dihitung besar produktifitasnya, melainkan untuk alat-alat yang memegang peranan penting dalam proses pelaksanaan proyek. Sedangkan untuk alat yang tidak diketahui besar produktivitasnya, akan ditentukan dengan koefisien alat pada analisis harga satuan pekerjaan. Jenis alat-alat yang memegang peranan penting dalam proses pelaksanaan proyek adalah sebagai berikut:

1. *Bulldozer*

Pekerjaan Pembersihan

Jenis alat



= 100 -150 Hp with ripper

Spesifikasi alat

- Kapasitas pisau (q) = 4,50 m³
- Faktor pisau (Fb) = 0,80
- Faktor efisiensi (Fa) = 0,83
- Faktor kemiringan (Fm) = 1,00
- Kecepatan maju (Vf) = 4,7 km/jam
- Kecepatan mundur (Vr) = 5,5 km/jam
- Jarak kerja (L) = 50,00 m
- Faktor koreksi (Fk) = 1,20

Waktu siklus (Ts)

- Waktu gusur (T₁) = 0,64 menit
- Waktu kembali (T₂) = 0,54 menit
- Waktu lain-lain (T₃) = 0,17 menit + (Ts) = 1,35 menit

Produktivitas alat

$$(Q_1) = \frac{q \times F_b \times F_m \times F_a \times 60}{T_s \times F_k}$$

$$= \frac{4,50 \times 0,80 \times 1,00 \times 0,83 \times 60}{1,35 \times 1,20}$$

$$= 110,360 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 367,866 \text{ m}^2/\text{jam}$$

Pekerjaan Pengupasan

Jenis alat = 100 -150 Hp with ripper

Spesifikasi alat

- Kapasitas pisau (q) = 4,50 m³
- Faktor pisau (F_b) = 0,80
- Faktor efisiensi (F_a) = 0,83
- Faktor kemiringan (F_m) = 1,00
- Kecepatan maju (V_f) = 2,78 km/jam
- Kecepatan mundur (V_r) = 6,97 km/jam
- Jarak kerja (L) = 50,00 m
- Faktor koreksi (F_k) = 1,20

Waktu siklus (T_s)

- Waktu gusur (T₁) = 1,08 menit
 - Waktu kembali (T₂) = 0,43 menit
 - Waktu lain-lain (T₃) = 0,93 menit +
- $$(T_s) = 2,44 \text{ menit}$$

Produktivitas alat

$$(Q_2) = \frac{q \times F_b \times F_m \times F_a \times 60}{T_s \times F_k}$$

$$= \frac{4,50 \times 0,80 \times 1,00 \times 0,83 \times 60}{2,44 \times 1,20}$$

$$= 61,192 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 203,973 \text{ m}^2/\text{jam}$$

Pekerjaan Timbunan Random

Jenis alat = 100 -150 Hp

Spesifikasi alat

- Kapasitas pisau (q) = 4,50 m³
- Faktor pisau (F_b) = 0,80
- Faktor efisiensi (F_a) = 0,83

- Faktor kemiringan (Fm) = 1,00
- Kecepatan maju (Vf) = 4,95 km/jam
- Kecepatan mundur (Vr) = 7,23 km/jam
- Jarak kerja (L) = 50,00 m
- Faktor koreksi (Fk) = 1,20

Waktu siklus (Ts)

- Waktu gusur (T₁) = 0,61 menit
- Waktu kembali (T₂) = 0,42 menit
- Waktu lain-lain (T₃) = 0,05 menit +
(Ts) = 1,07 menit

Produktivitas alat

$$(Q_3) = \frac{q \times F_b \times F_m \times F_a \times 60}{T_s \times F_k}$$

$$= \frac{4,50 \times 0,80 \times 1,00 \times 0,83 \times 60}{1,07 \times 1,20}$$

$$= 61,703 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Pekerjaan Timbunan Inti dan Filter

Jenis alat

= 100 - 150 Hp with ripper

Spesifikasi alat

- Kapasitas pisau (q) = 4,50 m³
- Faktor pisau (Fb) = 0,80
- Faktor efisiensi (Fa) = 0,83
- Faktor kemiringan (Fm) = 1,00
- Kecepatan maju (Vf) = 2,78 km/jam
- Kecepatan mundur (Vr) = 6,97 km/jam
- Jarak kerja (L) = 50,00 m
- Faktor koreksi (Fk) = 1,20

Waktu siklus (Ts)

- Waktu gusur (T₁) = 1,08 menit
- Waktu kembali (T₂) = 0,43 menit
- Waktu lain-lain (T₃) = 0,05 menit +
(Ts) = 1,56 menit

Produktivitas alat

$$(Q_4) = \frac{q \times F_b \times F_m \times F_a \times 60}{T_s \times F_k}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{4,50 \times 0,80 \times 1,00 \times 0,83 \times 60}{1,56 \times 1,20} \\
 &= 95,677 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

2. *Excavator*

Pekerjaan Galian Tanah

Jenis alat = 80-140 Hp

Spesifikasi alat

- Kapasitas bucket (V) = 0,93 m³
- Faktor bucket (Fb) = 0,90
- Faktor efisiensi (Fa) = 0,83
- Faktor konversi (Fv) = 1,00
- Faktor koreksi (Fk) = 1,20

Waktu siklus (Ts)

- Waktu menggali dan memuat (T₁) = 0,55 menit
- Waktu lain-lain (T₂) = 0,32 menit +

(Ts) = 0,87 menit

Produktivitas alat

$$\begin{aligned}
 (Q_5) &= \frac{V \times Fb \times Fa \times 60}{Ts \times Fv \times Fk} \\
 &= \frac{0,93 \times 0,90 \times 0,83 \times 60}{0,87 \times 1,00 \times 1,20} \\
 &= 39,926 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

Pekerjaan Galian Batu

Jenis alat = 80-140 Hp with Hydraulic Rock Breaker

Spesifikasi alat

- Kapasitas bucket (V) = 0,93 m³
- Faktor bucket (Fb) = 0,90
- Faktor efisiensi (Fa) = 0,83
- Faktor konversi (Fv) = 1,00
- Faktor koreksi (Fk) = 1,20

Waktu siklus (Ts)

- Waktu menggali dan memuat (T₁) = 1,35 menit
- Waktu pecah batu (T₂) = 0,55 menit
- Waktu lain-lain (T₃) = 0,32 menit +

Produktivitas alat

$$(Q_6) = \frac{V \times F_b \times F_a \times 60}{T_{s1} \times F_v \times F_k}$$

$$= \frac{0,93 \times 0,90 \times 0,83 \times 60}{3,10 \times 1,00 \times 1,20}$$

$$= 11,205 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Pekerjaan Galian Tanah dan Dipadatkan

Jenis alat = 80-140 Hp

Spesifikasi alat

- Kapasitas bucket (V) = 0,93 m³
- Faktor bucket (F_b) = 0,90
- Faktor efisiensi (F_a) = 0,83
- Faktor konversi (F_v) = 1,00
- Faktor koreksi (F_k) = 1,20

Waktu siklus (Ts)

- Waktu menggali dan memuat (T₁) = 1,15 menit
- Waktu lain-lain (T₂) = 0,32 menit +
- (Ts) = 1,47 menit

Produktivitas alat

$$(Q_7) = \frac{V \times F_b \times F_a \times 60}{T_{s1} \times F_v \times F_k}$$

$$= \frac{0,93 \times 0,90 \times 0,83 \times 60}{1,47 \times 1,00 \times 1,20}$$

$$= 23,630 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Pekerjaan Timbunan Inti dan Random

Jenis alat = 80-140 Hp

Spesifikasi alat

- Kapasitas bucket (V) = 0,93 m³
- Faktor bucket (F_b) = 0,90
- Faktor efisiensi (F_a) = 0,83
- Faktor konversi (F_v) = 1,00
- Faktor koreksi (F_k) = 1,20

Waktu siklus (Ts)

- Waktu memuat dan merapikan (T₁) = 0,60 menit

- Waktu lain-lain $(T_2) = \underline{0,32 \text{ menit} +}$
- Produktivitas alat $(Q_8) = \frac{V \times F_b \times F_a \times 60}{T_{s1} \times F_v \times F_k}$
 $= \frac{0,93 \times 0,90 \times 0,83 \times 60}{0,92 \times 1,00 \times 1,20}$
 $= 37,756 \text{ m}^3/\text{jam}$

Pekerjaan Rip-rap

Jenis alat $= 80-140 \text{ Hp}$

Spesifikasi alat

- Kapasitas *bucket* $(V) = 0,93 \text{ m}^3$
- Faktor *bucket* $(F_b) = 0,90$
- Faktor efisiensi $(F_a) = 0,83$
- Faktor konversi $(F_v) = 1,00$
- Faktor koreksi $(F_k) = 1,20$
- Waktu siklus (T_s)
 - Waktu memuat dan merapihkan $(T_1) = 1,35 \text{ menit}$
 - Waktu lain-lain $(T_2) = \underline{0,32 \text{ menit} +}$
 - $(T_s) = 1,67 \text{ menit}$
- Produktivitas alat $(Q_9) = \frac{V \times F_b \times F_a \times 60}{T_{s1} \times F_v \times F_k}$

$$= \frac{0,93 \times 0,90 \times 0,83 \times 60}{1,67 \times 1,00 \times 1,20}$$
 $= 20,800 \text{ m}^3/\text{jam}$

3. Dump Truck

Dump Truck bekerja bersama *Excavator* dengan jarak angkut maksimal 1 km

(Pekerjaan Timbunan)

Jenis alat $= \text{Kapasitas bak } 12 \text{ m}^3$

Spesifikasi alat

- Kapasitas rata-rata bak $(A) = 12,00 \text{ m}^3$
- Jarak angkut $(D) = 1,00 \text{ km}$
- Kecepatan rata-rata bermuatan $(V_1) = 7,00 \text{ km/jam}$
- Kecepatan rata-rata kosong $(V_2) = 14,00 \text{ km/jam}$

- Waktu siklus kombinasi alat (Cms) = 0,50 menit
- Kapasitas alat kombinasi (b) = 0,93 m³
- Faktor alat kombinasi (Fk) = 0,90
- Faktor efisiensi (Et) = 0,83

Waktu siklus yang diperlukan alat kombinasi

- Mengisi *dump truck* (n) = A / (b x Fk)

$$= 12 / (0,93 \times 0,90)$$

$$= 14,34 \text{ menit}$$
- Waktu muat (Tm) = Cms x n

$$= 0,50 \times 14,34$$

$$= 7,17 \text{ menit}$$
- Waktu angkut (Ta) = (D / V₁) x 60

$$= (1 / 7) \times 60$$

$$= 8,57 \text{ menit}$$
- Waktu kembali (Tk) = (D / V₂) x 60

$$= (1 / 14) \times 60$$

$$= 4,29 \text{ menit}$$

Waktu siklus (Cmt)

- Waktu angkut kembali (T₁) = Ta + Tk

$$= 8,57 + 4,29$$

$$= 12,86 \text{ menit}$$
- Waktu buang dan tunggu (T₂) = 10,00 menit
- Waktu mengambil posisi (T₃) = 3,50 menit +

$$(Cmt) = 26,36 \text{ menit}$$

Perkiraan jumlah *dump truck* (M) = Cmt / (Cms x n)

$$= 26,36 / (0,50 \times 14,34)$$

$$= 3,38 \text{ buah}$$

Produktivitas per siklus (C) = n x Fk x b

$$= 14,34 \times 0,90 \times 0,93$$

$$= 12,00 \text{ m}^3$$

Produktivitas perkiraan *dump truck* (Q) = C x 60 x Et x M

$$\text{Cmt}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{12 \times 60 \times 0,83}{26,36} \times 3,38 \\
 &= 83,36 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Produktivitas alat $(Q_{10}) = Q / M$

$$\begin{aligned}
 &= 83,36 / 3,38 \\
 &= 22,673 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

**Dump Truck bekerja bersama Excavator dengan jarak angkut maksimal 2 km
(Pekerjaan Galian Tanah)**

Jenis alat $= \text{Kapasitas bak } 12 \text{ m}^3$

Spesifikasi alat

- Kapasitas rata-rata bak $(A) = 12,00 \text{ m}^3$
- Jarak angkut $(D) = 2,00 \text{ km}$
- Kecepatan rata-rata bermuatan $(V_1) = 7,00 \text{ km/jam}$
- Kecepatan rata-rata kosong $(V_2) = 14,00 \text{ km/jam}$
- Waktu siklus kombinasi alat $(Cms) = 0,50 \text{ menit}$
- Kapasitas alat kombinasi $(b) = 0,93 \text{ m}^3$
- Faktor alat kombinasi $(F_k) = 0,90$
- Faktor efisiensi $(E_t) = 0,83$

Waktu siklus yang diperlukan alat kombinasi

- Mengisi dump truck $(n) = A / (b \times F_k)$

$$\begin{aligned}
 &= 12 / (0,93 \times 0,90) \\
 &= 14,34 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

- Waktu muat $(T_m) = Cms \times n$

$$\begin{aligned}
 &= 0,50 \times 14,34 \\
 &= 7,17 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

- Waktu angkut $(T_a) = (D / V_1) \times 60$

$$\begin{aligned}
 &= (2 / 7) \times 60 \\
 &= 17,14 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

- Waktu kembali $(T_k) = (D / V_2) \times 60$

$$\begin{aligned}
 &= (2 / 14) \times 60 \\
 &= 8,57 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Waktu siklus (Cmt)

- Waktu angkut kembali $(T_1) = T_a + T_k$

	= 17,14 + 8,57
	= 25,71 menit
• Waktu buang dan tunggu	(T ₂) = 5,00 menit
• Waktu mengambil posisi	(T ₃) = <u>3,50 menit</u> +
	(Cmt) = 34,21 menit
Perkiraan jumlah <i>dump truck</i>	(M) = Cmt / (Cms x n)
	= 34,21 / (0,50 x 14,34)
	= 4,77 buah
Produktivitas per siklus	(C) = n x Fk x b
	= 14,34 x 0,90 x 0,93
	= 12,00 m ³
Produktivitas perkiraan <i>dump truck</i>	(Q) = <u>C x 60 x Et</u> / Cmt
	= <u>12 x 60 x 0,83</u> / 34,21
	= 83,36 m ³
Produktivitas alat	(Q ₁₁) = Q / M
	= 83,36 / 4,77
	= 17,466 m ³ /jam

***Dump Truck* bekerja bersama *Excavator* dengan jarak angkut maksimal 2 km
(Pekerjaan Galian Batu)**

Jenis alat	= Kapasitas bak 12 m ³
Spesifikasi alat	
• Kapasitas rata-rata bak	(A) = 12,00 m ³
• Jarak angkut	(D) = 2,00 km
• Kecepatan rata-rata bermuatan	(V ₁) = 7,00 km/jam
• Kecepatan rata-rata kosong	(V ₂) = 14,00 km/jam
• Waktu siklus kombinasi alat	(Cms) = 0,50 menit
• Kapasitas alat kombinasi	(b) = 0,93 m ³
• Faktor alat kombinasi	(Fk) = 0,90
• Faktor efisiensi	(Et) = 0,83
Waktu siklus yang diperlukan alat kombinasi	
• Mengisi <i>dump truck</i>	(n) = A / (b x Fk)

		$= 12 / (0,93 \times 0,90)$
		$= 14,34 \text{ menit}$
• Waktu muat	(Tm)	$= \text{Cms} \times n$
		$= 0,50 \times 14,34$
		$= 7,17 \text{ menit}$
• Waktu angkut	(Ta)	$= (D / V_1) \times 60$
		$= (2 / 7) \times 60$
		$= 17,14 \text{ menit}$
• Waktu kembali	(Tk)	$= (D / V_2) \times 60$
		$= (2 / 14) \times 60$
		$= 8,57 \text{ menit}$
Waktu siklus (Cmt)		
• Waktu angkut kembali	(T ₁)	$= Ta + Tk$
		$= 17,14 + 8,57$
		$= 25,71 \text{ menit}$
• Waktu buang dan tunggu	(T ₂)	$= 40,00 \text{ menit}$
• Waktu mengambil posisi	(T ₃)	$= \underline{3,50 \text{ menit}} +$
Perkiraan jumlah <i>dump truck</i>	(Cmt)	$= 69,21 \text{ menit}$
Produktivitas per siklus	(M)	$= \text{Cmt} / (\text{Cms} \times n)$
		$= 69,21 / (0,50 \times 14,34)$
		$= 9,65 \text{ buah}$
Produktivitas perkiraan <i>dump truck</i>	(C)	$= n \times F_k \times b$
		$= 14,34 \times 0,90 \times 0,93$
		$= 12,00 \text{ m}^3$
Produktivitas alat	(Q)	$= \frac{C \times 60 \times E_t \times M}{\text{Cmt}}$
		$= \frac{12 \times 60 \times 0,83}{69,21} \times 9,65$
		$= 83,36 \text{ m}^3$
	(Q ₁₂)	$= Q / M$
		$= 83,36 / 9,65$
		$= 8,634 \text{ m}^3/\text{jam}$

**Dump Truck bekerja bersama Wheel Loader dengan jarak angkut maksimal 2 km
(Pekerjaan Pembersihan)**

Jenis alat = Kapasitas bak 12 m^3

Spesifikasi alat

- Kapasitas rata-rata bak (A) = $12,00 \text{ m}^3$
- Jarak angkut (D) = $2,00 \text{ km}$
- Kecepatan rata-rata bermuatan (V_1) = $7,00 \text{ km/jam}$
- Kecepatan rata-rata kosong (V_2) = $14,00 \text{ km/jam}$
- Waktu siklus kombinasi alat (Cms) = $0,50 \text{ menit}$
- Kapasitas alat kombinasi (b) = $1,50 \text{ m}^3$
- Faktor alat kombinasi (Fk) = $0,90$
- Faktor efisiensi (Et) = $0,83$

Waktu siklus yang diperlukan alat kombinasi

- Mengisi *dump truck* (n) = $A / (b \times Fk)$
 $= 12 / (1,50 \times 0,90)$
 $= 8,89 \text{ menit}$
- Waktu muat (Tm) = $Cms \times n$
 $= 0,50 \times 8,89$
 $= 4,44 \text{ menit}$
- Waktu angkut (Ta) = $(D / V_1) \times 60$
 $= (2 / 7) \times 60$
 $= 17,14 \text{ menit}$
- Waktu kembali (Tk) = $(D / V_2) \times 60$
 $= (2 / 14) \times 60$
 $= 8,57 \text{ menit}$

Waktu siklus (Cmt)

- Waktu angkut kembali (T₁) = $Ta + Tk$
 $= 17,14 + 8,57$
 $= 25,71 \text{ menit}$
- Waktu buang dan tunggu (T₂) = $2,00 \text{ menit}$
- Waktu mengambil posisi (T₃) = $1,00 \text{ menit}$ +
 $(Cmt) = 28,71 \text{ menit}$

Perkiraan jumlah *dump truck* (M) = $Cmt / (Cms \times n)$



		$= 28,71 / (0,50 \times 8,89)$
		$= 6,46$ buah
Produktivitas per siklus	(C)	$= n \times F_k \times b$
		$= 8,89 \times 0,90 \times 0,93$
		$= 12,00 \text{ m}^3$
Produktivitas perkiraan <i>dump truck</i>	(Q)	$= \frac{C \times 60 \times E_t}{C_{mt}} \times M$
		$= \frac{12 \times 60 \times 0,83}{28,71} \times 6,46$
		$= 134,46 \text{ m}^3$
Produktivitas alat	(Q ₁₃)	$= Q / M$
		$= 134,46 / 6,46$
		$= 20,812 \text{ m}^3/\text{jam}$
		$= 69,37 \text{ m}^2/\text{jam}$

Dump Truck bekerja bersama **Wheel Loader** dengan jarak angkut maksimal 2 km

(Pekerjaan Pengupasan)

Jenis alat

= Kapasitas bak 12 m^3

Spesifikasi alat

- Kapasitas rata-rata bak (A) = $12,00 \text{ m}^3$
- Jarak angkut (D) = $2,00 \text{ km}$
- Kecepatan rata-rata bermuatan (V₁) = $7,00 \text{ km/jam}$
- Kecepatan rata-rata kosong (V₂) = $14,00 \text{ km/jam}$
- Waktu siklus kombinasi alat (C_{ms}) = $0,50$ menit
- Kapasitas alat kombinasi (b) = $1,50 \text{ m}^3$
- Faktor alat kombinasi (F_k) = $0,90$
- Faktor efisiensi (E_t) = $0,83$

Waktu siklus yang diperlukan alat kombinasi

- Mengisi *dump truck* (n) = $A / (b \times F_k)$
 $= 12 / (1,50 \times 0,90)$
 $= 8,89$ menit
- Waktu muat (T_m) = $C_{ms} \times n$
 $= 0,50 \times 8,89$
 $= 4,44$ menit

- Waktu angkut $(Ta) = (D / V_1) \times 60$
 $= (2 / 7) \times 60$
 $= 17,14 \text{ menit}$
- Waktu kembali $(Tk) = (D / V_2) \times 60$
 $= (2 / 14) \times 60$
 $= 8,57 \text{ menit}$

Waktu siklus (Cmt)

- Waktu angkut kembali $(T_1) = Ta + Tk$
 $= 17,14 + 8,57$
 $= 25,71 \text{ menit}$
- Waktu buang dan tunggu $(T_2) = 30,00 \text{ menit}$
- Waktu mengambil posisi $(T_3) = \underline{1,00 \text{ menit}} +$
 $(Cmt) = 56,71 \text{ menit}$

Perkiraan jumlah *dump truck*

Produktivitas per siklus

$$(M) = Cmt / (Cms \times n)$$
 $= 56,71 / (0,50 \times 8,89)$
 $= 12,76 \text{ buah}$
 $(C) = n \times Fk \times b$
 $= 8,89 \times 0,90 \times 0,93$
 $= 12,00 \text{ m}^3$
 $(Q) = \frac{C \times 60 \times Et}{Cmt} \times M$
 $= \frac{12 \times 60 \times 0,83}{56,71} \times 12,76$
 $= 134,46 \text{ m}^3$

Produktivitas alat

$$(Q_{14}) = Q / M$$
 $= 134,46 / 12,76$
 $= 10,537 \text{ m}^3/\text{jam}$
 $= 35,123 \text{ m}^2/\text{jam}$

4. Water Tanker

Pekerjaan Pemadatan Tanah

Jenis alat $= \text{Kapasitas tank 3000 liter}$
 with Pipe Sprayer

Kondisi kerja

- Jarak layanan $(L) = 2,00 \text{ km}$

- Kebutuhan air/m³ tanah (Q_{keb}) = 0,03 m³

Spesifikasi alat

- Kapasitas tangki (A) = 3000,00 liter
 - Faktor efisiensi (Fa) = 0,83
 - Kecepatan berpindah (V) = 15,00 km/jam
 - Debit penyiraman (q_1) = 2,00 l/dt
 - Debit pengisian (q_2) = 5,00 l/dt

Waktu siklus (Ts)

Waktu penyiraman (T₁) = 25,00 menit

Waktu pengisian (T_2) = 10,00 menit

$$\text{Waktu pengambilan air} \quad (T_3) = \underline{8,00 \text{ menit}} +$$

(Ts) 43,00 menit

$$(Q_{15}) = \frac{A \times F_a \times 60}{Q_{15} b \times T_s \times 1000}$$

$$= \frac{3000 \times 0,83 \times 60}{0,03 \times 43 \times 1000} \\ = 115,814 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Pekerjaan Pembetonan

Jenis alat

Kondisi kerja

- Jarak layanan
 - Kebutuhan air/ m^3 beton

Spesifikasi alat

- Kapasitas tangki (A) = 3000,00 liter
 - Faktor efisiensi (Fa) = 0,83
 - Kecepatan berpindah (V) = 30,00 km/jam
 - Debit pengisian *batching plant* (q_1) = 12,22 l/dt
 - Debit pengisian (q_2) = 5,00 l/dt

Waktu siklus (Ts)

Waktu penyiraman (T₁) = 25,00 menit

Waktu pengisian (T_2) = 10,00 menit

$$\text{Waktu pengambilan air} \quad (T_3) = \underline{8,00 \text{ menit}} +$$

(Ts) 43,00 menit

Produktivitas alat

$$(Q_{16}) = \frac{A \times Fa \times 60}{Q_{keb} \times Ts \times 1000}$$

$$= \frac{3000 \times 0,83 \times 60}{0,22 \times 43 \times 1000}$$

$$= 43,185 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Pekerjaan Timbunan

Jenis alat

= Kapasitas tank 3000 liter
with Pipe Sprayer

Kondisi kerja

- Jarak layanan $(L) = 2,00 \text{ km}$
- Kebutuhan air/m³ beton $(Q_{keb}) = 0,03 \text{ m}^3$

Spesifikasi alat

- Kapasitas tangki $(A) = 3000,00 \text{ liter}$
- Faktor efisiensi $(Fa) = 0,83$
- Kecepatan berpindah $(V) = 15,00 \text{ km/jam}$
- Debit penyiraman $(q_1) = 10,00 \text{ l/dt}$
- Debit pengisian $(q_2) = 36,52 \text{ l/dt}$

Waktu siklus (Ts)

$$(T_1) = 5,00 \text{ menit}$$

$$(T_2) = 1,37 \text{ menit}$$

$$(T_3) = \underline{8,00 \text{ menit}} +$$

$$(Ts) = 14,37 \text{ menit}$$

Produktivitas alat

$$(Q_{17}) = \frac{A \times Fa \times 60}{Q_{keb} \times Ts \times 1000}$$

$$= \frac{3000 \times 0,83 \times 60}{0,03 \times 14,37 \times 1000}$$

$$= 346,577 \text{ m}^3/\text{jam}$$

5. *Vibrator Roller*

Pekerjaan Timbunan Random

Jenis alat = 5 – 7 ton

Kondisi kerja

- Lebar overlap $(bo) = 0,20 \text{ m}$
- Tebal pematatan $(t) = 0,30 \text{ m}$
- Jumlah lintasan $(n) = 8$

Spesifikasi alat

- Lebar pemandatan (b) = 1,60 m
- Lebar efektif pemandatan (be) = 1,40 m
- Kecepatan rata-rata (V) = 3,5 km/jam
- Faktor efisiensi (Fa) = 0,83
- Faktor koreksi (Fk) = 1,20

Produktivitas alat
$$(Q_{18}) = \frac{be \times V \times 1000 \times Fa \times t}{N \times Fk}$$

$$= \frac{1,40 \times 3,5 \times 1000 \times 0,83 \times 0,30}{8 \times 1,20}$$

$$= 127,094 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Pekerjaan Timbunan Inti

Jenis alat = 5 – 7 ton

Kondisi kerja

- Lebar overlap (bo) = 0,20 m
- Tebal pemandatan (t) = 0,30 m
- Jumlah lintasan (n) = 10

Spesifikasi alat

- Lebar pemandatan (b) = 1,60 m
- Lebar efektif pemandatan (be) = 1,40 m
- Kecepatan rata-rata (V) = 3 km/jam
- Faktor efisiensi (Fa) = 0,83
- Faktor koreksi (Fk) = 1,20

Produktivitas alat
$$(Q_{19}) = \frac{be \times V \times 1000 \times Fa \times t}{N \times Fk}$$

$$= \frac{1,40 \times 3 \times 1000 \times 0,83 \times 0,30}{10 \times 1,20}$$

$$= 87,150 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Pekerjaan Timbunan Inti

Jenis alat = 5 – 7 ton

= *with Sheep Foot*

Kondisi kerja

- Lebar overlap (bo) = 0,20 m
- Tebal pemandatan (t) = 0,30 m

- Jumlah lintasan (n) = 10

Spesifikasi alat

- Lebar pemandatan (b) = 1,60 m
- Lebar efektif pemandatan (be) = 1,40 m
- Kecepatan rata-rata (V) = 4 km/jam
- Faktor efisiensi (Fa) = 0,83
- Faktor koreksi (Fk) = 1,20

Produktivitas alat
$$(Q_{20}) = \frac{be \times V \times 1000 \times Fa \times t}{N \times Fk}$$

$$= \frac{1,40 \times 4 \times 1000 \times 0,83 \times 0,30}{10 \times 1,20}$$

$$= 116,200 \text{ m}^3/\text{jam}$$

6. *Wheel Loader*

Pekerjaan Pembersihan

Jenis alat

$$= 1 - 1,6 \text{ m}^3$$

Spesifikasi alat

- Kapasitas bucket (V) = 1,50 m³
- Faktor bucket (Fb) = 0,90
- Faktor efisiensi (Fa) = 0,83

Waktu siklus (Ts) = 0,58 menit

Produktivitas alat
$$(Q_{21}) = \frac{V \times Fa \times Fb \times 60}{Ts}$$

$$= \frac{1,5 \times 0,83 \times 0,9 \times 60}{0,58}$$

$$= 115,914 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 386,379 \text{ m}^2/\text{jam}$$

Pekerjaan Pengupasan

Jenis alat

$$= 1 - 1,6 \text{ m}^3$$

Spesifikasi alat

- Kapasitas bucket (V) = 1,50 m³
- Faktor bucket (Fb) = 0,90
- Faktor efisiensi (Fa) = 0,83

Waktu siklus (Ts) = 1,86 menit

Produktivitas alat

$$(Q_{22}) = \frac{V \times F_a \times F_b \times 60}{T_s}$$

$$= \frac{1,5 \times 0,83 \times 0,9 \times 60}{1,86}$$

$$= 36,145 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 120,484 \text{ m}^2/\text{jam}$$

Pekerjaan Timbunan

Jenis alat = 1 – 1,6 m³

Spesifikasi alat

- Kapasitas *bucket* (V) = 1,50 m³
- Faktor *bucket* (F_b) = 0,90
- Faktor efisiensi (F_a) = 0,83

Waktu siklus (T_s) = 0,80 menit

Produktivitas alat (Q₂₃) = $\frac{V \times F_a \times F_b \times 60}{T_s}$

$$= \frac{1,5 \times 0,83 \times 0,9 \times 60}{0,80}$$

$$= 84,038 \text{ m}^3/\text{jam}$$

7. *Truck Mixer*

Kondisi kerja

Jarak Layanan

Spesifikasi alat

- Kapasitas drum (V) = 5,00 m³
- Faktor efisiensi (F_a) = 0,83
- Kecepatan rata-rata isi (V₁) = 30 km/jam
- Kecepatan rata-rata kosong (V₂) = 40 km/jam
- Kecepatan pengisian (q₁) = 2 l/dt
- Kecepatan penuangan (q₂) = 5 l/dt

Waktu siklus (T_s)

- Lama waktu mengisi (T₁) = 41,67 menit
 - Lama waktu mengangkut (T₂) = 2,00 menit
 - Lama waktu kembali (T₃) = 1,50 menit
 - Lama waktu menumpahkan (T₄) = 16,67 menit +
- (T_s) = 61,83 menit

Produktivitas alat

$$(Q_{24}) = \frac{V \times Fa \times 60}{Ts}$$

$$= \frac{5 \times 0,83 \times 60}{61,83}$$

$$= 4,027 \text{ m}^3/\text{jam}$$

8. Concrete Mixer

Jenis alat $= 0,3 - 0,6 \text{ m}^3$

Spesifikasi alat

- Kapasitas mencampur $(V) = 500,00 \text{ l}$
- Faktor efisiensi $(Fa) = 0,83$

Waktu siklus (Ts)

- Waktu mengisi $(T_1) = 0,50 \text{ menit}$
- Waktu mencampur $(T_2) = 1,00 \text{ menit}$
- Waktu menuang $(T_3) = 0,30 \text{ menit}$
- Waktu menunggu $(T_4) = 0,20 \text{ menit} +$
 $(Ts) = 2,00 \text{ menit}$

Produktivitas alat

$$(Q_{25}) = \frac{V \times Fa \times 60}{1000 \times Ts}$$

$$= \frac{500 \times 0,83 \times 60}{1000 \times 2}$$

$$= 12,450 \text{ m}^3/\text{jam}$$

9. Concrete Pump

Jenis alat $= 25 \text{ bar}$

Spesifikasi alat

- Kapasitas alat $(V) = 8,00 \text{ m}^3$
- Faktor efisiensi $(Fa) = 0,83$

Waktu siklus (Ts)

- Waktu mengisi $(T_1) = 16,67 \text{ menit}$
- Waktu memompa $(T_2) = 16,67 \text{ menit}$
- Waktu menunggu $(T_3) = 3,00 \text{ menit} +$
 $(Ts) = 36,83 \text{ menit}$

Produktivitas alat

$$(Q_{26}) = \frac{V \times Fa \times 60}{Ts}$$

$$= \frac{8 \times 0,83 \times 60}{36,83}$$

$$= 10,816 \text{ m}^3/\text{jam}$$

10. Concrete Vibrator

Spesifikasi alat

- Kapasitas alat (q) = 3,00 m³/jam

- Faktor efisiensi (Fa) = 0,83

Produktivitas alat (Q₂₇) = q x Fa

$$= 3,00 \times 0,83$$

$$= 2,49 \text{ m}^3/\text{jam}$$

11. Water Pump

Jenis alat = 70 – 100 mm

Spesifikasi alat

- Kapasitas alat (q) = 44,00 m³/jam

- Faktor efisiensi (Fa) = 0,83

Produktivitas alat (Q₂₈) = q x Fa

$$= 44,00 \times 0,83$$

$$= 36,52 \text{ m}^3/\text{jam}$$

4.3.3. Analisis Harga Satuan Pekerjaan

Harga satuan pekerjaan merupakan faktor yang sangat berpengaruh besar terhadap besar atau kecil biaya yang dikeluarkan. Dengan demikian perhitungan harga satuan pekerjaan harus direncanakan dengan benar agar biaya yang akan dikeluarkan nantinya tidak terlalu besar sehingga dapat merugikan manajemen dari proyek itu sendiri.

Dalam studi ini analisis harga satuan pekerjaan dibagi menjadi empat bagian pekerjaan (persiapan, tanah&batu, beton&baja, dan pasangan batu). Untuk memudahkan perhitungan, Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) dari masing masing jenis pekerjaan, maka dibuat tabel Analisi Harga Satuan Pekerjaan (lampiran 3) dengan keterangan kolom sebagai berikut:

1. Nomor;
2. Uraian tenaga kerja, bahan/material, dan alat yang dibutuhkan dalam menyelesaikan suatu pekerjaan;
3. Satuan untuk setiap uraian pekerjaan;
4. Kuantitas/koefisien tenaga kerja dari setiap uraian pekerjaan;
 - Kuantitas tenaga kerja dan bahan/material didapatkan dari ketetapan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, referensi pekerjaan yang sama dan hasil perhitungan.

- Kuantitas peralatan didapatkan dari referensi pekerjaan yang sama dan hasil perhitungan produktivitas alat berat.
5. Harga satuan setiap uraian pekerjaan (lampiran 2); dan
 6. Jumlah harga dari hasil perkalian antara kuantitas pekerjaan dengan harga satuan setiap uraian pekerjaan.

Berikut ini adalah Harga Satuan Pekerjaan (HSP) pada Bendungan Godang.

Tabel 4.5.
Harga Satuan Pekerjaan pada Bendungan Gondang

No. Analisis	Uraian	Satuan	Harga Satuan
			Rp.
A.	Pekerjaan Pesiapan		
A.1.	Mobilisasi dan Demobilisasi	LS	578.600.000,00
A.2.	Pembuatan dan Pemeliharaan Jalan Kerja	LS	1.231.764.000,00
A.3.	Penyediaan Air Bersih	LS	76.658.560,00
A.4.	Penyediaan Sarana Listrik	LS	701.146.400,00
A.5.	Penyediaan Sarana Telekomunikasi	LS	157.872.000,00
A.6.	Pembuatan Kantor Direksi dan Mes Lapangan	LS	1.463.935.000,00
A.7.	Pembuatan Gedung Laboratorium	LS	124.300.000,00
A.8.	Pembuatan Gudang Material	LS	152.900.000,00
A.9.	Pengadaan Alat-alat Laboratorium	LS	323.730.000,00
A.10.	Quality Control	LS	512.344.523,00
A.11.	Dokumentasi Foto dan Film Kemajuan Proyek	LS	253.044.000,00
A.12.	Pembuatan Laporan Pelaksanaan Kerja	LS	262.284.000,00
A.13.	Survey Pengukuran, Gambar Kerja&Purna Laksana	LS	736.824.000,00
A.14.	Pengamanan dan Pelaksanaan K3	LS	882.860.000,00
A.15.	Pencegahan HIV AIDS	LS	579.216.000,00
A.16.	Monitoring Lingkungan	LS	360.360.000,00
A.17.	Penyelidikan Geologi Teknik dan Mekanika Tanah	Unit	1.063.761,00
A.18.	Pemasangan Pipa HDPE dia.3"	m	149.840,00
B.	Pekerjaan Tanah dan Batuan		
B.1.	Coffering, Kisdam dan Dewatering	Ls	160.389.760,00
B.2.	Pembersihan Area Kerja (Land Clearing)	m ²	9.022,00
B.3.	Pengupasan (Stripping) t = 0.3 m	m ²	16.260,00
B.4.	Galian Tanah Manual	m ³	22.131,00
B.5.	Galian Tanah Mekanis untuk Timbunan Setempat	m ³	21.554,00
B.6.	Galian Tanah Mekanis Diangkut Maksimum 2 km	m ³	33.487,00
B.7.	Galian Batu untuk Timbunan Kembali Setempat	m ³	58.249,00
B.8.	Galian Batu Mekanis Diangkut Maksimum 2 km	m ³	76.770,00
B.9.	Timbunan Material Random	m ³	36.096,00
B.10.	Timbunan Material Kedap Air (Inti)	m ³	41.667,00
B.11.	Timbunan Filter	m ³	216.720,00
B.12.	Timbunan Tanah Kembali Manual	m ³	10.627,00
B.13.	Timbunan Tanah Kembali Manual dan Dipadatkan	m ³	11.433,00
B.14.	Rip-rap Diameter 40 - 100 cm	m ³	316.599,00
C.	Pekerjaan Pasangan, Beton dan Baja Struktur		
C.1.	Beton Mutu K225	m ³	1.216.677,00
C.2.	Beton Mutu K175	m ³	1.150.609,00
C.3.	Beton Lantai Kerja (K100)	m ³	1.036.938,00
C.4.	Besi Tulangan Beton Ulir	Kg	17.221,00
C.5.	Bekisting Tipe Ekspose	m ²	90.658,00

Lanjutan Tabel 4.5.
Harga Satuan Pekerjaan pada Bendungan Gondang

No. Analisis	Uraian	Satuan	Harga Satuan Rp.
C.6.	Construction Joint Beton (Dowel Bar)	bh	83.252,00
C.7.	Beton Cyclope	m ³	888.429,00
C.8.	Perancah Kayu 5/7	m ²	146.407,00
C.9.	Shotcrete t=5 cm Dengan Tulangan Wiremesh	m ²	411.102,00
C.10.	Pipa PVC Perforated dia. 200 mm	m	125.498,00
D			
Pekerjaan Pasangan Batu			
D.1.	Pasangan Batu 1 : 4	m ³	636.895,00
D.2.	Plesteran 1 : 3	m ²	37.603,00
D.3.	Joint Filler (Bitumen) untuk Terowongan	m	49.536,00
D.4.	Waterstop , W=320 mm	m	53.721,00

Sumber : Hasil Perhitungan (2018)

4.3.4. Analisis Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

Rencana Anggaran Biaya adalah rencana pengeluaran biaya proyek yang didalamnya terdiri dari rincian pekerjaan yang akan dilakukan. Rencana anggaran biaya dapat diketahui dengan cara mengalikan volume setiap pekerjaan dengan harga satuan pekerjaan yang sesuai, sehingga total biaya setiap pekerjaan dapat diketahui. Dalam studi ini rencana anggaran biaya yang akan diperhitungkan hanya sampai pekerjaan *conduit* pengelak dan *cofferdam* pada Bendungan Gondang.

Rencana anggaran biaya pada pelaksanaan konstruksi *conduit* pengelak dan *cofferdam* pada Bendungan Gondang dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.6.
Rencana Anggaran Biaya Pelaksanaan Konstruksi *Conduit Pengelak dan Cofferdam* pada Bendungan Gondang

No.	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
I. Pekerjaan Persiapan dan Jalan Kerja					
1.	Mobilisasi & Demobilisasi	Ls	0,500	578.600.000,00	289.300.000,00
2.	Pembuatan dan Pemeliharaan Jalan Kerja	Ls	1,000	1.231.764.000,00	1.231.764.000,00
3.	Penyediaan Air Bersih	Ls	0,336	76.658.560,00	25.727.872,88
4.	Penyediaan Sarana Listrik	Ls	0,336	701.146.400,00	235.316.257,53
5.	Penyediaan Sarana Telekomunikasi	Ls	0,336	157.872.000,00	52.984.438,36
6.	Pembuatan Kantor Direksi, Konsultan, Kontraktor dan Mess Lapangan	Ls	1,000	1.463.935.000,00	1.463.935.000,00
7.	Pembuatan Gedung Laboratorium	Ls	1,000	124.300.000,00	124.300.000,00
8.	Pembuatan Gudang Material	Ls	1,000	152.900.000,00	152.900.000,00
9.	Pengadaan Alat-alat Laboratorium untuk Kontrol Kualitas.	Ls	1,000	323.730.000,00	323.730.000,00
10.	Quality Control	Ls	0,277	512.344.523,00	141.772.046,09
11.	Dokumentasi Foto dan Film Kemajuan Pekerjaan	Ls	0,336	253.044.000,00	84.925.726,03
12.	Pembuatan Laporan Pelaksanaan Pekerjaan	Ls	0,336	262.284.000,00	88.026.821,92
13.	Survey Pengukuran, Gambar Kerja dan Gambar Purna Laksana "as built Drawing"	Ls	0,336	736.824.000,00	247.290.246,58
14.	Pengamanan dan Pelaksanaan K3	Ls	0,336	882.860.000,00	296.302.328,77
15.	Pencegahan HIV AIDS	Ls	0,336	579.216.000,00	194.394.410,96
16.	Monitoring Lingungan	Ls	0,336	360.360.000,00	120.942.739,73
17.	Penyelidikan Geologi Teknik dan Mekanika Tanah	m	387,800	1.063.761,00	412.526.515,80
18.	Pemasangan Pipa HDPE dia.3"/ Relokasi Jaringan Perpipaan	m	2.500,000	149.840,00	374.600.000,00
19.	Galian tanah pada Relokasi Jaringan Perpipaan	m ³	625,000	22.131,00	13.831.875,00
20.	Timbunan tanah kembali pada Relokasi Jaringan Perpipaan	m ³	625,000	10.627,00	6.641.875,00
Sub Total I					5.881.212.154,63
II. Pekerjaan Cofferdam					
A. Cofferdam Hulu					
1.	Coffering, Kisdam dan Dewatering	Ls	1,000	160.389.760,00	160.389.760,00
2.	Pembersihan Area Kerja	m ²	24.938,290	9.022,00	224.993.252,38
3.	Pengupasan	m ²	24.938,290	16.260,00	405.496.595,40

Lanjutan Tabel 4.6.
Rencana Anggaran Biaya Pelaksanaan Konstruksi *Conduit Pengelak* dan *Cofferdam* pada Bendungan Gondang

No.	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
4.	Galian Tanah	m ³	43.762,243	33.487,00	1.465.466.234,22
5.	Galian Batu	m ³	175.048,972	76.770,00	13.438.509.606,85
6.	Timbunan Random	m ³	266.483,440	36.096,00	9.618.986.236,70
7.	Timbunan Inti	m ³	70.456,533	41.667,00	2.935.712.347,09
8.	Timbunan Filter	m ³	32.469,088	216.720,00	7.036.700.793,62
9.	Rip-rap	m ³	20.939,180	316.599,00	6.629.323.563,75
	Sub Total II A				41.915.578.390,01
B.	Cofferdam Hilir				
1.	Pembersihan Area Kerja	m ²	13.392,592	9.022,00	120.827.965,02
2.	Pengupasan	m ²	13.392,592	16.260,00	217.763.545,92
3.	Galian Tanah	m ³	17.039,425	33.487,00	570.599.231,07
4.	Galian Batu	m ³	68.157,701	76.770,00	5.232.466.684,89
5.	Timbunan Random	m ³	191.575,272	36.096,00	6.915.101.013,06
6.	Timbunan Filter	m ³	32.289,860	216.720,00	6.997.858.481,41
7.	Rip-rap	m ³	11.519,816	316.599,00	3.647.162.164,84
	Sub Total II B				23.701.779.086,21
	Sub Total II				65.617.357.476,23
III.	Pekerjaan Conduit Pengelak				
A.	Conduit Pengelak				
1.	Pembersihan Area Kerja	m ²	13.280,030	9.022,00	119.812.430,66
2.	Pengupasan	m ²	13.280,030	16.260,00	215.933.287,80
3.	Galian Tanah	m ³	17.565,743	33.487,00	588.224.051,62
4.	Galian Batu	m ³	99.539,213	76.770,00	7.641.625.382,30
5.	Beton Cyclope	m ³	4.382,000	888.429,00	3.893.095.878,00
6.	Shotcrete dengan Tulangan Wiremesh	m ²	1.814,520	411.102,00	745.952.801,04
7.	Lantai Kerja Beton (K100)	m ³	160,890	1.036.938,00	166.833.431,81
8.	Bekisting Tipe Ekspos	m ²	9.316,820	90.658,00	844.644.267,56

Lanjutan Tabel 4.6.
Rencana Anggaran Biaya Pelaksanaan Konstruksi *Conduit Pengelak dan Cofferdam* pada Bendungan Gondang

No.	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
9.	Beton (K225)	m ³	4.380,569	1.216.677,00	5.329.737.605,18
10.	Besi Tulangan Beton Ulir	kg	307.169,640	17.221,00	5.289.768.370,44
11.	Water Stop	m	249,900	53.721,00	13.424.877,90
12.	Joint Filler	m	267,360	49.536,00	13.243.944,96
13.	Dowel Bar	bh	204,000	83.252,00	16.983.408,00
14.	Pasangan Batu	m ³	2.258,724	636.895,00	1.438.569.748,12
15.	Plesteran	m ³	590,450	37.603,00	22.202.691,35
16.	Timbunan Tanah Kembali	m ³	1.398,950	11.433,00	15.994.195,35
Sub Total IIIA				26.356.046.372,09	
B. Menara Pengambilan					
1.	Pembersihan Area Kerja	m ²	310,000	9.022,00	2.796.820,00
2.	Pengupasan	m ²	310,000	16.260,00	5.040.600,00
3.	Galian Tanah	m ³	148,704	33.487,00	4.979.650,85
4.	Galian Batu	m ³	594,816	76.770,00	45.664.024,32
5.	Lantai Kerja Beton (K100)	m ³	18,000	1.036.938,00	18.664.884,00
6.	Beton K225	m ³	3.682,434	1.216.677,00	4.480.332.751,82
7.	Besi Tulangan Beton Ulir	kg	395.441,177	17.221,00	6.809.892.515,83
8.	Bekisting Tipe Ekspose	m ²	2.176,266	90.658,00	197.295.959,29
9.	Perancah Struktur Bangunan Atas	m ³	19,600	146.407,00	2.869.577,20
10.	Water Stop	m	35,000	53.721,00	1.880.235,00
11.	Pipa Ventilasi	m	21,000	125.498,00	2.635.458,00
Sub Total IIIB				11.572.052.476,31	
Sub Total III					
JUMLAH					
PPN (10%)					
TOTAL BIAYA					
DIBULATKAN					
120.370.000.000,00					

Sumber: Hasil Perhitungan (2018)

4.3.5. Perhitungan Estimasi Durasi Pekerjaan

Lama waktu penyelesaian suatu pekerjaan (durasi) dapat ditentukan dengan memperhatikan besarnya suatu volume pekerjaan, produktivitas alat dan jumlah ketersediaan alat yang dapat menyelesaikan pekerjaan tersebut. Dalam studi ini penentuan durasi pekerjaan yang dilakukan hanya pada pekerjaan yang menggunakan alat berat, sedangkan untuk item pekerjaan lain diambil dari data kontrak.

Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk menentukan besarnya durasi suatu pekerjaan.

- Pada pekerjaan pembersihan area keja *coffedam* hulu (II.A.2), dengan data sebagai berikut :

$$\text{Volume pekerjaan} = 24938,290 \text{ m}^2$$

$$\text{Produktivitas } dump\ truck = 69,373 \text{ m}^2/\text{jam}$$

$$\text{Estimasi durasi pekerjaan} = 120 \text{ jam}$$

- Dengan menggunakan rumus (2 – 14), dapat menentukan jumlah *dump truck* yang dibutuhkan berdasarkan estimasi durasi pekerjaan yang telah ditentukan.

$$120 \text{ jam} = 24938,290 \text{ m}^2 / (69,373 \text{ m}^2/\text{jam} \times \text{jumlah } dump\ truck)$$

$$\text{Jumlah } dump\ truck = 2,996 \approx 3 \text{ buah}$$

Sehingga dengan durasi 15 hari (120 jam) untuk pekerjaan pembersihan area kerja *coffedam* hulu dibutuhkan 3 buah *dump truck*. Hasil perhitungan estimasi durasi pekerjaan pada pelaksanaan konstruksi *conduit* pengelak dan *cofferdam* pada Bendungan Gondang dapat dilihat pada tabel 4.7.

4.3.6. Hubungan Ketergantungan Pekerjaan

Hubungan ketergantungan pekerjaan atau logika ketergantungan kerja merupakan hubungan suatu kegiatan dengan kegiatan lainnya dalam pelaksanaan proyek. Semua kegiatan dalam suatu proyek akan dihubungkan berdasarkan hubungan yang logis, sehingga membentuk suatu jaringan pekerjaan (*network diagram*) yang berisi lintasan peristiwa dan kegiatan. Hubungan ketergantungan dalam pelaksanaan konstruksi *conduit* pengelak dan *cofferdam* pada Bendungan Gondang tidak semua sama. Ada pekerjaan yang dimulai dan diakhiri secara bersamaan. Selain itu ada pekerjaan yang dimulai setelah/sebelum beberapa hari pekerjaan yang mendahulunya selesai. Sehingga hubungan ketergantungan pekerjaan pada studi ini adalah hubungan *predecessor* (hubungan antar aktivitas sebelum) dan *successor* (hubungan antar aktivitas sesudah). Hubungan ketergantungan pekerjaan pada pelaksanaan konstruksi *conduit* pengelak dan *cofferdam* pada Bendungan Gondang dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4.7.

Estimasi Durasi Pekerjaan dan Hubungan Ketergantungan Pekerjaan

No.	Uraian Pekerjaan	Durasi	Kode	Pekerjaan Pendahulu	Jenis
		(Hari)	Pekerjaan	(Predecessor)	
I	Pekerjaan Persiapan dan Jalan Kerja		I		
1	Mobilisasi & Demobilisasi	30	I.1	-	-
2	Pembuatan & Pemeliharaan Jalan Kerja	10	I.2	I.1	SS
3	Penyediaan Air Bersih	490	I.3	-	-
4	Penyediaan Sarana Listrik	490	I.4	-	-
5	Penyediaan Sarana Telekomunikasi	490	I.5	-	-
6	Pembuatan Kantor & Mess Lapangan	30	I.6	I.2	FS
7	Pembuatan Gedung Laboratorium	30	I.7	I.2	FS
8	Pembuatan Gudang Material	30	I.8	I.2	FS
9	Pengadaan Alat-alat Laboratorium	3	I.9	I.7	FS
10	Quality Control	404	I.10	I.17	FS
11	Dokumentasi Kemajuan Pekerjaan	490	I.11	-	-
12	Laporan Pelaksanaan Pekerjaan	490	I.12	-	-
13	Survey Pengukuran	490	I.13	-	-
14	Pengamanan dan Pelaksanaan K3	490	I.14	-	-
15	Pencegahan HIV AIDS	490	I.15	-	-
16	Monitoring Lingungan	490	I.16	-	-
17	Penyelidikan GeoTek dan MekTan	43	I.17	I.9	FS
18	Pemasangan Pipa HDPE dia.3"	20	I.18	I.19	FS
19	Galian tanah pada Perpipaan	20	I.19	I.1	FS
20	Timbunan tanah kembali Perpipaan	20	I.20	I.18	FS
II	Pekerjaan Cofferdam		II		
A	Cofferdam Hulu		II.A		
1	Coffering, Kisdam dan Dewatering	60	II.A.1	III.A.14;III.A.15;II.A.5	FS;FS;FS-30
2	Pembersihan Area Kerja	15	II.A.2	I.17	FS
3	Pengupasan	30	II.A.3	II.A.2	FS
4	Galian Tanah	157	II.A.4	II.A.3	FS
5	Galian Batu	242	II.A.5	II.A.4	SS
6	Timbunan Random	97	II.A.6	II.A.1;II.A.4;II.A.5	FS-30;FS;FS
7	Timbunan Inti	78	II.A.7	II.A.6	FF
8	Timbunan Filter	78	II.A.8	II.A.7	SS
9	Rip-rap	63	II.A.9	II.A.8	FF
B	Cofferdam Hilir		II.B		
1	Pembersihan Area Kerja	9	II.B.1	I.17	FS
2	Pengupasan	16	II.B.2	II.B.1	FS
3	Galian Tanah	61	II.B.3	II.B.2	FS
4	Galian Batu	91	II.B.4	II.A.3	SS
5	Timbunan Random	70	II.B.5	II.B.6	FS
6	Timbunan Filter	47	II.B.6	II.A.1;II.B.3;II.B.4	FS-30;FS;FS
7	Rip-rap	35	II.B.7	II.B.5	FF
III	Pekerjaan Conduit Pengelak		III		
A	Conduit Pengelak		III.A		
1	Pembersihan Area Kerja	8	III.A.1	I.17	FS
2	Pengupasan	16	III.A.2	III.A.1	FS
3	Galian Tanah	55	III.A.3	III.A.2	FS
4	Galian Batu	73	III.A.4	III.A.3	SS
5	Beton Cyclope	41	III.A.5	III.A.15	FS
6	Shotcrete dengan Tulangan Wiremesh	26	III.A.6	III.A.16	FS
7	Lantai Kerja Beton (K100)	2	III.A.7	III.A.3;III.A.4	FS;FS
8	Bekisting Tipe Ekspose	124	III.A.8	III.A.10	SS+1

Lanjutan Tabel 4.7.

Estimasi Durasi Pekerjaan dan Hubungan Ketergantungan Pekerjaan

No.	Uraian Pekerjaan	Durasi	Kode	Pekerjaan Pendahulu	Jenis Hubungan
		(Hari)	Pekerjaan	(Predecessor)	
9	Beton (K225)	124	III.A.9	III.A.8	SS+4
10	Besi Tulangan Beton Ulir	124	III.A.10	III.A.7	FS+7
11	Water Stop	30	III.A.11	III.A.10	SS+3
12	Joint Filler	30	III.A.12	III.A.9	SS+12
13	Dowel Bar	30	III.A.13	III.A.10	SS+3
14	Pasangan Batu	23	III.A.14	III.A.9	FS
15	Plesteran	17	III.A.15	III.A.9	FS+5
16	Timbunan Tanah Kembali	8	III.A.16	III.A.14	FS
B Menara Pengambilan		III.B			
1	Pembersihan Area Kerja	1	III.B.1	III.A.1	SS
2	Pengupasan	1	III.B.2	III.B.1	FS
3	Galian Tanah	1	III.B.3	III.B.2	FS
4	Galian Batu	5	III.B.4	III.B.3	SS
5	Lantai Kerja Beton (K100)	1	III.B.5	III.A.7;III.B.3;III.B.4	SS;FS;FS
6	Beton K225	59	III.B.6	III.B.8	SS+29
7	Besi Tulangan Beton Ulir	59	III.B.7	III.B.9	SS
8	Bekisting Tipe Ekspose	59	III.B.8	III.B.7	SS+1
9	Perancah Struktur Bangunan Atas	2	III.B.9	III.B.5	FS+7
10	Water Stop	2	III.B.10	III.B.7	SS
11	Pipa Ventilasi	1	III.B.11	III.B.9	FS

Sumber: Hasil Perhitungan (2018)

4.3.7. Analisis Kebutuhan Sumber Daya

Perhitungan kebutuhan sumber daya adalah untuk mengetahui besarnya kebutuhan sumber daya dalam melakukan suatu kegiatan setiap harinya. Dalam perhitungan sumber daya dapat dianalisis dengan besarnya peningkatan penggunaan sumber daya selama pelaksanaan proyek. Jika terjadi peningkatan sumber daya yang berlebihan dapat diantisipasi dengan melakukan *levelling*, sehingga kebutuhan sumber daya selama pelaksanaan konstruksi *conduit* pengelak dan *cofferdam* pada Bendungan Gondang diharapkan tidak mengalami fluktuasi yang begitu tajam dari waktu ke waktu.

Dalam melakukan perhitungan analisis kebutuhan sumber daya dibutuhkan beberapa data sebagai berikut:

1. Data jenis dan volume pekerjaan
2. Data analisis harga satuan pekerjaan
3. Data durasi pekerjaan

Untuk memudahkan perhitungan, maka dibuat tabel analisis kebutuhan sumber daya (Tabel 4.8.) dengan keterangan kolom sebagai berikut:

1. Nomer kode untuk masing-masing pekerjaan
2. Deskripsi pekerjaan
3. Besarnya volume pekerjaan (perhitungan volume pekerjaan)

4. Durasi pekerjaan (hasil perhitungan estimasi durasi pekerjaan)
5. Sumber daya terpakai (hasil analisis harga satuan)
6. Koefisien sumber daya terpakai (hasil analisis harga satuan pekerjaan)
7. Jenis alat yang menunjang pekerjaan (hasil analisis harga satuan pekerjaan)
8. Produktifitas pekerja dan alat, contoh pekerjaan pembersihan area kerja pada *cofferdam* hulu untuk produktifitas pekerja.

Koefisien pekerja = 0,101 jam

Produktifitas pekerja = 1 / 0,101

= 9,921 m²/jam

9. Jumlah kebutuhan sumber daya manusia per hari, contoh pekerjaan lantai kerja pada konstruksi *conduit* pengelak.

- Pekerja = 160,890 / (2 x 8 x 0,143)
= 70,390 ≈ 71 orang
- Mandor = 160,890 / (2 x 8 x 2,857)
= 3,519 ≈ 4 orang
- Tukang = 160,890 / (2 x 8 x 1,035)
= 9,714 ≈ 10 orang
- Kepala tukang = 160,890 / (2 x 8 x 7,937)
= 1,267 ≈ 2 orang
- Sopir = 5 orang (menyesuaikan alat berat yang akan dikemudikan)
- Operator = 1 orang (menyesuaikan alat berat yang akan dioperasikan)

10. Jumlah kebutuhan material per hari, contoh pekerjaan lantai kerja pada konstruksi *conduit* pengelak.

- Batu pecah = (160,890 * 1027) / 2
= 82617,251 ≈ 82618 Kg
- Pasir cor = (160,890 * 760) / 2
= 71837,590 ≈ 71838 Kg
- Portal cement = (160,890 * 326) / 2
= 18502,403 ≈ 18503 Kg
- Air = (160,890 * 215) / 2
= 16089,046 ≈ 16090 Liter

11. Jumlah kebutuhan alat per hari, contoh pekerjaan lantai kerja pada konstruksi *conduit* pengelak.

- *Batching Plant* = $160,890 / (2 \times 8 \times 40,000)$
= $0,251 \approx 1$ buah
- *Concrete Pump* = $160,890 / (2 \times 8 \times 10,816)$
= $0,930 \approx 1$ buah
- *Water Tanker* = $160,890 / (2 \times 8 \times 43,185)$
= $0,233 \approx 1$ buah
- *Water Pump* = $160,890 / (2 \times 8 \times 36,520)$
= $0,275 \approx 1$ buah
- *Truck Mixers* = $160,890 / (2 \times 8 \times 4,027)$
= $2,497 \approx 3$ buah
- *Concrete Vibrator* = $160,890 / (2 \times 8 \times 14,940)$
= $0,673 \approx 1$ buah

Hasil perhitungan analisis kebutuhan sumber daya pelaksanaan konstruksi *conduit*

Tabel 4.8.
Analisis Kebutuhan Sumber Daya Pekerjaan Konstruksi *Conduit Pengelak* dan *Cofferdam* pada Bendungan Gondang

No.	Deskripsi Pekerjaan	Volume Pekerjaan	Durasi Hari	Sumber Daya Terpakai	Koefisien	Jenis Alat	Produktivitas Orang / Alat	Jumlah Kebutuhan/hari			
								SDM (Orang)	Material	Alat (bh)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
II.	Pekerjaan Cofferdam A. Cofferdam Hulu 1. Pembersihan Area Kerja	24938,290 m ²	15	Pekerja Mandor Sopir Operator Bulldozer with Ripper Wheel Loader Dump Truck Alat Bantu	0,101 0,017 0,014 0,005 0,003 0,003 0,014 1,000	Jam Jam Jam Jam Jam Jam Set	100 - 150 Hp with ripper 1 - 1,6 m ³ 12 m ³	9,921 59,524 69,373 188,448 367,866 386,379 69,373 1,000	m ² /jam m ² /set	21 4 3 2 1 1 3 208	
	2. Pengupasan	24938,290 m ³	30	Mandor Sopir Operator Bulldozer with Ripper Wheel Loader Dump Truck	0,017 0,028 0,013 0,005 0,008 0,028	Jam Jam Jam Jam Jam Jam	100 - 150 Hp with ripper 1 - 1,6 m ³ 12 m ³	59,524 35,123 75,743 203,973 120,484 35,123	m ³ /jam m ³ /jam m ³ /jam m ³ /jam m ³ /jam m ³ /jam	2 3 2 1 1 3	
	3. Galian Tanah	43762,243 m ³	157	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Excavator Dump Truck	0,100 0,010 0,057 0,025 0,025 0,025 0,057	Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam	80 - 140 Hp 12 m ³	10,000 100,000 17,466 39,926 39,926 39,926 17,466	m ³ /jam m ³ /jam m ³ /jam m ³ /jam m ³ /jam m ³ /jam m ³ /jam	4 1 2 1 1 1 2	
	4. Galian Batu	175048,972 m ³	242	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Excavator with Hydraulic Rock Breaker Dump Truck Alat Bantu	0,035 0,004 0,116 0,064 0,064 0,064 0,116 0,030	Jam Jam Jam Jam Jam Jam Set	80 - 140 Hp with HRB 12 m ³	28,571 285,714 8,634 15,647 15,647 15,647 8,634 33,333	m ³ /jam m ³ /set	4 1 11 6 6 6 11 3	
	5. Timbunan Random	266483,440 m ³	97	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Bulldozer Vibrator Roler Dump Truck Excavator Water Tanker	0,050 0,005 0,047 0,042 0,026 0,007 0,008 0,044 0,026 0,003	Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam	100 - 150 Hp 5 - 8 ton 12 m ³ 80 - 140 Hp 3000 ltr with pipa sprayer	20,000 200,000 21,281 24,082 37,756 139,459 127,094 22,673 37,756 346,577	m ³ /jam m ³ /jam	18 2 17 16 10 3 3 16 10 1	
	6. Timbunan Inti	70456,533 m ³	78	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Bulldozer Vibrator Roller Vibrator Roller with Sheep Foot Dump Truck Excavator Water Tanker	0,070 0,007 0,047 0,057 0,026 0,010 0,011 0,009 0,044 0,026 0,003	Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam	100 - 150 Hp 5 - 8 ton 5 - 8 ton with Sheep Foot 12 m ³ 80 - 140 hp 3000 ltr with pipa sprayer	14,286 142,857 21,281 17,538 37,756 95,677 87,150 116,200 22,673 37,756 346,577	m ³ /jam m ³ /jam	8 1 6 8 3 2 2 1 5 3 1	
	7. Timbunan Filter	32469,088 m ³	78	Pekerja	0,070	Jam		14,286	m ³ /jam	4	

Lanjutan Tabel 4.8.

Analisis Kebutuhan Sumber Daya Pekerjaan Konstruksi *Conduit Pengelak* dan *Cofferdam* pada Bendungan Gondang

No.	Deskripsi Pekerjaan	Volume Pekerjaan	Durasi Hari	Sumber Daya Terpakai	Koefisien	Jenis Alat	Produktivitas Orang / Alat	Jumlah Kebutuhan/hari			
								SDM (Orang)	Material	Alat (bh)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
				Mandor Sopir Operator Urugan Agregat Halus Bulldozer Vibrator Roller Dump Truck	0,007 0,044 0,022 1,200 0,010 0,011 0,044	Jam Jam Jam m ³ Jam Jam Jam		142,857 m ³ /jam 22,673 m ³ /jam 45,607 m ³ /jam 95,677 m ³ /jam 87,150 m ³ /jam 22,673 m ³ /jam	1 3 2	500 m ³	1 1 3
	8. Rip-rap	20939,180 m ³	63	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Batu dia 40 -100 cm Excavator (muat) Excavator (menyusun) Dump Truck Alat Bantu	1,123 0,112 0,116 0,096 0,096 1,200 0,048 0,048 0,116 0,150	Jam Jam Jam Jam Jam m ³ Jam Jam Jam Set	100 - 150 Hp 5 - 8 ton 12 m ³	0,891 m ³ /jam 8,906 m ³ /jam 8,634 m ³ /jam 10,400 m ³ /jam 10,400 m ³ /jam 20,800 m ³ /jam 20,800 m ³ /jam 8,634 m ³ /jam 6,667 m ³ /set	47	399 m ³	2 2 5 7
	B. Cofferdam Hilir 1. Pembersihan Area Kerja	13392,592 m ²	9	Pekerja Mandor Sopir Operator Bulldozer with Ripper Wheel Loader Dump Truck Alat Bantu	0,101 0,017 0,014 0,005 0,003 0,003 0,014 1,000	Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam Set	100 - 150 Hp with ripper 1 - 1,6 m ³ 12 m ³	9,921 m ² /jam 59,524 m ² /jam 69,373 m ² /jam 188,448 m ² /jam 367,866 m ² /jam 386,379 m ² /jam 69,373 m ² /jam 1,000 m ² /set	19		1 1 3 187
	2. Pengupasan	13392,592 m ³	16	Mandor Sopir Operator Bulldozer with Ripper Wheel Loader Dump Truck	0,017 0,028 0,013 0,005 0,008 0,028	Jam Jam Jam Jam Jam Jam	100 - 150 Hp with ripper 1 - 1,6 m ³ 12 m ³	59,524 m ³ /jam 35,123 m ³ /jam 75,743 m ³ /jam 203,973 m ³ /jam 120,484 m ³ /jam 35,123 m ³ /jam	2		1 1 3
	3. Galian Tanah	17039,425 m ³	61	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Excavator Dump Truck	0,100 0,010 0,057 0,025 0,025 0,025 0,057	Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam	80 - 140 Hp 12 m ³	10,000 m ³ /jam 100,000 m ³ /jam 17,466 m ³ /jam 39,926 m ³ /jam 39,926 m ³ /jam 39,926 m ³ /jam 17,466 m ³ /jam	4		1 2
	4. Galian Batu	68157,701 m ³	91	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Excavator with Hydraulic Rock Breaker Dump Truck Alat Bantu	0,035 0,004 0,116 0,064 0,064 0,064 0,116 0,030	Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam Set	80 - 140 Hp with HRB 12 m ³	28,571 m ³ /jam 285,714 m ³ /jam 8,634 m ³ /jam 15,647 m ³ /jam 15,647 m ³ /jam 15,647 m ³ /jam 8,634 m ³ /jam 33,333 m ³ /set	4 1 11 6 6 11 3		
	5. Timbunan Random	191575,272 m ³	70	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Bulldozer Vibrator Roler	0,050 0,005 0,047 0,042 0,026 0,007 0,008	Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam	100 - 150 Hp 5 - 8 ton	20,000 m ³ /jam 200,000 m ³ /jam 21,281 m ³ /jam 24,082 m ³ /jam 37,756 m ³ /jam 139,459 m ³ /jam 127,094 m ³ /jam	18 2 17 16 10 3 3		

Lanjutan Tabel 4.8.

Analisis Kebutuhan Sumber Daya Pekerjaan Konstruksi *Conduit Pengelak* dan *Cofferdam* pada Bendungan Gondang

No.	Deskripsi Pekerjaan	Volume Pekerjaan	Durasi Hari	Sumber Daya Terpakai	Koefisien	Jenis Alat	Produktivitas Orang / Alat	Jumlah Kebutuhan/hari		
								SDM (Orang)	Material	Alat (bh)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
				Dump Truck Excavator Water Tanker	0,044 Jam 0,026 Jam 0,003 Jam	12 m ³ 80 - 140 Hp 3000 ltr with pipa sprayer	22,673 m ³ /jam 37,756 m ³ /jam 346,577 m ³ /jam			16 10 1
	6. Timbunan Filter	32289,860 m ³	47	Pekerja Mandor Sopir Operator Urugan Agregat Halus Bulldozer Vibrator Roller Dump Truck	0,070 Jam 0,007 Jam 0,044 Jam 0,022 Jam 1,200 m ³ 0,010 Jam 0,011 Jam 0,044 Jam	100 - 150 Hp	14,286 m ³ /jam 142,857 m ³ /jam 22,673 m ³ /jam 45,607 m ³ /jam 95,677 m ³ /jam 87,150 m ³ /jam 22,673 m ³ /jam	7	825 m ³	1 1 4
	7. Rip-rap	11519,816 m ³	35	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Batu dia 40 -100 cm Excavator (muat) Excavator (menyusun) Dump Truck Alat Bantu	1,123 Jam 0,112 Jam 0,116 Jam 0,096 Jam 0,096 Jam 1,200 m ³ 0,048 Jam 0,048 Jam 0,116 Jam 0,150 Set	80 - 140 hp 80 - 140 hp 12 m ³	0,891 m ³ /jam 8,906 m ³ /jam 8,634 m ³ /jam 10,400 m ³ /jam 10,400 m ³ /jam 20,800 m ³ /jam 20,800 m ³ /jam 8,634 m ³ /jam 6,667 m ³ /set	47	395 m ³	2 2 5 7
III.	Pekerjaan Conduit Pengelak									
	A. Conduit Pengelak									
	1. Pembersihan Area Kerja	13280,030 m ²	8	Pekerja Mandor Sopir Operator Bulldozer with Ripper Wheel Loader Dump Truck Alat Bantu	0,101 Jam 0,017 Jam 0,014 Jam 0,005 Jam 0,003 Jam 0,003 Jam 0,014 Jam 1,000 Set	100 - 150 Hp with ripper	9,921 m ² /jam 59,524 m ² /jam 69,373 m ² /jam 188,448 m ² /jam 367,866 m ² /jam 386,379 m ² /jam 69,373 m ² /jam 1,000 m ² /set	21		
	2. Pengupasan	13280,030 m ²	16	Mandor Sopir Operator Bulldozer with Ripper Wheel Loader Dump Truck	0,017 Jam 0,028 Jam 0,013 Jam 0,005 Jam 0,008 Jam 0,028 Jam	100 - 150 Hp with ripper	59,524 m ² /jam 35,123 m ² /jam 75,743 m ² /jam 203,973 m ² /jam 120,484 m ² /jam 35,123 m ² /jam	2		1 1 3
	3. Galian Tanah	17565,743 m ³	55	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Excavator Dump Truck	0,100 Jam 0,010 Jam 0,057 Jam 0,025 Jam 0,025 Jam 0,025 Jam 0,057 Jam	80 - 140 Hp	10,000 m ³ /jam 100,000 m ³ /jam 17,466 m ³ /jam 39,926 m ³ /jam 39,926 m ³ /jam 39,926 m ³ /jam 17,466 m ³ /jam	4		1 3
	4. Galian Batu	99539,213 m ³	73	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Excavator with Hydraulic Rock Breaker Dump Truck Alat Bantu	0,035 Jam 0,004 Jam 0,116 Jam 0,064 Jam 0,064 Jam 0,064 Jam 0,116 Jam 0,030 Set	80 - 140 Hp with HRB	28,571 m ³ /jam 285,714 m ³ /jam 8,634 m ³ /jam 15,647 m ³ /jam 15,647 m ³ /jam 15,647 m ³ /jam 8,634 m ³ /jam 33,333 m ³ /set	6		11 20 6
	5. Beton Cyclope	4382,000 m ³	41	Pekerja Mandor	2,450 Jam 0,350 Jam		0,408 m ³ /jam 2,857 m ³ /jam	33		

Lanjutan Tabel 4.8.

Analisis Kebutuhan Sumber Daya Pekerjaan Konstruksi *Conduit Pengelak* dan *Cofferdam* pada Bendungan Gondang

No.	Deskripsi Pekerjaan	Volume Pekerjaan	Durasi Hari	Sumber Daya Terpakai	Koefisien	Jenis Alat	Produktivitas Orang / Alat	Jumlah Kebutuhan/hari			
								SDM (Orang)	Material	Alat (bh)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
				Tukang Batu Belah Adukan Beton Ready Mix K175 Alat Bantu Sopir Operator Batu Pecah Pasir Cor PC Air Bathcing Plant Concrete Pump Concrete Vibrator Water Tanker Water Pump Truck Mixers Alat Bantu	2,450 0,480 0,600 0,070 0,364 0,052 1029,000 760,000 326,000 215,000 0,025 0,092 0,067 0,023 0,027 0,248 1,250	Jam kg m ³ Set Jam Jam kg kg kg ltr Jam Jam Jam Jam Jam Jam Set		0,408 m ³ /jam 14,286 m ³ /set 2,748 m ³ /jam 19,090 m ³ /jam 40,000 m ³ /jam 10,816 m ³ /jam 14,940 m ³ /jam 43,185 m ³ /jam 36,520 m ³ /jam 4,027 m ³ /jam 0,800 m ³ /set	33	52 kg 65 m ³	1
	6. Shotcrete dengan Tulangan Wiremesh	1814,520 m ²	26	Kepala Tukang Mandor Nozzleman Shotmachine Operator Air Compressor Operator Tukang Beton Mekanik Sopir Pekerja Semen PC 50 kg Pasir Pasang / Cor (hitam) Batu Pecah Mesin (beton) Keselamatan Kerja Pressure Hose 1 1/4" Steel Bar Anchor 13 mm Mesh Clip Air Water Jet With Nozzle Pipa PVC 2" Wiremesh (2.1 x 54) m Solar Bensin Pelumas Concrete Mixer Water Tanker Alat Pekerjaan Shotcrete	0,049 0,098 0,196 0,098 0,098 0,098 0,049 0,098 0,980 17,930 49,400 66,885 0,003 0,006 0,300 4,000 0,000 0,200 1,000 7,000 0,200 0,048 0,112 0,224 0,112	Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam kg kg kg Set m ³ m bh Set m m m ltr ltr ltr Jam		2,551 m ² /jam 1,276 m ² /jam 0,638 m ² /jam 1,276 m ² /jam 1,276 m ² /jam 1,276 m ² /jam 2,551 m ² /jam 1,276 m ² /jam 0,128 m ² /jam	4	1252 kg 3448 kg 4668 kg 1 Set 1 m ³ 21 m 280 bh 1 Set 14 m 70 m 489 ltr 14 ltr 4 ltr	
	7. Lantai Kerja Beton (K100)	160,890 m ³	2	Pekerja Mandor Tukang Kepala Tukang Sopir Operator Batu Pecah Pasir Cor PC Air Bathcing Plant Concrete Pump Water Tanker	7,000 0,350 0,966 0,126 0,364 0,052 1027,000 893,000 230,000 200,000 0,025 0,092 0,023	Jam Jam Jam Jam Jam Jam kg kg kg ltr Jam Jam Jam	0,3 - 0,6 m ³ 3000 ltr	8,929 m ² /jam 4,464 m ² /jam 8,929 m ² /jam	71	82618 kg 71838 kg 18503 kg 16090 ltr	1
							Kapasitas 40 m ³ 25 bar 3000 ltr	40,000 m ³ /jam 10,816 m ³ /jam 43,185 m ³ /jam			1

Lanjutan Tabel 4.8.

Analisis Kebutuhan Sumber Daya Pekerjaan Konstruksi *Conduit Pengelak* dan *Cofferdam* pada Bendungan Gondang

No.	Deskripsi Pekerjaan	Volume Pekerjaan	Durasi Hari	Sumber Daya Terpakai	Koefisien	Jenis Alat	Produktivitas Orang / Alat	Jumlah Kebutuhan/hari		
								SDM (Orang)	Material	Alat (bh)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
				Water Pump Truck Mixers Concrete Vibrator Alat Bantu	0,027 Jam 0,248 Jam 0,067 Jam 1,250 Set	70 - 100 mm 5 m ³	36,520 m ³ /jam 4,027 m ³ /jam 14,940 m ³ /jam 0,800 m ³ /set			1 3 1 13
	8. Bekisting Tipe Ekspose	9316,820 m ²	124	Pekerja Mandor Tukang Paku 5 cm dan 7 cm Multipleks 12 mm Dolken 8 -10 cm Minyak Bekisting Alat Bantu	1,750 Jam 0,084 Jam 4,200 Jam 0,350 kg 0,350 lbr 0,028 m ³ 0,028 Set 0,500 Set		0,571 m ² /jam 11,905 m ² /jam 0,238 m ² /jam 2,000 m ² /set	17 1 40	27 kg 27 lbr 3 m ³ 3 Set	5
	9. Beton (K225)	4380,569 m ³	124	Pekerja Mandor Tukang Kepala Tukang Sopir Operator Batu Pecah Pasir Cor PC Air Bathcing Plant Concrete Pump Concrete Vibrator Water Tanker Water Pump Truck Mixers Alat Bantu	7,000 Jam 0,350 Jam 0,966 Jam 0,126 Jam 0,364 Jam 0,052 Jam 1047,000 kg 689,000 kg 371,000 kg 215,000 ltr 0,025 Jam 0,092 Jam 0,067 Jam 0,023 Jam 0,027 Jam 0,248 Jam 1,250 Set	Kapasitas 40 m ³ 25 bar 3000 ltr 70 - 100 mm 5 m ³	0,143 m ³ /jam 2,857 m ³ /jam 1,035 m ³ /jam 7,937 m ³ /jam 2,748 m ³ /jam 19,090 m ³ /jam 40,000 m ³ /jam 10,816 m ³ /jam 14,940 m ³ /jam 43,185 m ³ /jam 36,520 m ³ /jam 4,027 m ³ /jam 0,800 m ³ /set	31 2 5 1 4 1	36988 kg 24341 kg 13107 kg 7596 ltr	1 1 1 1 1 2 6
	10. Besi Tulangan Beton Ulir	307169,640 kg	124	Pekerja Mandor Tukang Kepala Tukang Besi Beton Ulir Kawat Beton Peralatan Tulangan	0,049 Jam 0,0028 Jam 0,049 Jam 0,0049 Jam 1,05 kg 0,015 kg 0,020 Jam		20,4082 kg/jam 357,143 kg/jam 20,408 kg/jam 204,082 kg/jam 50.000 kg/jam	16 1 16 2	2602 kg 38 kg	7
	11. Water Stop	249,900 m	30	Pekerja Tukang Mandor Water Stop B = 320 mm Alat Bantu	0,560 Jam 0,280 Jam 0,028 Jam 1,050 m 0,100 Set		1,786 m/jam 3,571 m/jam 35,714 m/jam 10,000 m/set	1 1 1	9 m	1
	12. Joint Filler	267,360 m	30	Pekerja Tukang Mandor Adukan Beton Ready Mix K175 Concrete Mixer Alat Bantu & APD terowongan	2,450 Jam 1,190 Jam 0,140 Jam 0,013 m ³ 0,080 Jam 1,000 Set	0,3 - 0,6 m ³	0,408 m/jam 0,840 m/jam 7,143 m/jam 12,450 m ³ /jam 1,000 m ³ /set	3 2 1	1 kg	1 2
	13. Dowel Bar	204,000 bh	30	Pekerja Mandor Tukang Besi Beton Ulir dia. 22 mm ; L = 1,5 m Pipa PVC dia. 1" lokal (L = 6 m) Peralatan Tulangan	0,124 Jam 0,031 Jam 0,248 Jam 4,921 kg 0,300 m 0,020 Jam		8,065 bh/jam 32,258 bh/jam 4,032 bh/jam 50.000 bh/jam	1 1 1	34 kg 3 m	1
	14. Pasangan Batu	2258,724 m ³	23	Pekerja	8,220 Jam		0,122 m ³ /jam	101		

Lanjutan Tabel 4.8.

Analisis Kebutuhan Sumber Daya Pekerjaan Konstruksi *Conduit Pengelak* dan *Cofferdam* pada Bendungan Gondang

No.	Deskripsi Pekerjaan	Volume Pekerjaan	Durasi Hari	Sumber Daya Terpakai	Koefisien	Jenis Alat	Produktivitas Orang / Alat	Jumlah Kebutuhan/hari		
								SDM (Orang)	Material	Alat (bh)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
				Tukang Mandor Semen Portland Batu Belah Pasir Pasang Concrete Mixer Alat Bantu	2,740 Jam 1,074 Jam 163,000 kg 1,200 m ³ 0,520 m ³ 0,080 Jam 0,135 Set	0,3 - 0,6 m ³	0,365 m ³ /jam 0,931 m ³ /jam 12,450 m ³ /jam 7,407 m ³ /set	34 14	16008 kg 118 m ³ 52 m ³	1 2
	15. Plesteran	590,450 m ³	17	Pekerja Tukang Mandor Semen Portland Pasir Pasang Alat Bantu	2,100 Jam 1,050 Jam 0,210 Jam 5,840 kg 0,016 m ³ 0,100 Set		0,476 m ³ /jam 0,952 m ³ /jam 4,762 m ³ /jam 10,000 m ³ /set	10 5 1	203 kg 1 m ³	1
	16. Timbunan Tanah Kembali	1398,950 m ³	8	Pekerja Mandor Hand Stamper Alat Bantu	1,313 Jam 0,088 Jam 0,042 Jam 0,040 Set		0,762 m ³ /jam 11,364 m ³ /jam 23,810 m ³ /jam 25,000 m ³ /set	29 2		1 1
	B. Menara Pengambilan									
	1. Pembersihan Area Kerja	310,000 m ²	1	Pekerja Mandor Sopir Operator Bulldozer with Ripper Wheel Loader Dump Truck Alat Bantu	0,101 Jam 0,017 Jam 0,014 Jam 0,005 Jam 0,003 Jam 0,003 Jam 0,014 Jam 1,000 Set	100 - 150 Hp with ripper 1 - 1,6 m ³ 12 m ³	9,921 m ² /jam 59,524 m ² /jam 69,373 m ² /jam 188,448 m ² /jam 367,866 m ² /jam 386,379 m ² /jam 69,373 m ² /jam 1,000 m ² /set	4		1 1 1 1 39
	2. Pengupasan	310,000 m ²	1	Mandor Sopir Operator Bulldozer with Ripper Wheel Loader Dump Truck	0,017 Jam 0,028 Jam 0,013 Jam 0,005 Jam 0,008 Jam 0,028 Jam	100 - 150 Hp with ripper 1 - 1,6 m ³ 12 m ³	59,524 m ² /jam 35,123 m ² /jam 75,743 m ² /jam 203,973 m ² /jam 120,484 m ² /jam 35,123 m ² /jam	1 2 2		1 1 2
	3. Galian Tanah	148,704 m ³	1	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Excavator Dump Truck	0,100 Jam 0,010 Jam 0,057 Jam 0,025 Jam 0,025 Jam 0,025 Jam 0,057 Jam	80 - 140 Hp 12 m ³	10,000 m ³ /jam 100,000 m ³ /jam 17,466 m ³ /jam 39,926 m ³ /jam 39,926 m ³ /jam 39,926 m ³ /jam 17,466 m ³ /jam	2 1 2 1 1		1 2
	4. Galian Batu	594,816 m ³	5	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Excavator with Hydraulic Rock Breaker Dump Truck Alat Bantu	0,035 Jam 0,004 Jam 0,116 Jam 0,064 Jam 0,064 Jam 0,064 Jam 0,116 Jam 0,030 Set	80 - 140 Hp with HRB 12 m ³	28,571 m ³ /jam 285,714 m ³ /jam 8,634 m ³ /jam 15,647 m ³ /jam 15,647 m ³ /jam 15,647 m ³ /jam 8,634 m ³ /jam 33,333 m ³ /set	1 1 2 1 1		1 2 1
	5. Lantai Kerja Beton (K100)	18,000 m ³	1	Pekerja Mandor Tukang Kepala Tukang Sopir Operator Batu Pecah	7,000 Jam 0,350 Jam 0,966 Jam 0,126 Jam 0,364 Jam 0,052 Jam 1027,000 kg		0,143 m ³ /jam 2,857 m ³ /jam 1,035 m ³ /jam 7,937 m ³ /jam 2,748 m ³ /jam 19,090 m ³ /jam	16 1 3 1 3 1	18486 kg	

Lanjutan Tabel 4.8.

Analisis Kebutuhan Sumber Daya Pekerjaan Konstruksi *Conduit Pengelak* dan *Cofferdam* pada Bendungan Gondang

No.	Deskripsi Pekerjaan	Volume Pekerjaan	Durasi Hari	Sumber Daya Terpakai	Koefisien	Jenis Alat	Produktivitas Orang / Alat	Jumlah Kebutuhan/hari		
								SDM (Orang)	Material	Alat (bh)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
				Pasir Cor PC Air Bathcing Plant Concrete Pump Water Tanker Water Pump Truck Mixers Concrete Vibrator Alat Bantu	893,000 kg 230,000 kg 200,000 ltr 0,025 Jam 0,092 Jam 0,023 Jam 0,027 Jam 0,248 Jam 0,067 Jam 1,250 Set	Kapasitas 40 m ³ 25 bar 3000 ltr 70 - 100 mm 5 m ³	40,000 m ³ /jam 10,816 m ³ /jam 43,185 m ³ /jam 36,520 m ³ /jam 4,027 m ³ /jam 14,940 m ³ /jam 0,800 m ³ /set		16074 kg 4140 kg 3600 ltr	1 1 1 1 1 1 3
	6. Beton K225	3682,434 m ³	59	Pekerja Mandor Tukang Kepala Tukang Sopir Operator Batu Pecah Pasir Cor PC Air Bathcing Plant Concrete Pump Concrete Vibrator Water Tanker Water Pump Truck Mixers Alat Bantu	7,000 Jam 0,350 Jam 0,966 Jam 0,126 Jam 0,364 Jam 0,052 Jam 1047,000 kg 689,000 kg 371,000 kg 215,000 ltr 0,025 Jam 0,092 Jam 0,067 Jam 0,023 Jam 0,027 Jam 0,248 Jam 1,250 Set	Kapasitas 40 m ³ 25 bar 3000 ltr 70 - 100 mm 5 m ³	0,143 m ³ /jam 2,857 m ³ /jam 1,035 m ³ /jam 7,937 m ³ /jam 2,748 m ³ /jam 19,090 m ³ /jam	55		
	7. Besi Tulangan Beton Ulir	395441,177 kg	59	Pekerja Mandor Tukang Besi Beton Ulir Kawat Beton Peralatan Tulangan	0,049 Jam 0,0028 Jam 0,049 Jam 1,050 kg 0,015 kg 0,020 Jam		20,408 kg/jam 357,143 kg/jam 20,408 kg/jam 50,000 kg/jam	42		
	8. Bekisting Tipe Ekspose	2176,2664 m ²	59	Pekerja Mandor Tukang Paku 5 cm dan 7 cm Multipleks 12 mm Dolken 8 -10 cm Minyak Bekisting Alat Bantu	1,750 Jam 0,084 Jam 4,200 Jam 0,350 kg 0,350 lbr 0,028 m ³ 0,028 Set 0,500 Set		0,571 m ² /jam 11,905 m ² /jam 0,238 m ² /jam 2,000 m ³ /set	9 1 20 13 kg 13 lbr 2 m ³ 2 Set		
	9. Perancah Struktur Bangunan Atas	19,600 m ³	2	Pekerja Mandor Tukang Kayu Kepala Tukang Paku 5 cm dan 7 cm Kayu Kelas IV Ukuran 5/7 - 4 meter Alat Bantu	1,750 Jam 0,084 Jam 4,200 Jam 0,420 Jam 0,350 kg 0,100 m ³ 0,500 Set		0,571 m ³ /set 11,905 m ³ /jam 0,238 m ³ /jam 2,381 m ³ /jam 2,000 m ³ /set	3 1 6 1 4 kg 1 m ³		
	10. Water Stop	35,000 m	2	Pekerja Tukang Mandor Water Stop B = 320 mm Alat Bantu	0,560 Jam 0,280 Jam 0,028 Jam 1,050 m 0,100 Set		1,786 m/jam 3,571 m/jam 35,714 m/jam 1,250 m/set	2 1 1 19 m		
	11. Pipa Ventilasi	21,000 m	1	Pekerja	0,438 Jam		0,286 m/jam	10		

Lanjutan Tabel 4.8.

Analisis Kebutuhan Sumber Daya Pekerjaan Konstruksi *Conduit Pengelak* dan *Cofferdam* pada Bendungan Gondang

No.	Deskripsi Pekerjaan	Volume Pekerjaan	Durasi Hari	Sumber Daya Terpakai	Koefisien	Jenis Alat	Produktivitas Orang / Alat	Jumlah Kebutuhan/hari		
								SDM (Orang)	Material	Alat (bh)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Sumber: Hasil Perhitungan (2018)

4.4. Penjadwalan Proyek dengan Program *Microsoft Project Manager 2016*

4.4.1. Penyusunan Jaringan Kerja (*Network Planning*)

Penyusunan jaringan kerja (*Network planning*) berfungsi untuk menunjukan adanya keterkaitan antar pekerjaan yang akan di analisis dan organisir.

Dalam penyusunan jaringan kerja memerlukan data sebagai berikut:

- Jenis pekerjaan;
- Estimasi durasi pekerjaan;
- Hubungan ketergantungan antar pekerjaan; dan
- Kebutuhan sumber daya.

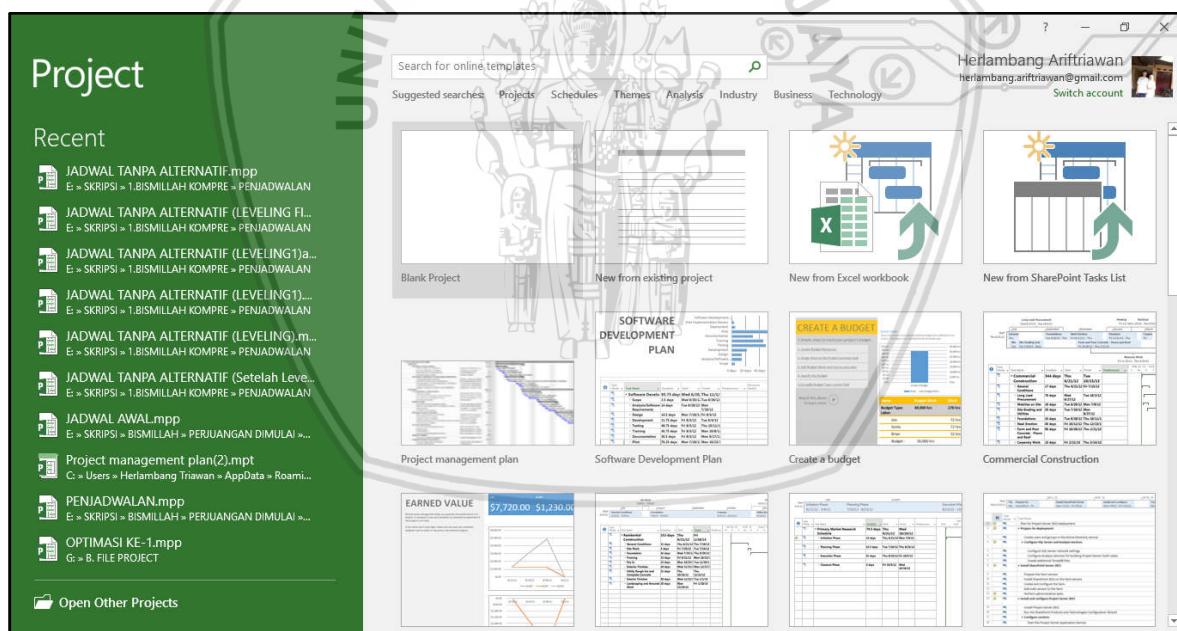
Langkah-langkah untuk menyusun rencana jaringan kerja pada *Microsoft Project Manager 2016* adalah sebagai berikut:

1. Membuka program *Microsoft Project Manager 2016*

Pilih menu **Start > All Program > Microsoft Office > Project 2016**.

2. Membuat lembar kerja baru

Setelah tampilan *Microsoft Project Manager 2016* muncul maka klik **Blank Project**.



Gambar 4.7. Membuat Lembar Kerja Baru

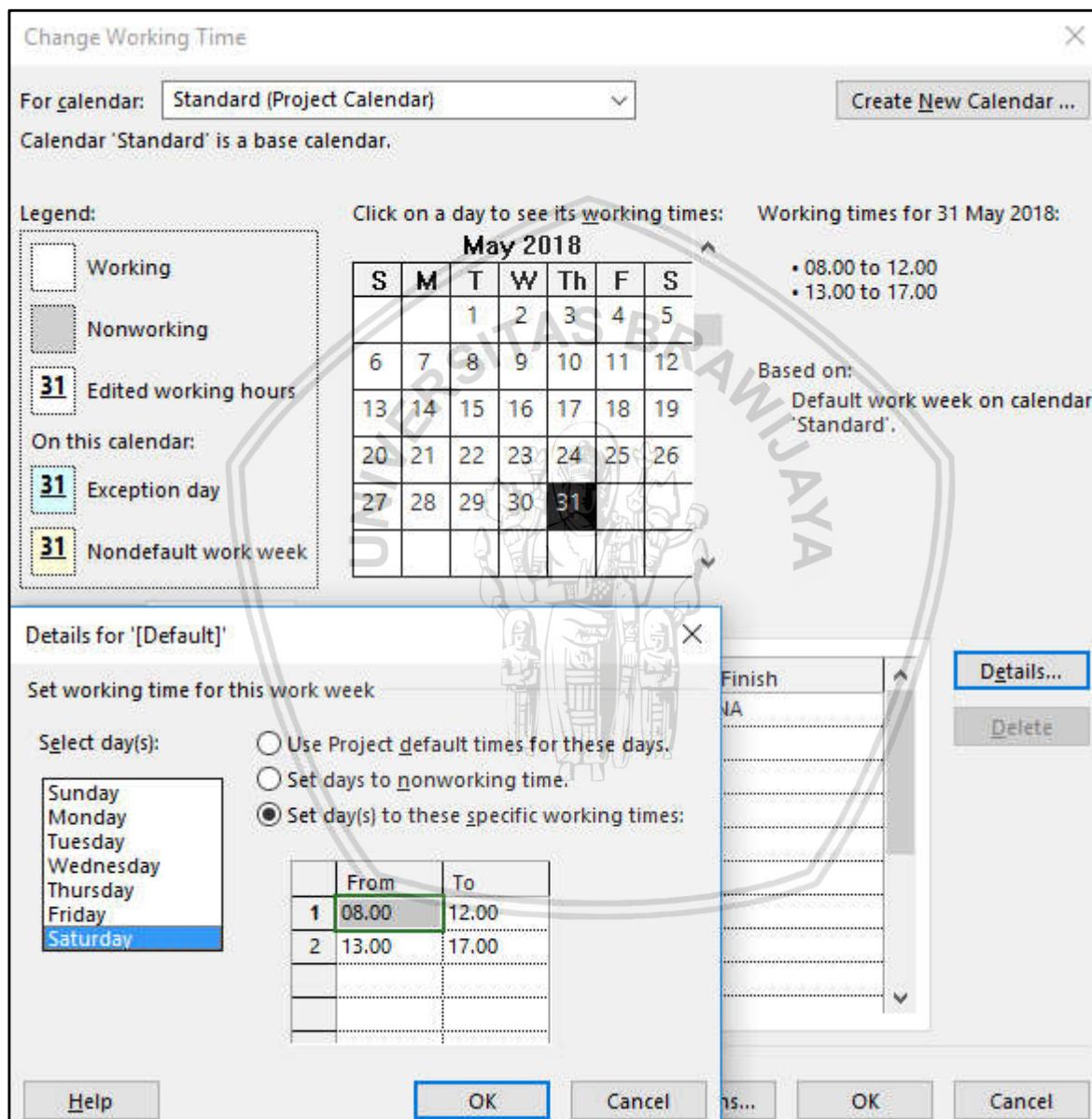
3. Menentukan kalender kerja

Pada *Microsoft Project Manager 2016* secara *default* jumlah hari kerja dalam seminggu adalah 5 hari dengan jumlah jam kerja perhari 8 jam. Pada proyek ini hari kerja dalam seminggu adalah 7 hari, dimana jam kerja untuk perharinya adalah 8 jam. Untuk menyesuaikan dengan hari kerja dan jam kerja yang direncanakan pada proyek maka dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- a. Pilih menu **Project > Change Working Time**;



- b. Pilih tab **Work Weeks > Details**;
- c. Pada select day(s), pilih **Saturday > Set day(s) these specific working times**;
- d. Mengisi jam kerja pada kolom **Form**: 08.00 **To**: 12.00 dan **From**: 13.00 **To**: 17.00 (pada jam 12.00 – 13.00 merupakan jam istirahat);
- e. Untuk hari minggu, dilakukan perubahan yang sama seperti hari sabtu; dan
- f. Klik tombol **OK**.



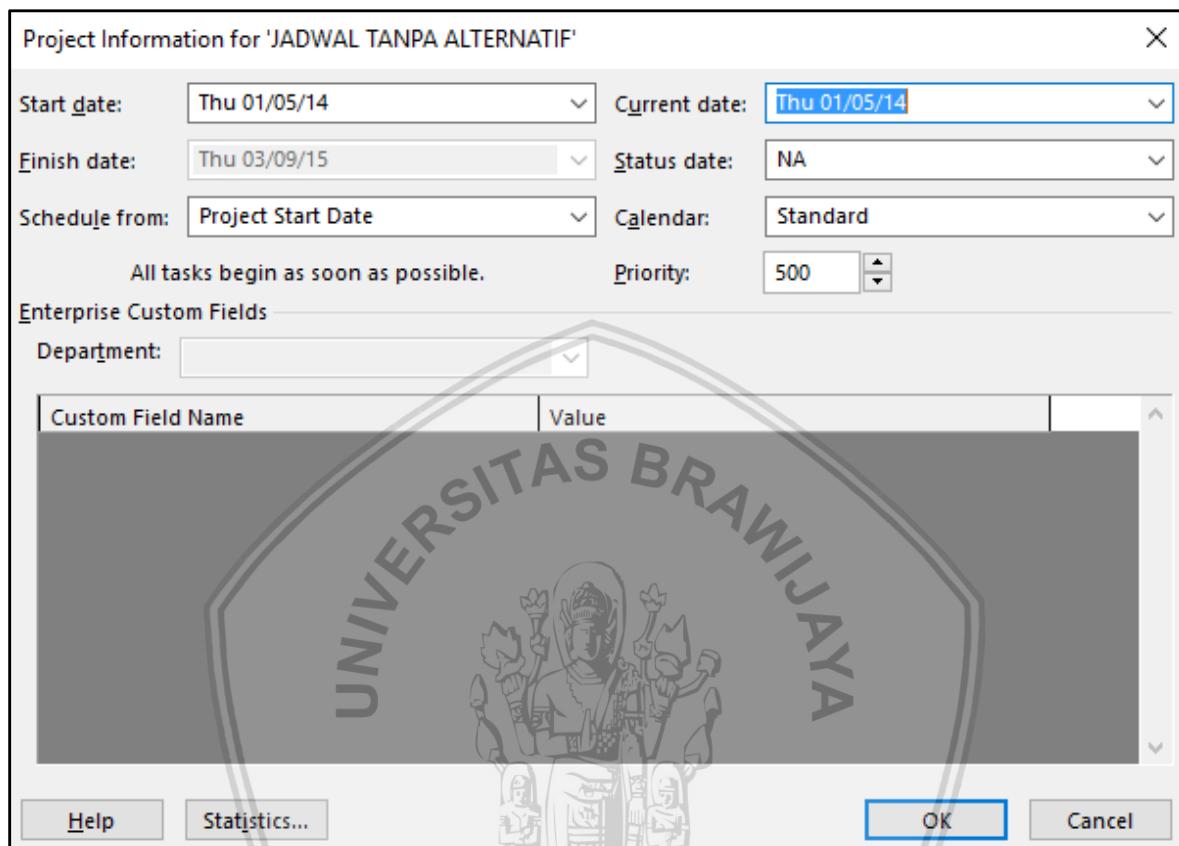
Gambar 4.8. Penyusunan Kalender Kerja Proyek

4. Menentukan tanggal dimulainya proyek

Pada *Microsoft Project Manager 2016* secara *default* tanggal dimulainya proyek sama dengan tanggal disaat membuka program tersebut. Sehingga perlu dilakukan perubahan tanggal dimulainya proyek sesuai dengan yang akan direncanakan sebagai berikut:

- a. Pilih menu **Project > Project Information**;

- b. Mengisi tanggal dimulainya proyek pada kotak dialog ***Start Date*** dan ***Current Date*** (pada proyek ini tanggal dimulainya proyek pada tanggal 1 mei 2014);
- c. Pilih ***Project Start Date*** pada kotak dialog ***Schedule Form***; dan
- d. Klik tombol ***OK***.



Gambar 4.9. Menentukan Tanggal Dimulainya Proyek

5. Menentukan setiap kegiatan pada proyek, dengan cara mengisi setiap pekerjaan pada kolom ***Task Name***.
6. Mengelompokan pekerjaan

Pengelompokan pekerjaan sangatlah penting pada sebuah proyek. Pekerjaan dikelompokan dalam kelompok pekerjaan utama atau biasanya disebut *summary*. Kemudian pekerjaan utama tersebut di *breakdown* lagi menjadi beberapa pekerjaan atau biasa disebut *sub-task*. Demikian pula dengan *sub-task*, ada beberapa *level sub-task* tergantung dari kompleksitas jenis pekerjaan dalam proyek. Dalam proyek ini pengelompokan dibagi menjadi 3 *summary* yang terdiri dari pekerjaan persiapan&jalan kerja, pekerjaan *cofferdam*, dan pekerjaan *conduit* pengelak.

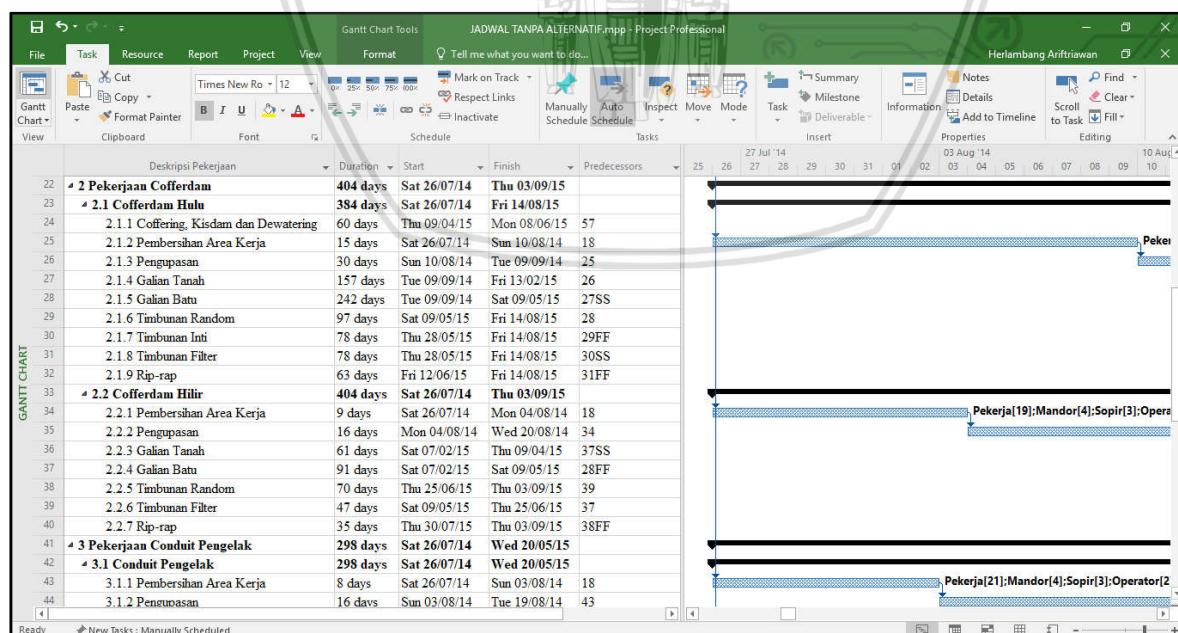
Untuk membuat pengelompokan pekerjaan pada proyek ini, lakukan urutan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Blok jenis pekerjaan yang akan dijadikan *sub-task*;

- b. Pilih menu **Task > Indent Task**;
- c. Pilih menu **Task > Outdent Task** (Jika ingin mengembalikan *sub-task* menjadi *summary*); dan
- d. Pilih menu **Format > ceklis Outline Number** (hal ini dilakukan untuk mempermudah dalam pengelompokan)
7. Menentukan durasi setiap kegiatan, dengan cara mengisi durasi setiap pekerjaan pada kolom **Duration**.
8. Menentukan hubungan antar kegiatan

Untuk menentukan hubungan antar pekerjaan satu dengan yang lainnya dapat dilakukan dengan memasukan jenis hubungan pada kolom **Predecessor** sebagai berikut:

- Pekerjaan Pengupasan (baris 26) dapat dilakukan setelah pekerjaan Pembersihan Area Kerja (baris 25), (*Start to Finish*). Sehingga pada kolom **Predecessor** pekerjaan Pengupasan di isi 25FS.
- Pekerjaan Galian Batu (baris 28) dimulai bersamaan dengan pekerjaan Galian Tanah (baris 27), (*Start to Start*). Sehingga pada kolom **Predecessor** pekerjaan Galian Batu di isi 27SS.
- Pekerjaan Timbunan Inti (baris 30) harus selesai bersamaan dengan pekerjaan Timbunan Random (baris 29), (*Finish to Finish*). Sehingga pada kolom **Predecessor** pekerjaan Timbunan Inti di isi 29FF.



Gambar 4.10. Penyusunan Jaringan Kerja

9. Memasukan semua sumber daya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek

Pilih menu **View > Resource Sheet**

- a. **Resource Name**, bagian ini digunakan untuk mengisi nama sumber daya baik manusia, material atau alat;
- b. **Type**, bagian ini digunakan untuk mengisi satuan *resource* yang bertipe material;
- c. **Max Units**, bagian ini berfungsi untuk menentukan jumlah *resource* yang akan digunakan selama proyek berlangsung;
- d. **Std Rate**, bagian ini digunakan untuk mengisi harga satuan untuk masing-masing *resource*;
- e. **Cost/Use**, bagian ini dikhkususkan untuk *resource* dengan pekerjaan borongan; dan
- f. **Accrue At**, bagian ini menunjukkan pilihan cara pembayaran.
 - Start: pembayaran dilakukan di awal.
 - End: pembayaran dilakukan di akhir.
 - Prorate: pembayaran berdasarkan persentase penyelesaian pekerjaan.

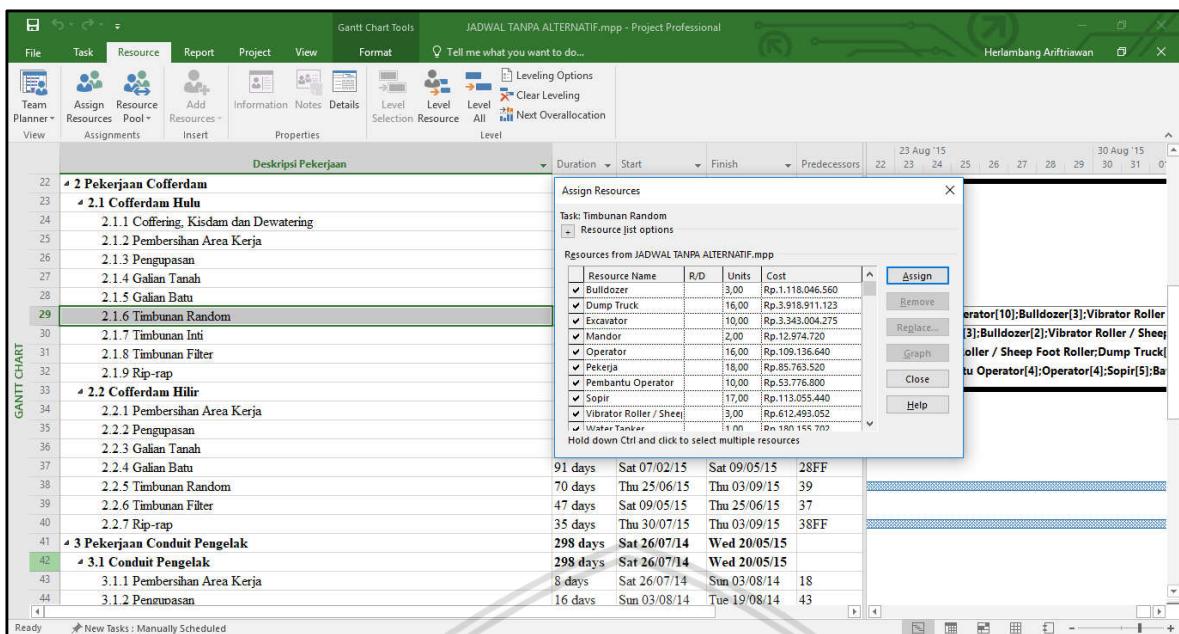
The screenshot shows a Microsoft Project Professional window with the following resource details:

Resource Name	Type	Material Label	Max. Units	Std. Rate	Ovt. Rate	Cost/Use	Accrue At	Base
Mobilisasi & Demobilisasi	Work		1	Rp.0/hour	Rp.0/hour	Rp.565.400.000	Prorated	Standar
Pembuatan dan Pemeliharaan Jalan Kerja	Work		1	Rp.0/hour	Rp.0/hour	Rp.1.231.764.000	Prorated	Standar
Penyediaan Air Bersih	Work		1	Rp.0/hour	Rp.0/hour	Rp.76.658.560	Prorated	Standar
Penyediaan Sarana Listrik	Work		1	Rp.0/hour	Rp.0/hour	Rp.701.146.400	Prorated	Standar
Penyediaan Sarana Telekomunikasi	Work		1	Rp.0/hour	Rp.0/hour	Rp.157.872.000	Prorated	Standar
Pekerja	Work		1.000	Rp.6.140/hour	Rp.0/hour	Rp.0 End	Standar	
Mandor	Work		1.000	Rp.8.360/hour	Rp.0/hour	Rp.0 End	Standar	
Sopir	Work		1.000	Rp.8.570/hour	Rp.0/hour	Rp.0 End	Standar	
Operator	Work		1.000	Rp.8.790/hour	Rp.0/hour	Rp.0 End	Standar	
Pembantu Operator	Work		1.000	Rp.6.930/hour	Rp.0/hour	Rp.0 End	Standar	
Pasir Filter	Material	m3		Rp.145.000		Rp.0 Start		
Batu Rip-rap	Material	m3		Rp.165.000		Rp.0 Start		
Batu Pecah	Material	Kg		Rp.236		Rp.0 Start		
Pasir Beton	Material	Kg		Rp.196		Rp.0 Start		
Portland Cemen	Material	Kg		Rp.1.400		Rp.0 Start		
Excavator	Work		22	Rp.430.800/hour	Rp.0/hour	Rp.0 End	Standar	
Excavator with Hydraulic Rock Breaker	Work		22	Rp.480.235/hour	Rp.0/hour	Rp.0 End	Standar	
Wheel Loader	Work		3	Rp.354.219/hour	Rp.0/hour	Rp.0 End	Standar	
Dump Truck	Work		40	Rp.315.634/hour	Rp.0/hour	Rp.0 End	Standar	
Bulldozer	Work		6	Rp.480.261/hour	Rp.0/hour	Rp.0 End	Standar	
Alat Bantu Galian Batu	Work		1.000	Rp.10.000/hour	Rp.0/hour	Rp.0 Start	Standar	
Alat Bantu Rip-rap	Work		1.000	Rp.10.000/hour	Rp.0/hour	Rp.0 Start	Standar	
Alat Bantu Beton Cyclope	Work		1.000	Rp.10.000/hour	Rp.0/hour	Rp.0 Start	Standar	
Alat Bantu Dredge	Work		1.000	Rp.1.000.000/hour	Rp.0/hour	Rp.0 Start	Standar	

Gambar 4.11. Sumber Daya Yang Dibutuhkan Selama Proyek

10. Menentukan jenis sumber daya yang dibutuhkan untuk masing-masing pekerjaan
 - a. Pilih jenis pekerjaan yang ada di kolom **Task Name**;
 - b. Pilih menu **Resource > Assign Resources**;
 - c. Pilih sumber daya yang dibutuhkan pada kolom **Resource Name**;
 - d. Masukan jumlah kebutuhan sumber daya pada kolom **Units**; dan
 - e. Klik tombol **Assign**.





Gambar 4.12. Menugaskan Resource Ke Task Name

4.4.2. Optimasi Jadwal Proyek

Optimasi jadwal proyek dilakukan untuk mengevaluasi kebutuhan sumber daya dan waktu pekerjaan yang dibutuhkan jaringan kerja yang telah dibuat. Sehingga dalam penggunaan sumber daya dan waktu kerja dapat optimal. Dalam studi ini optimasi dilakukan terhadap penggunaan sumber daya manusia dan alat berat, sehingga jumlah yang akan digunakan harus seefisien mungkin dan tidak mengalami fluktuasi yang tinggi dari waktu ke waktu.

Proses optimasi dalam *Microsoft Project Manager 2016* dapat dilakukan dengan cara *resources levelling*, dimana *resources levelling* ini berfungsi untuk mengatur jumlah kebutuhan sumber daya agar tidak mengalami *overlocated*. *Resources levelling* dapat dilakukan dengan memilih menu **Tools > level resources**, kemudian kita dapat menentukan perataan sumber daya yang terbaik.

Dalam mengoptimasi jadwal proyek harus dilakukan dengan dua tahap, yaitu dengan cara *automatically* dan manual. Cara *automatically* adalah dengan *Resources Levelling*, sedangkan cara manual adalah dengan merubah durasi pekerjaan dan hubungan ketergantungan pekerjaan. Berikut ini adalah grafik dari penggunaan sumber daya sebelum dan setelah dilakukan optimasi.



Tabel 4.9.
Estimasi Durasi Pekerjaan dan Hubungan Ketergantungan Pekerjaan Setelah Optimasi

No.	Uraian Pekerjaan	Durasi	Kode	Pekerjaan Pendahulu	Jenis Hubungan
		(Hari)	Pekerjaan	(Predecessor)	
I	Pekerjaan Persiapan dan Jalan Kerja		I		
1	Mobilisasi & Demobilisasi	30	I.1	-	-
2	Pembuatan dan Pemeliharaan Jalan Kerja	90	I.2	I.1	SS
3	Penyediaan Air Bersih	602	I.3	-	-
4	Penyediaan Sarana Listrik	602	I.4	-	-
5	Penyediaan Sarana Telekomunikasi	602	I.5	-	-
6	Pembuatan Kantor dan Mess Lapangan	90	I.6	I.2	SS
7	Pembuatan Gedung Laboratorium	30	I.7	I.2	SS
8	Pembuatan Gudang Material	30	I.8	I.2	SS
9	Pengadaan Alat-alat Laboratorium	3	I.9	I.7	FS
10	Quality Control	516	I.10	I.17	FS
11	Dokumentasi Kemajuan Pekerjaan	602	I.11	-	-
12	Laporan Pelaksanaan Pekerjaan	602	I.12	-	-
13	Survey Pengukuran	602	I.13	-	-
14	Pengamanan dan Pelaksanaan K3	602	I.14	-	-
15	Pencegahan HIV AIDS	602	I.15	-	-
16	Monitoring Lingungan	602	I.16	-	-
17	Penyelidikan GeoTek dan MekTan	43	I.17	I.9	FS
18	Pemasangan Pipa HDPE dia.3	20	I.18	I.19	FS
19	Galian tanah pada Perpipaan	20	I.19	I.1	SS+15
20	Timbunan tanah kembali Perpipaan	20	I.20	I.18	FS
II	Pekerjaan Cofferdam		II		
A	Cofferdam Hulu		II.A		
1	Coffering, Kisdam dan Dewatering	60	II.A.1	III.A.15	FS
2	Pembersihan Area Kerja	22	II.A.2	III.A.2	FS
3	Pengupasan	20	II.A.3	II.A.2	FF
4	Galian Tanah	255	II.A.4	II.A.3	FS
5	Galian Batu	289	II.A.5	II.A.4	SS
6	Timbunan Random	187	II.A.6	II.A.1 ; II.A.4 ; II.A.5	SS+16 ; FS ;FS
7	Timbunan Inti	187	II.A.7	II.A.6	SS
8	Timbunan Filter	187	II.A.8	II.A.7	SS
9	Rip-rap	140	II.A.9	II.A.8	FF
B	Cofferdam Hilir		II.B		
1	Pembersihan Area Kerja	22	II.B.1	III.A.2	FS
2	Pengupasan	20	II.B.2	II.B.1	FF
3	Galian Tanah	110	II.B.3	II.B.2	FS
4	Galian Batu	112	II.B.4	II.A.3	SS
5	Timbunan Random	227	II.B.5	II.A.1 ; II.B.3 ; II.B.4	SS+16 ; FS ;FS
6	Timbunan Filter	227	II.B.6	II.B.5	SS
7	Rip-rap	170	II.B.7	II.B.6	FF
III	Pekerjaan Conduit Pengelak		III		
A	Conduit Pengelak		III.A		
1	Pembersihan Area Kerja	8	III.A.1	I.17	SS+13
2	Pengupasan	6	III.A.2	III.A.1	FF
3	Galian Tanah	122	III.A.3	III.A.2	FS
4	Galian Batu	161	III.A.4	III.A.3	SS
5	Beton Cyclope	28	III.A.5	III.A.15	FS
6	Shotcrete dengan Tulangan Wiremesh	40	III.A.6	III.A.16	FS
7	Lantai Kerja Beton (K100)	7	III.A.7	III.A.3 ; III.A.4	FS ; FS
8	Bekisting Tipe Ekspose	124	III.A.8	III.A.10	SS+1

Lanjutan Tabel 4.9.

Estimasi Durasi Pekerjaan dan Hubungan Ketergantungan Pekerjaan Setelah Dioptimasi

No.	Uraian Pekerjaan	Durasi	Kode Pekerjaan	Pekerjaan Pendahulu	Jenis Hubungan
		(Hari)		(Predecessor)	
9	Beton (K225)	124	III.A.9	III.A.8	SS+4
10	Besi Tulangan Beton Ulir	124	III.A.10	III.A.7	FS
11	Water Stop	30	III.A.11	III.A.10	SS+3
12	Joint Filler	30	III.A.12	III.A.9	SS+12
13	Dowel Bar	30	III.A.13	III.A.10	SS+3
14	Pasangan Batu	132	III.A.14	III.A.4	FS
15	Plesteran	78	III.A.15	III.A.12	FF
16	Timbunan Tanah Kembali	10	III.A.16	III.A.6	FS
B	Menara Pengambilan		III.B		
1	Pembersihan Area Kerja	1	III.B.1	III.A.1	SS
2	Pengupasan	1	III.B.2	III.A.2	SS
3	Galian Tanah	1	III.B.3	III.A.3	SS
4	Galian Batu	1	III.B.4	III.A.4	SS
5	Lantai Kerja Beton (K100)	1	III.B.5	III.A.5	SS
6	Beton K225	95	III.B.6	III.A.9	SS
7	Besi Tulangan Beton Ulir	98	III.B.7	III.B.9	SS
8	Bekisting Tipe Ekspose	98	III.B.8	III.B.7	SS+1
9	Perancah Struktur Bangunan Atas	2	III.B.9	III.B.5	FS+9
10	Water Stop	2	III.B.10	III.B.7	SS
11	Pipa Ventilasi	4	III.B.11	III.B.7	SS

Sumber: Hasil Perhitungan (2018)

Tabel 4.10.

Rencana Anggaran Biaya Pelaksanaan Konstruksi *Conduit Pengelak dan Cofferdam* pada Bendungan Gondang

No.	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
I. Pekerjaan Persiapan dan Jalan Kerja					
1.	Mobilisasi & Demobilisasi	Ls	0,500	393.800.000,00	196.900.000,00
2.	Pembuatan dan Pemeliharaan Jalan Kerja	Ls	1,000	1.231.764.000,00	1.231.764.000,00
3.	Penyediaan Air Bersih	Ls	0,412	76.658.560,00	31.608.529,53
4.	Penyediaan Sarana Listrik	Ls	0,412	701.146.400,00	289.102.830,68
5.	Penyediaan Sarana Telekomunikasi	Ls	0,412	157.872.000,00	65.095.167,12
6.	Pembuatan Kantor Direksi, Konsultan, Kontraktor dan Mess Lapangan	Ls	1,000	1.463.935.000,00	1.463.935.000,00
7.	Pembuatan Gedung Laboratorium	Ls	1,000	124.300.000,00	124.300.000,00
8.	Pembuatan Gudang Material	Ls	1,000	152.900.000,00	152.900.000,00
9.	Pengadaan Alat-alat Laboratorium untuk Kontrol Kualitas.	Ls	1,000	323.730.000,00	323.730.000,00
10.	Quality Control	Ls	0,353	512.344.523,00	181.075.187,58
11.	Dokumentasi Foto dan Film Kemajuan Pekerjaan	Ls	0,412	253.044.000,00	104.337.320,55
12.	Pembuatan Laporan Pelaksanaan Pekerjaan	Ls	0,412	262.284.000,00	108.147.238,36
13.	Survey Pengukuran, Gambar Kerja dan Gambar Purna Laksana "as built Drawing"	Ls	0,412	736.824.000,00	303.813.731,51
14.	Pengamanan dan Pelaksanaan K3	Ls	0,412	882.860.000,00	364.028.575,34
15.	Pencegahan HV AIDS	Ls	0,412	579.216.000,00	238.827.419,18
16.	Monitoring Lingungan	Ls	0,412	360.360.000,00	148.586.794,52
17.	Penyelidikan Geologi Teknik dan Mekanika Tanah	m	387,800	1.063.761,00	412.526.515,80
18.	Pemasangan Pipa HDPE dia.3" / Relokasi Jaringan Perpipaan	m	2.500,000	149.840,00	374.600.000,00
19.	Galian tanah pada Relokasi Jaringan Perpipaan	m ³	625,000	22.131,00	13.831.875,00
20.	Timbunan tanah kembali pada Relokasi Jaringan Perpipaan	m ³	625,000	10.627,00	6.641.875,00
Sub Total I					
6.135.752.060,18					
II. Pekerjaan Cofferdam					
A. Cofferdam Hulu					
1.	Coffering, Kisdam dan Dewatering	Ls	1,000	160.389.760,00	160.389.760,00
2.	Pembersihan Area Kerja	m ²	24.938,290	9.022,00	224.993.252,38
3.	Pengupasan	m ²	24.938,290	16.260,00	405.496.595,40

Lanjutan Tabel 4.10.

Rencana Anggaran Biaya Pelaksanaan Konstruksi Conduit Pengelak dan Cofferdam pada Bendungan Gondang

No.	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
4.	Galian Tanah	m ³	43.762,243	33.487,00	1.465.466.234,22
5.	Galian Batu	m ³	175.048,972	76.770,00	13.438.509.606,85
6.	Timbunan Random	m ³	266.483,440	36.096,00	9.618.986.236,70
7.	Timbunan Inti	m ³	70.456,533	41.667,00	2.935.712.347,09
8.	Timbunan Filter	m ³	32.469,088	216.720,00	7.036.700.793,62
9.	Rip-rap	m ³	20.939,180	316.599,00	6.629.323.563,75
Sub Total II A					41.915.578.390,01
B. Cofferdam Hilir					
1.	Pembersihan Area Kerja	m ²	13.392,592	9.022,00	120.827.965,02
2.	Pengupasan	m ²	13.392,592	16.260,00	217.763.545,92
3.	Galian Tanah	m ³	17.039,425	33.487,00	570.599.231,07
4.	Galian Batu	m ³	68.157,701	76.770,00	5.232.466.684,89
5.	Timbunan Random	m ³	191.575,272	36.096,00	6.915.101.013,06
6.	Timbunan Filter	m ³	32.289,860	216.720,00	6.997.858.481,41
7.	Rip-rap	m ³	11.519,816	316.599,00	3.647.162.164,84
Sub Total II B					23.701.779.086,21
Sub Total II					
					65.617.357.476,23
III. Pekerjaan Conduit Pengelak					
A. Conduit Pengelak					
1.	Pembersihan Area Kerja	m ²	13.280,030	9.022,00	119.812.430,66
2.	Pengupasan	m ²	13.280,030	16.260,00	215.933.287,80
3.	Galian Tanah	m ³	17.565,743	33.487,00	588.224.051,62
4.	Galian Batu	m ³	99.539,213	76.770,00	7.641.625.382,30
5.	Beton Cyclope	m ³	4.382,000	888.429,00	3.893.095.878,00
6.	Shotcrete dengan Tulangan Wiremesh	m ²	1.814,520	411.102,00	745.952.801,04
7.	Lantai Kerja Beton (K100)	m ³	160,890	1.036.938,00	166.833.431,81
8.	Bekisting Tipe Ekspos	m ²	9.316,820	90.658,00	844.644.267,56

Lanjutan Tabel 4.10.
Rencana Anggaran Biaya Pelaksanaan Konstruksi Conduit Pengelak dan Cofferdam pada Bendungan Gondang

No.	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
9.	Beton (K225)	m ³	4.380,569	1.216.677,00	5.329.737.605,18
10.	Besi Tulangan Beton Ulir	kg	307.169,640	17.221,00	5.289.768.370,44
11.	Water Stop	m	249,900	53.721,00	13.424.877,90
12.	Joint Filler	m	267,360	49.536,00	13.243.944,96
13.	Dowel Bar	bh	204,000	83.252,00	16.983.408,00
14.	Pasangan Batu	m ³	2.258,724	636.895,00	1.438.569.748,12
15.	Plesteran	m ³	590,450	37.603,00	22.202.691,35
16.	Timbunan Tanah Kembali	m ³	1.398,950	11.433,00	15.994.195,35
Sub Total IIIA					26.356.046.372,09
B. Menara Pengambilan					
1.	Pembersihan Area Kerja	m ²	310,000	9.022,00	2.796.820,00
2.	Pengupasan	m ²	310,000	16.260,00	5.040.600,00
3.	Galian Tanah	m ³	148,704	33.487,00	4.979.650,85
4.	Galian Batu	m ³	594,816	76.770,00	45.664.024,32
5.	Lantai Kerja Beton (K100)	m ³	18,000	1.036.938,00	18.664.884,00
6.	Beton K225	m ³	3.682,434	1.216.677,00	4.480.332.751,82
7.	Besi Tulangan Beton Ulir	kg	395.441,177	17.221,00	6.809.892.515,83
8.	Bekisting Tipe Ekspose	m ²	2.176,266	90.658,00	197.295.959,29
9.	Perancah Struktur Bangunan Atas	m ³	19,600	146.407,00	2.869.577,20
10.	Water Stop	m	35,000	53.721,00	1.880.235,00
11.	Pipa Ventilasi	m	21,000	125.498,00	2.635.458,00
Sub Total IIIB					11.572.052.476,31
Sub Total III					37.928.098.848,40
JUMLAH					
PPN (10%)					
TOTAL BIAYA					
DIBULATKAN					
120.649.329.223,28					
120.650.000.000,00					

Sumber: Hasil Perhitungan (2018)



Tabel 4.11.
Analisis Kebutuhan Sumber Daya Pekerjaan Konstruksi Conduit Pengelak dan Cofferdam pada Bendungan Gondang Setelah Optimasi

No.	Deskripsi Pekerjaan	Volume Pekerjaan	Durasi Hari	Sumber Daya Terpakai	Koefisien	Jenis Alat	Produktivitas Orang / Alat	Jumlah Kebutuhan/hari			
								SDM (Orang)	Material	Alat (bh)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
II.	Pekerjaan Cofferdam A. Cofferdam Hulu 1. Pembersihan Area Kerja	24938,290 m ²	22	Pekerja Mandor Sopir Operator Bulldozer with Ripper Wheel Loader Dump Truck Alat Bantu	0,101 0,017 0,014 0,005 0,003 0,003 0,014 1,000	Jam Jam Jam Jam Jam Jam Set	100 - 150 Hp with ripper 1 - 1,6 m ³ 12 m ³	9,921 59,524 69,373 188,448 367,866 386,379 69,373 1,000	m ² /jam m ² /set	15,0	0,4 0,4 2,0 141,7
	2. Pengupasan	24938,290 m ³	20	Mandor Sopir Operator Bulldozer with Ripper Wheel Loader Dump Truck	0,017 0,028 0,013 0,005 0,008 0,028	Jam Jam Jam Jam Jam Jam	100 - 150 Hp with ripper 1 - 1,6 m ³ 12 m ³	59,524 35,123 75,743 203,973 120,484 35,123	m ³ /jam m ³ /jam m ³ /jam m ³ /jam m ³ /jam m ³ /jam	3,0 4,5 2,1	0,8 1,3 4,5
	3. Galian Tanah	43762,243 m ³	255	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Excavator Dump Truck	0,100 0,010 0,057 0,025 0,025 0,025 0,057	Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam	80 - 140 Hp 12 m ³	10,000 100,000 17,466 39,926 39,926 39,926 17,466	m ³ /jam m ³ /jam m ³ /jam m ³ /jam m ³ /jam m ³ /jam m ³ /jam	2,0 0,0	0,6 1,2
	4. Galian Batu	175048,972 m ³	289	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Excavator with Hydraulic Rock Breaker Dump Truck Alat Bantu	0,035 0,004 0,116 0,064 0,064 0,064 0,116 0,030	Jam Jam Jam Jam Jam Jam Set	80 - 140 Hp with HRB 12 m ³	28,571 285,714 8,634 15,647 15,647 15,647 8,634 33,333	m ³ /jam m ³ /jam m ³ /jam m ³ /jam m ³ /jam m ³ /jam m ³ /set	3,0 1,0 8,8 4,9 4,9	4,9 8,8 2,3
	5. Timbunan Random	266483,440 m ³	187	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Bulldozer Vibrator Roler Dump Truck Excavator Water Tanker	0,050 0,005 0,047 0,042 0,026 0,007 0,008 0,044 0,026 0,003	Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam	100 - 150 Hp 5 - 8 ton 12 m ³ 80 - 140 Hp 3000 ltr with pipa sprayer	20,000 200,000 21,281 24,082 37,756 139,459 127,094 22,673 37,756 346,577	m ³ /jam m ³ /jam	9,0 1,0 8,5 7,5 4,8	1,3 1,4 7,9 4,8 0,6
	6. Timbunan Inti	70456,533 m ³	187	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Bulldozer Vibrator Roller Vibrator Roller with Sheep Foot Dump Truck Excavator Water Tanker	0,070 0,007 0,047 0,057 0,026 0,010 0,011 0,009 0,044 0,026 0,003	Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam	100 - 150 Hp 5 - 8 ton 5 - 8 ton with Sheep Foot 12 m ³ 80 - 140 hp 3000 ltr with pipa sprayer	14,286 142,857 21,281 17,538 37,756 95,677 87,150 116,200 22,673 37,756 346,577	m ³ /jam m ³ /jam	4,0 1,0 2,3 2,9 1,3	0,5 0,6 0,5 2,1 1,3 0,2
	7. Timbunan Filter	32469,088 m ³	187	Pekerja	0,070	Jam		14,286	m ³ /jam	2,0	

Lanjutan Tabel 4.11.

Analisis Kebutuhan Sumber Daya Pekerjaan Konstruksi *Conduit Pengelak* dan *Cofferdam* pada Bendungan Gondang Setelah Optimasi

No.	Deskripsi Pekerjaan	Volume Pekerjaan	Durasi Hari	Sumber Daya Terpakai	Koefisien	Jenis Alat	Produktivitas Orang / Alat	Jumlah Kebutuhan/hari		
								SDM (Orang)	Material	Alat (bh)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
				Mandor Sopir Operator Urugan Agregat Halus Bulldozer Vibrator Roller Dump Truck	0,007 0,044 0,022 1,200 0,010 0,011 0,044	Jam Jam Jam m^3 Jam Jam Jam	142,857 22,673 45,607 m ³ /jam 95,677 87,150 22,673	1,0 1,0 0,5	209	m^3 0,2 0,3 1,0
	8. Rip-rap	20939,180	140	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Batu dia 40 -100 cm Excavator (muat) Excavator (menyusun) Dump Truck Alat Bantu	1,123 0,112 0,116 0,096 0,096 1,200 0,048 0,048 0,116 0,150	Jam Jam Jam Jam Jam m^3 Jam Jam Jam Set	0,891 8,906 8,634 10,400 10,400 20,800 20,800 8,634 6,667	21,0 3,0 2,2 1,8 1,8	180	m^3 0,9 0,9 2,2 2,9
	B. Cofferdam Hilir 1. Pembersihan Area Kerja	13392,592	22	Pekerja Mandor Sopir Operator Bulldozer with Ripper Wheel Loader Dump Truck Alat Bantu	0,101 0,017 0,014 0,005 0,003 0,003 0,014 1,000	Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam Set	9,921 59,524 69,373 188,448 367,866 386,379 69,373 1,000	8,0 2,0 1,0 0,5		0,3 0,2 1,0 76,1
	2. Pengupasan	13392,592	20	Mandor Sopir Operator Bulldozer with Ripper Wheel Loader Dump Truck	0,017 0,028 0,013 0,005 0,008 0,028	Jam Jam Jam Jam Jam Jam	59,524 35,123 75,743 203,973 120,484 35,123	2,0 2,5 1,1		0,4 0,7 2,5
	3. Galian Tanah	17039,425	110	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Excavator Dump Truck	0,100 0,010 0,057 0,025 0,025 0,025 0,057	Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam	10,000 100,000 17,466 39,926 39,926 39,926 17,466	2,0 0,0 1,1 0,5 0,5		0,5 1,1
	4. Galian Batu	68157,701	112	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Excavator with Hydraulic Rock Breaker Dump Truck Alat Bantu	0,035 0,004 0,116 0,064 0,064 0,064 0,116 0,030	Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam Set	28,571 285,714 8,634 15,647 15,647 15,647 8,634 33,333	3,0 1,0 8,9 4,9 4,9		4,9 8,9 2,3
	5. Timbunan Random	191575,272	227	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Bulldozer Vibrator Roler	0,050 0,005 0,047 0,042 0,026 0,007 0,008	Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam	20,000 200,000 21,281 24,082 37,756 139,459 127,094	6,0 1,0 5,1 4,4 2,8		0,8 0,8

Lanjutan Tabel 4.11.

Analisis Kebutuhan Sumber Daya Pekerjaan Konstruksi *Conduit Pengelak* dan *Cofferdam* pada Bendungan Gondang Setelah Optimasi

No.	Deskripsi Pekerjaan	Volume Pekerjaan	Durasi Hari	Sumber Daya Terpakai	Koefisien	Jenis Alat	Produktivitas Orang / Alat	Jumlah Kebutuhan/hari		
								SDM (Orang)	Material	Alat (bh)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
				Dump Truck Excavator Water Tanker	0,044 Jam 0,026 Jam 0,003 Jam	12 m ³ 80 - 140 Hp 3000 ltr with pipa sprayer	22,673 m ³ /jam 37,756 m ³ /jam 346,577 m ³ /jam			4,7 2,8 0,4
	6. Timbunan Filter	32289,860 m ³	227	Pekerja Mandor Sopir Operator Urugan Agregat Halus Bulldozer Vibrator Roller Dump Truck	0,070 Jam 0,007 Jam 0,044 Jam 0,022 Jam 1,200 m ³ 0,010 Jam 0,011 Jam 0,044 Jam	14,286 m ³ /jam 142,857 m ³ /jam 22,673 m ³ /jam 45,607 m ³ /jam 100 - 150 Hp 5 - 8 ton 12 m ³	95,677 m ³ /jam 87,150 m ³ /jam 22,673 m ³ /jam	2,0 1,0 0,8 0,4	171 m ³	0,2 0,2 0,8
	7. Rip-rap	11519,816 m ³	170	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Batu dia 40 -100 cm Excavator (muat) Excavator (menyusun) Dump Truck Alat Bantu	1,123 Jam 0,112 Jam 0,116 Jam 0,096 Jam 0,096 Jam 1,200 m ³ 0,048 Jam 0,048 Jam 0,116 Jam 0,150 Set	80 - 140 hp 80 - 140 hp 12 m ³	0,891 m ³ /jam 8,906 m ³ /jam 8,634 m ³ /jam 10,400 m ³ /jam 10,400 m ³ /jam 20,800 m ³ /jam 20,800 m ³ /jam 8,634 m ³ /jam 6,667 m ³ /set	10,0 1,0 1,0 1,0 1,0 0,5 0,5 1,0 1,3	82 m ³	0,5 0,5 1,0 1,3
III.	Pekerjaan Conduit Pengelak									
	A. Conduit Pengelak									
	1. Pembersihan Area Kerja	13280,030 m ²	8	Pekerja Mandor Sopir Operator Bulldozer with Ripper Wheel Loader Dump Truck Alat Bantu	0,101 Jam 0,017 Jam 0,014 Jam 0,005 Jam 0,003 Jam 0,003 Jam 0,014 Jam 1,000 Set	100 - 150 Hp with ripper 1 - 1,6 m ³ 12 m ³	9,921 m ² /jam 59,524 m ² /jam 69,373 m ² /jam 188,448 m ² /jam 367,866 m ² /jam 386,379 m ² /jam 69,373 m ² /jam 1,000 m ² /set	21,0 4,0 3,0 1,2 0,6 0,6 3,0 207,6		
	2. Pengupasan	13280,030 m ²	6	Mandor Sopir Operator Bulldozer with Ripper Wheel Loader Dump Truck	0,017 Jam 0,028 Jam 0,013 Jam 0,005 Jam 0,008 Jam 0,028 Jam	100 - 150 Hp with ripper 1 - 1,6 m ³ 12 m ³	59,524 m ² /jam 35,123 m ² /jam 75,743 m ² /jam 203,973 m ² /jam 120,484 m ² /jam 35,123 m ² /jam	5,0 7,9 3,7 1,4 2,3 7,9		
	3. Galian Tanah	17565,743 m ³	122	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Excavator Dump Truck	0,100 Jam 0,010 Jam 0,057 Jam 0,025 Jam 0,025 Jam 0,025 Jam 0,057 Jam	80 - 140 Hp 12 m ³	10,000 m ³ /jam 100,000 m ³ /jam 17,466 m ³ /jam 39,926 m ³ /jam 39,926 m ³ /jam 39,926 m ³ /jam 17,466 m ³ /jam	2,0 1,0 1,0 0,5 0,5 0,5 0,5		0,5 1,0
	4. Galian Batu	99539,213 m ³	161	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Excavator with Hydraulic Rock Breaker Dump Truck Alat Bantu	0,035 Jam 0,004 Jam 0,116 Jam 0,064 Jam 0,064 Jam 0,064 Jam 0,116 Jam 0,030 Set	80 - 140 Hp with HRB 12 m ³	28,571 m ³ /jam 285,714 m ³ /jam 8,634 m ³ /jam 15,647 m ³ /jam 15,647 m ³ /jam 15,647 m ³ /jam 8,634 m ³ /jam 33,333 m ³ /set	3,0 1,0 9,0 5,0 5,0 5,0 9,0 2,4		
	5. Beton Cyclope	4382,000 m ³	28	Pekerja Mandor	2,450 Jam 0,350 Jam		0,408 m ³ /jam 2,857 m ³ /jam	48,0 7,0		

Lanjutan Tabel 4.11.

Analisis Kebutuhan Sumber Daya Pekerjaan Konstruksi *Conduit Pengelak* dan *Cofferdam* pada Bendungan Gondang Setelah Optimasi

No.	Deskripsi Pekerjaan	Volume Pekerjaan	Durasi Hari	Sumber Daya Terpakai	Koefisien	Jenis Alat	Produktivitas Orang / Alat	Jumlah Kebutuhan/hari				
								SDM (Orang)	Material	Alat (bh)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
				Tukang Batu Belah Adukan Beton Ready Mix K175 Alat Bantu Sopir Operator Batu Pecah Pasir Cor PC Air Bathcing Plant Concrete Pump Concrete Vibrator Water Tanker Water Pump Truck Mixers Alat Bantu	2,450 0,480 0,600 0,070 0,364 0,052 1029,000 760,000 326,000 215,000 0,025 0,092 0,067 0,023 0,027 0,248 1,250	Jam kg m ³ Set Jam Jam kg kg kg ltr Jam Jam Jam Jam Jam m ³ Set	Kapasitas 40 m ³ 25 bar 3000 ltr 70 - 100 mm 5 m ³	0,408 14,286 2,748 19,090 40,000 10,816 14,940 43,185 36,520 4,027 0,800	m ³ /jam m ³ /set m ³ /jam m ³ /set	48,0 4,3 0,7 96624 71364 30612 20189	76 kg 94 m ³ 96624 kg 71364 kg 30612 kg 20189 ltr	0,1 0,3 1,0 0,7 0,3 0,4 3,0 14,7
	6. Shotcrete dengan Tulangan Wiremesh	1814,520 m ²	40	Kepala Tukang Mandor Nozzelman Shotmachine Operator Air Compressor Operator Tukang Beton Mekanik Sopir Pekerja Semen PC 50 kg Pasir Pasang / Cor (hitam) Batu Pecah Mesin (beton) Keselamatan Kerja Pressure Hose 1 1/4" Steel Bar Anchor 13 mm Mesh Clip Air Water Jet With Nozzle Pipa PVC 2" Wiremesh (2.1 x 54) m Solar Bensin Pelumas Concrete Mixer Water Tanker Alat Pekerjaan Shotcrete	0,049 0,098 0,196 0,098 0,098 0,049 0,098 0,980 17,930 49,400 66,885 0,003 0,006 0,300 4,000 0,000 0,200 1,000 7,000 0,200 0,048 0,112 0,224 0,112	Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam kg kg kg Set m ³ m bh Set m m Set m m ltr ltr ltr Jam	0,3 - 0,6 m ³ 3000 ltr	2,551 1,276 0,638 1,276 1,276 1,276 2,551 1,276 0,128	m ² /jam m ² /jam	3,0 5,0 9,0 5,0 5,0 5,0 3,0 0,8 45,0	814 kg 2241 kg 3035 kg 1 Set 1 m ³ 14 m 182 bh 1 Set 10 m 46 m 318 ltr 10 ltr 3 ltr	
	7. Lantai Kerja Beton (K100)	160,890 m ³	7	Pekerja Mandor Tukang Kepala Tukang Sopir Operator Batu Pecah Pasir Cor PC Air Bathcing Plant Concrete Pump Water Tanker	7,000 0,350 0,966 0,126 0,364 0,052 1027,000 893,000 230,000 200,000 0,025 0,092 0,023	Jam Jam Jam Jam Jam Jam kg kg kg ltr Jam Jam Jam	Kapasitas 40 m ³ 25 bar 3000 ltr	0,143 2,857 1,035 7,937 2,748 19,090	m ³ /jam m ³ /jam m ³ /jam m ³ /jam m ³ /jam m ³ /jam	21,0 2,0 3,0 1,0 1,2 0,2	23605 kg 20526 kg 5287 kg 4597 ltr	0,1 0,3 0,1

Lanjutan Tabel 4.11.

Analisis Kebutuhan Sumber Daya Pekerjaan Konstruksi *Conduit Pengelak* dan *Cofferdam* pada Bendungan Gondang Setelah Optimasi

No.	Deskripsi Pekerjaan	Volume Pekerjaan	Durasi Hari	Sumber Daya Terpakai	Koefisien	Jenis Alat	Produktivitas Orang / Alat	Jumlah Kebutuhan/hari				
								SDM (Orang)	Material	Alat (bh)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
				Water Pump Truck Mixers Concrete Vibrator Alat Bantu	0,027 0,248 0,067 1,250	Jam Jam Jam Set	70 - 100 mm 5 m ³	36,520 4,027 14,940 0,800	m ³ /jam m ³ /jam m ³ /jam m ³ /set	0,1 0,8 0,2 3,6		
	8. Bekisting Tipe Ekspose	9316,820 m ²	124	Pekerja Mandor Tukang Paku 5 cm dan 7 cm Multipleks 12 mm Dolken 8 -10 cm Minyak Bekisting Alat Bantu	1,750 0,084 4,200 0,350 0,350 0,028 0,028 0,500	Jam Jam Jam kg lbr m ³ Set Set		0,571 11,905 0,238 2,000	m ² /jam m ² /jam m ² /jam m ² /set	17,0 1,0 40,0 4,7	27 kg 27 lbr 3 m ³ 3 Set	
	9. Beton (K225)	4380,569 m ³	124	Pekerja Mandor Tukang Kepala Tukang Sopir Operator Batu Pecah Pasir Cor PC Air Batching Plant Concrete Pump Concrete Vibrator Water Tanker Water Pump Truck Mixers Alat Bantu	7,000 0,350 0,966 0,126 0,364 0,052 1047,000 689,000 371,000 215,000 0,025 0,092 0,067 0,023 0,027 0,248 1,250	Jam Jam Jam Jam Jam Jam kg kg kg ltr Jam Jam Jam Jam Jam Jam Set	Kapasitas 40 m ³ 25 bar	0,143 2,857 1,035 7,937 2,748 19,090	m ³ /jam m ³ /jam m ³ /jam m ³ /jam m ³ /jam m ³ /jam	31,0 2,0 5,0 1,0 1,8 0,4	36988 kg 24341 kg 13107 kg 7596 ltr	0,2 0,5 0,3 0,2 0,2 1,1 5,6
	10. Besi Tulangan Beton Ulir	307169,640 kg	124	Pekerja Mandor Tukang Kepala Tukang Besi Beton Ulir Kawat Beton Peralatan Tulangan	0,049 0,0028 0,049 0,0049 1,05 0,015 0,020	Jam Jam Jam Jam kg kg Jam		20,4082 357,143 20,408 204,082 50,000	kg/jam kg/jam kg/jam kg/jam kg/jam	16,0 1,0 16,0 2,0	2602 kg 38 kg	6,2
	11. Water Stop	249,900 m	30	Pekerja Tukang Mandor Water Stop B = 320 mm Alat Bantu	0,560 0,280 0,028 1,050 0,100	Jam Jam Jam m Set		1,786 3,571 35,714 10,000	m/jam m/jam m/jam m/set	1,0 1,0 1,0	9 m	0,2
	12. Joint Filler	267,360 m	30	Pekerja Tukang Mandor Adukan Beton Ready Mix K175 Concrete Mixer Alat Bantu & APD terowongan	2,450 1,190 0,140 0,013 0,080 1,000	Jam Jam Jam m ³ Jam Set	0,3 - 0,6 m ³	0,408 0,840 7,143 12,450 1,000	m/jam m/jam m/jam m ³ /jam m ³ /set	3,0 2,0 1,0	1 kg	0,1 1,2
	13. Dowel Bar	204,000 bh	30	Pekerja Mandor Tukang Besi Beton Ulir dia. 22 mm ; L = 1,5 m Pipa PVC dia. 1" lokal (L = 6 m) Peralatan Tulangan	0,124 0,031 0,248 4,921 0,300 0,020	Jam Jam Jam kg m Jam		8,065 32,258 4,032 50,000	bh/jam bh/jam bh/jam bh/jam	1,0 1,0 1,0	34 kg 3 m	0,1
	14. Pasangan Batu	2258,724 m ³	132	Pekerja	8,220	Jam		0,122	m ³ /jam	18,0		

Lanjutan Tabel 4.11.

Analisis Kebutuhan Sumber Daya Pekerjaan Konstruksi *Conduit* Pengelak dan *Cofferdam* pada Bendungan Gondang Setelah Optimasi

No.	Deskripsi Pekerjaan	Volume Pekerjaan	Durasi Hari	Sumber Daya Terpakai	Koefisien	Jenis Alat	Produktivitas Orang / Alat	Jumlah Kebutuhan/hari		
								SDM (Orang)	Material	Alat (bh)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
				Tukang Mandor Semen Portland Batu Belah Pasir Pasang Concrete Mixer Alat Bantu	2,740 1,074 163,000 1,200 0,520 0,080 0,135	Jam Jam kg m ³ m ³ Jam Set	0,365 m ³ /jam 0,931 m ³ /jam 0,3 - 0,6 m ³ 12,450 m ³ /jam 7,407 m ³ /set	6,0 3,0 2790 kg 21 m ³ 9 m ³	0,2 0,3	
	15. Plesteran	590,450 m ³	78	Pekerja Tukang Mandor Semen Portland Pasir Pasang Alat Bantu	2,100 1,050 0,210 5,840 0,016 0,100	Jam Jam Jam kg m ³ Set	0,476 m ³ /jam 0,952 m ³ /jam 4,762 m ³ /jam 10,000 m ³ /set	2,0 1,0 1,0 45 kg 1 m ³	0,1	
	16. Timbunan Tanah Kembali	1398,950 m ³	10	Pekerja Mandor Hand Stamper Alat Bantu	1,313 0,088 0,042 0,040	Jam Jam Jam Set	0,762 m ³ /jam 11,364 m ³ /jam 23,810 m ³ /jam 25,000 m ³ /set	23,0 2,0	0,8 0,7	
	B. Menara Pengambilan									
	1. Pembersihan Area Kerja	310,000 m ²	1	Pekerja Mandor Sopir Operator Bulldozer with Ripper Wheel Loader Dump Truck Alat Bantu	0,101 0,017 0,014 0,005 0,003 0,003 0,014 1,000	Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam Set	9,921 m ² /jam 59,524 m ² /jam 69,373 m ² /jam 188,448 m ² /jam 367,866 m ² /jam 386,379 m ² /jam 69,373 m ² /jam 1,000 m ² /set	4,0 1,0 0,6 0,4 0,2 0,2 0,6 38,8		
	2. Pengupasan	310,000 m ²	1	Mandor Sopir Operator Bulldozer with Ripper Wheel Loader Dump Truck	0,017 0,028 0,013 0,005 0,008 0,028	Jam Jam Jam Jam Jam Jam	59,524 m ² /jam 35,123 m ² /jam 75,743 m ² /jam 203,973 m ² /jam 120,484 m ² /jam 35,123 m ² /jam	1,0 1,2 0,6	0,2 0,4 1,2	
	3. Galian Tanah	148,704 m ³	1	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Excavator Dump Truck	0,100 0,010 0,057 0,025 0,025 0,025 0,057	Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam	10,000 m ³ /jam 100,000 m ³ /jam 17,466 m ³ /jam 39,926 m ³ /jam 39,926 m ³ /jam 39,926 m ³ /jam 17,466 m ³ /jam	2,0 1,0 1,1 0,5 0,5	0,5 1,1	
	4. Galian Batu	594,816 m ³	1	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Excavator with Hydraulic Rock Breaker Dump Truck Alat Bantu	0,035 0,004 0,116 0,064 0,064 0,064 0,116 0,030	Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam Set	28,571 m ³ /jam 285,714 m ³ /jam 8,634 m ³ /jam 15,647 m ³ /jam 15,647 m ³ /jam 15,647 m ³ /jam 8,634 m ³ /jam 33,333 m ³ /set	3,0 1,0 8,7 4,8 4,8	4,8 8,7 2,3	
	5. Lantai Kerja Beton (K100)	18,000 m ³	1	Pekerja Mandor Tukang Kepala Tukang Sopir Operator Batu Pecah	7,000 0,350 0,966 0,126 0,364 0,052 1027,000	Jam Jam Jam Jam Jam Jam kg	0,143 m ³ /jam 2,857 m ³ /jam 1,035 m ³ /jam 7,937 m ³ /jam 2,748 m ³ /jam 19,090 m ³ /jam	16,0 1,0 3,0 1,0 1,0 0,2	18486 kg	

Lanjutan Tabel 4.11.

Analisis Kebutuhan Sumber Daya Pekerjaan Konstruksi *Conduit Pengelak* dan *Cofferdam* pada Bendungan Gondang Setelah Optimasi

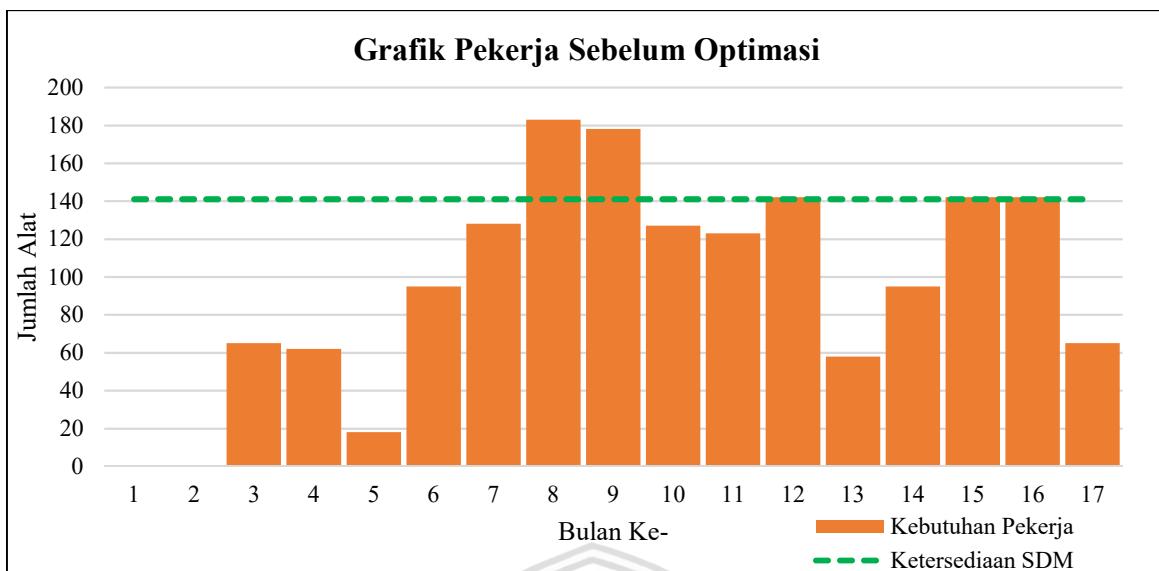
No.	Deskripsi Pekerjaan	Volume Pekerjaan	Durasi Hari	Sumber Daya Terpakai	Koefisien	Jenis Alat	Produktivitas Orang / Alat	Jumlah Kebutuhan/hari		
								SDM (Orang)	Material	Alat (bh)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
				Pasir Cor PC Air Bathcing Plant Concrete Pump Water Tanker Water Pump Truck Mixers Concrete Vibrator Alat Bantu	893,000 kg 230,000 kg 200,000 ltr 0,025 Jam 0,092 Jam 0,023 Jam 0,027 Jam 0,248 Jam 0,067 Jam 1,250 Set	Kapasitas 40 m ³ 25 bar 3000 ltr 70 - 100 mm 5 m ³	40.000 m ³ /jam 10.816 m ³ /jam 43,185 m ³ /jam 36,520 m ³ /jam 4,027 m ³ /jam 14,940 m ³ /jam 0,800 m ³ /set		16074 kg 4140 kg 3600 ltr	0,1 0,3 0,1 0,1 0,6 0,2 2,9
	6. Beton K225	3682,434 m ³	95	Pekerja Mandor Tukang Kepala Tukang Sopir Operator Batu Pecah Pasir Cor PC Air Bathcing Plant Concrete Pump Concrete Vibrator Water Tanker Water Pump Truck Mixers Alat Bantu	7,000 Jam 0,350 Jam 0,966 Jam 0,126 Jam 0,364 Jam 0,052 Jam 1047,000 kg 689,000 kg 371,000 kg 215,000 ltr 0,025 Jam 0,092 Jam 0,067 Jam 0,023 Jam 0,027 Jam 0,248 Jam 1,250 Set	Kapasitas 40 m ³ 25 bar 3000 ltr 70 - 100 mm 5 m ³	0,143 m ³ /jam 2,857 m ³ /jam 1,035 m ³ /jam 7,937 m ³ /jam 2,748 m ³ /jam 19,090 m ³ /jam	34,0 2,0 5,0 1,0 1,7 0,4	40585 kg 26708 kg 14381 kg 8334 ltr	0,2 0,5 0,3 0,2 0,2 1,0 6,1
	7. Besi Tulangan Beton Ulir	395441,177 kg	98	Pekerja Mandor Tukang Besi Beton Ulir Kawat Beton Peralatan Tulangan	0,049 Jam 0,0028 Jam 0,049 Jam 1,050 kg 0,015 kg 0,020 Jam		20,408 kg/jam 357,143 kg/jam 20,408 kg/jam 50,000 kg/jam	25,0 2,0 25,0	4237 kg 61 kg	10,1
	8. Bekisting Tipe Ekspose	2176,2664 m ²	98	Pekerja Mandor Tukang Paku 5 cm dan 7 cm Multipleks 12 mm Dolken 8 -10 cm Minyak Bekisting Alat Bantu	1,750 Jam 0,084 Jam 4,200 Jam 0,350 kg 0,350 lbr 0,028 m ³ 0,028 Set 0,500 Set		0,571 m ² /jam 11,905 m ² /jam 0,238 m ² /jam 2,000 m ³ /set	5,0 1,0 12,0	8 kg 8 lbr 1 m ³ 1 Set	1,4
	9. Perancah Struktur Bangunan Atas	19,600 m ³	2	Pekerja Mandor Tukang Kayu Kepala Tukang Paku 5 cm dan 7 cm Kayu Kelas IV Ukuran 5/7 - 4 meter Alat Bantu	1,750 Jam 0,084 Jam 4,200 Jam 0,420 Jam 0,350 kg 0,100 m ³ 0,500 Set		0,571 m ³ /set 11,905 m ³ /jam 0,238 m ³ /jam 2,381 m ³ /jam 2,000 m ³ /set	2,0 1,0 5,0 1,0	4 kg 1 m ³	0,7
	10. Water Stop	35,000 m	2	Pekerja Tukang Mandor Water Stop B = 320 mm Alat Bantu	0,560 Jam 0,280 Jam 0,028 Jam 1,050 m 0,100 Set		1,786 m/jam 3,571 m/jam 35,714 m/jam 1,250 m/set	2,0 1,0 1,0 1,250 m/set	19 m	1,8
	11. Pipa Ventilasi	21,000 m	4	Pekerja Mandor	0,438 Jam 0,035 Jam		0,286 m/jam 3,571 m/jam	3,0 1,0		

Lanjutan Tabel 4.11.

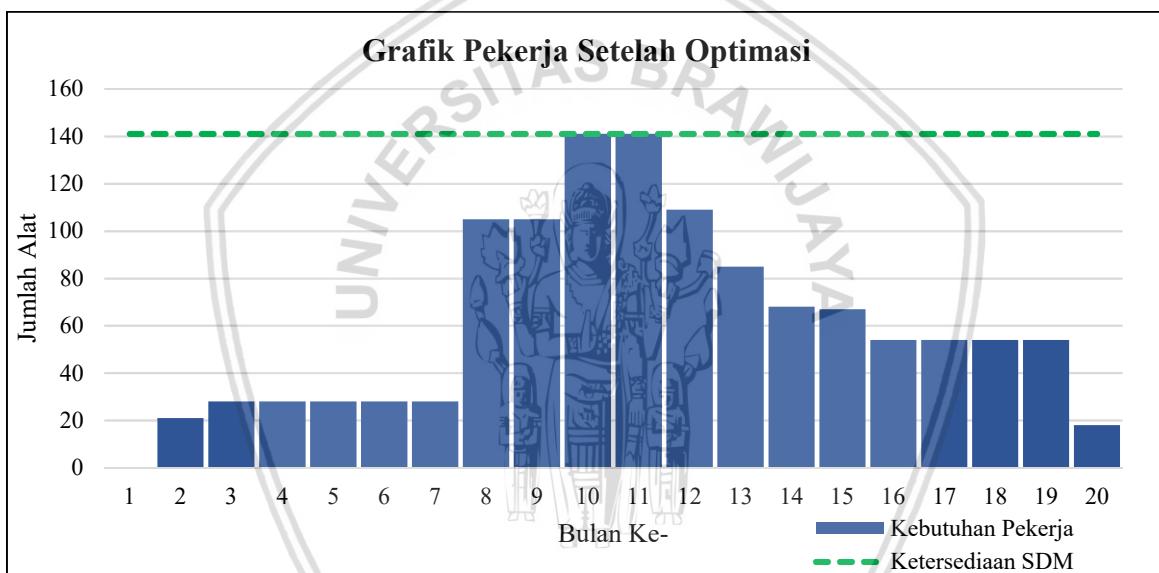
Analisis Kebutuhan Sumber Daya Pekerjaan Konstruksi *Conduit Pengelak* dan *Cofferdam* pada Bendungan Gondang Setelah Optimasi

No.	Deskripsi Pekerjaan	Volume Pekerjaan	Durasi Hari	Sumber Daya Terpakai	Koefisien	Jenis Alat	Produktivitas Orang / Alat	Jumlah Kebutuhan/hari		
								SDM (Orang)	Material	Alat (bh)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

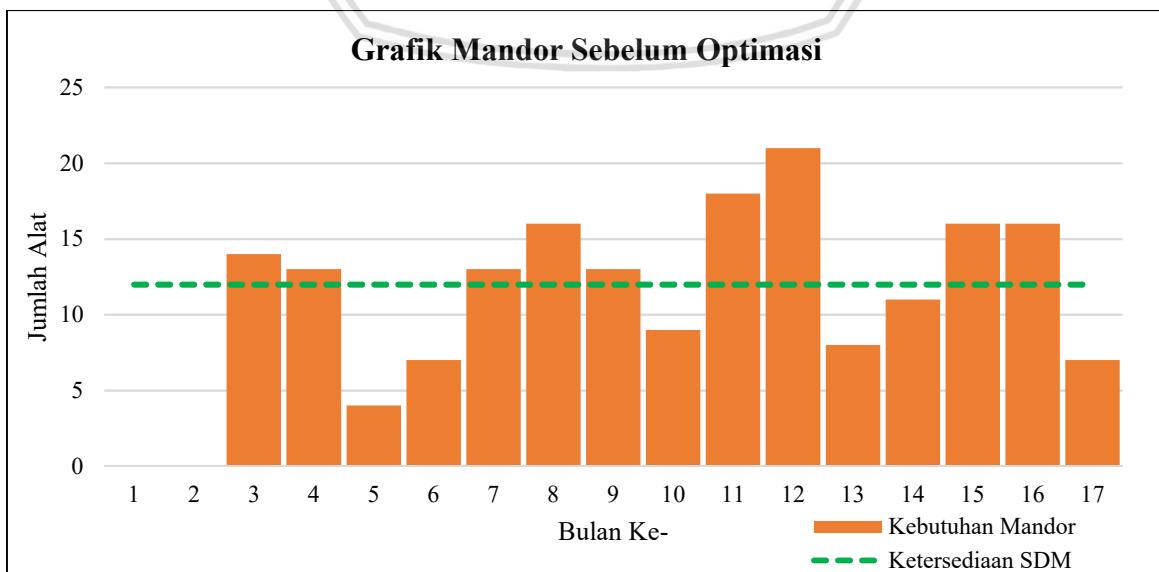
Sumber: Hasil Perhitungan (2018)



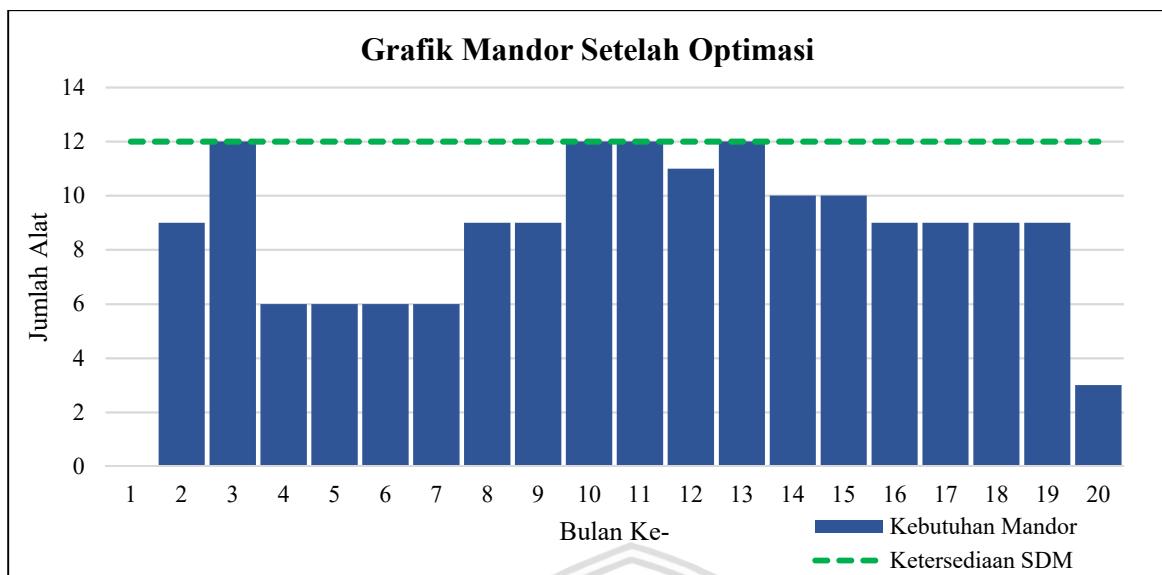
Gambar 4.13. Grafik Pekerja Sebelum Optimasi



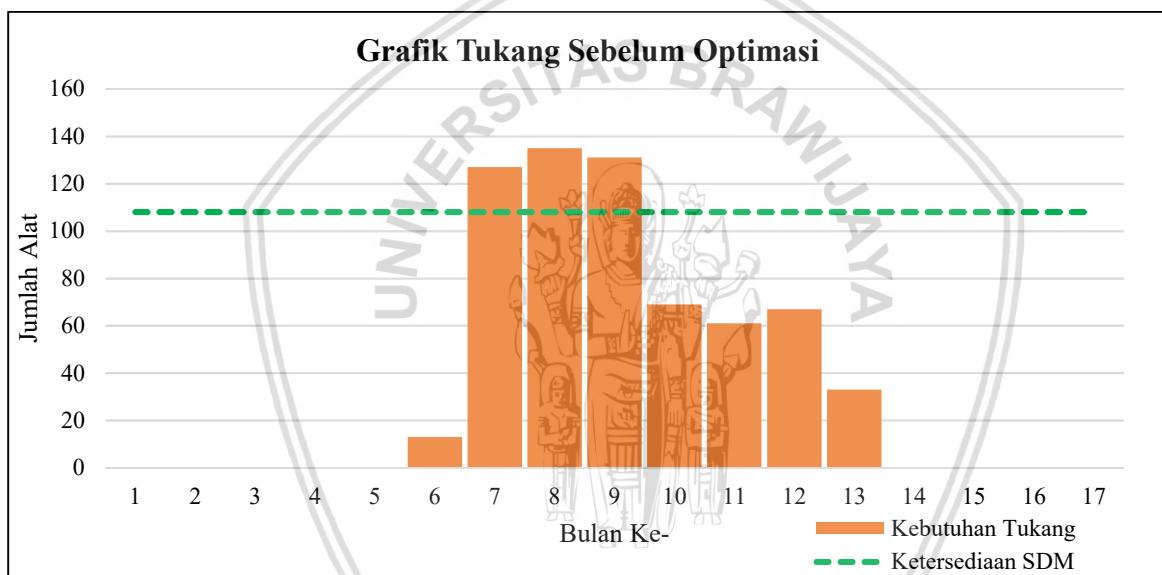
Gambar 4.14. Grafik Pekerja Setelah Optimasi



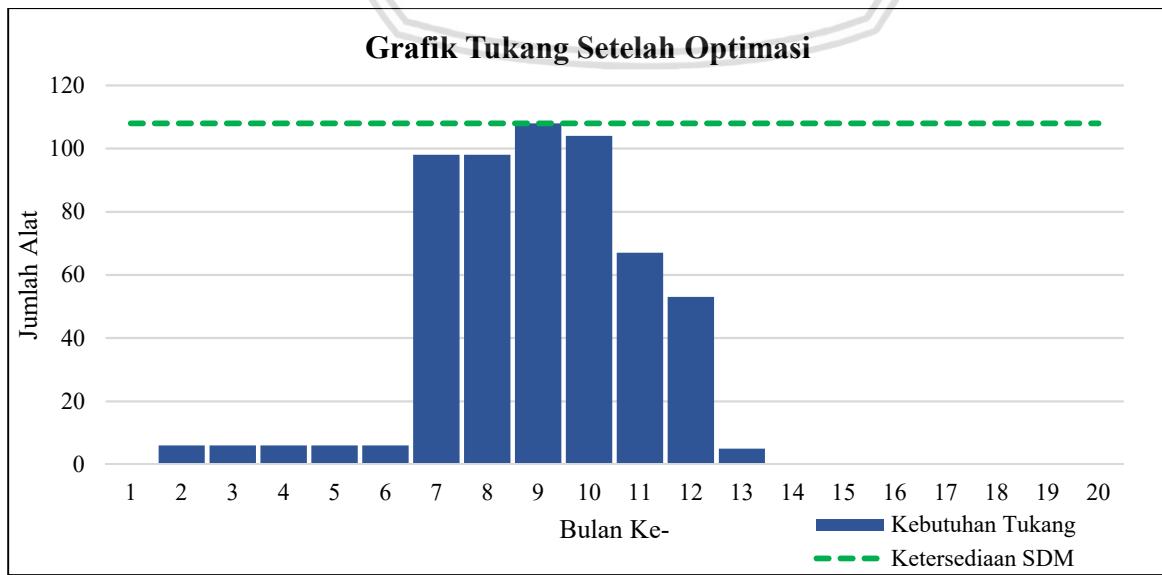
Gambar 4.15. Grafik Mandor Sebelum Optimasi



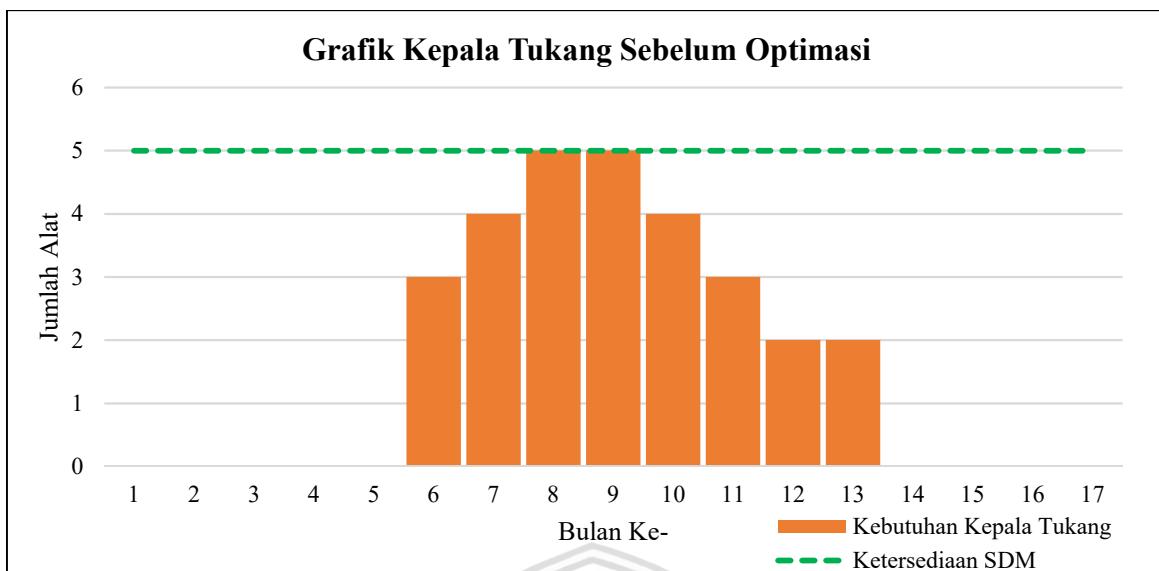
Gambar 4.16. Grafik Mandor Setelah Optimasi



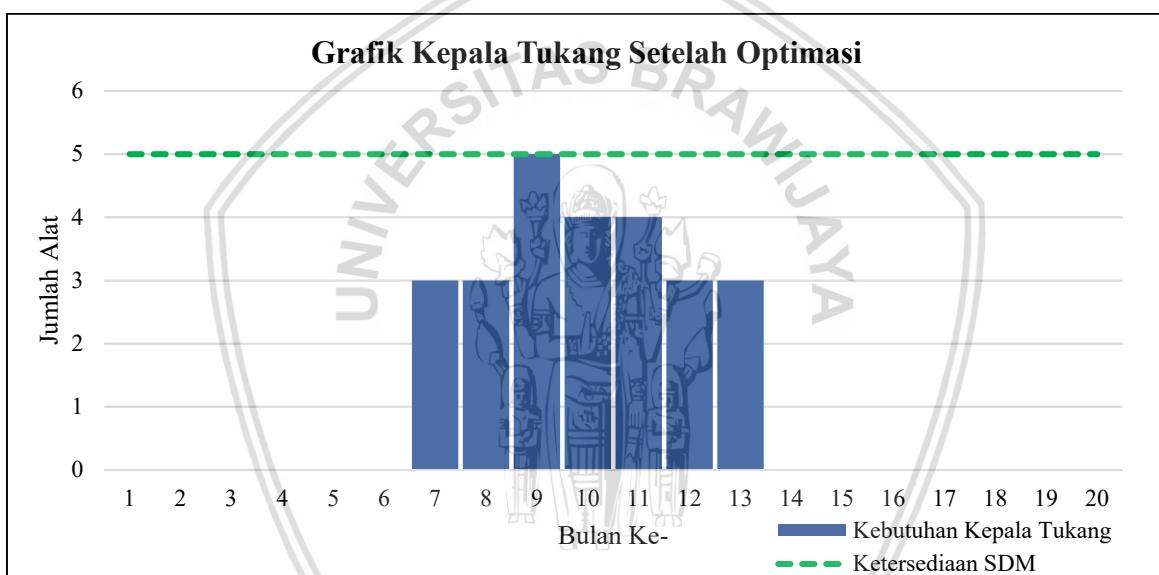
Gambar 4.17. Grafik Tukang Sebelum Optimasi



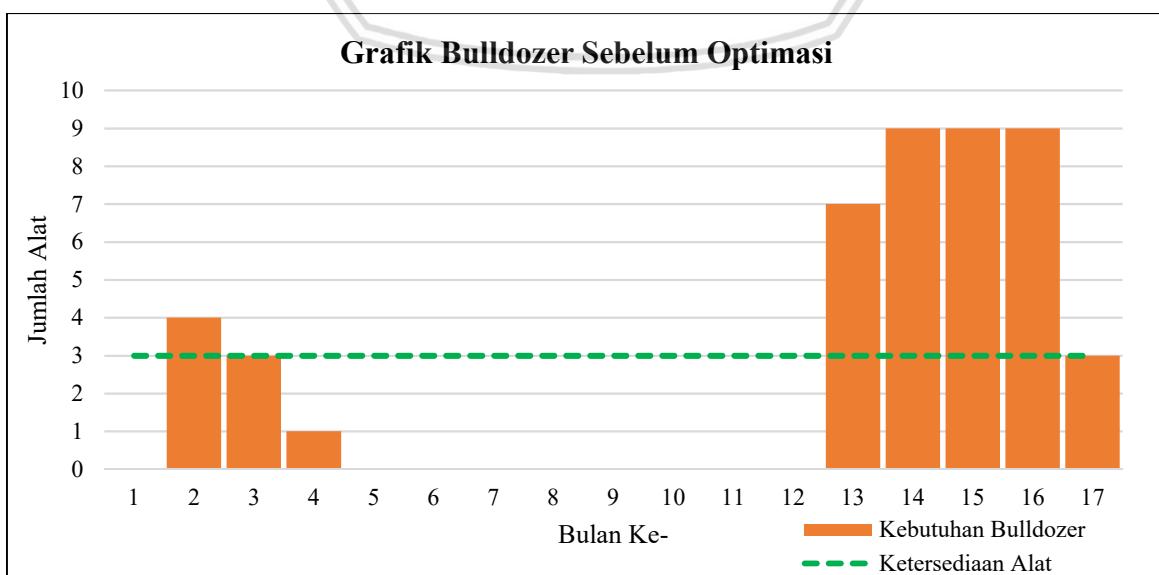
Gambar 4.18. Grafik Tukang Setelah Optimasi



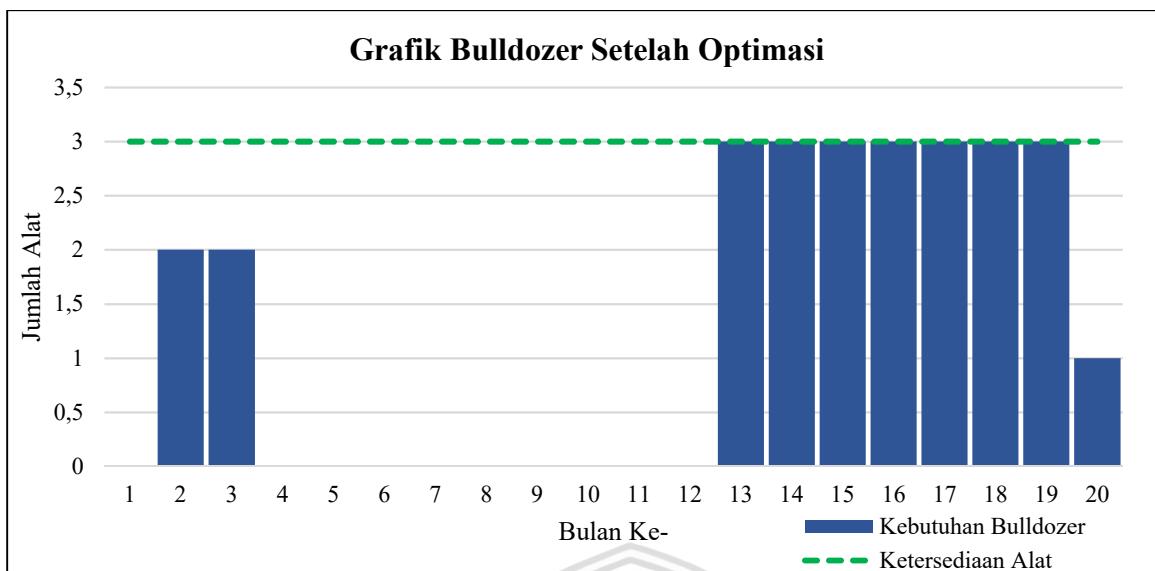
Gambar 4.19. Grafik Kepala Tukang Sebelum Optimasi



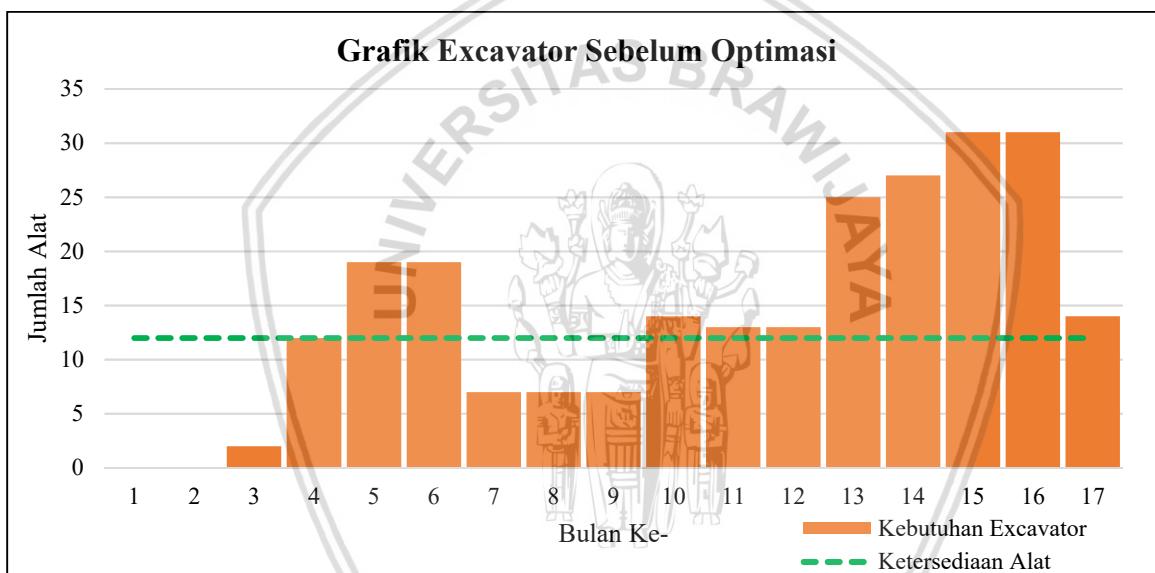
Gambar 4.20. Grafik Kepala Tukang Setelah Optimasi



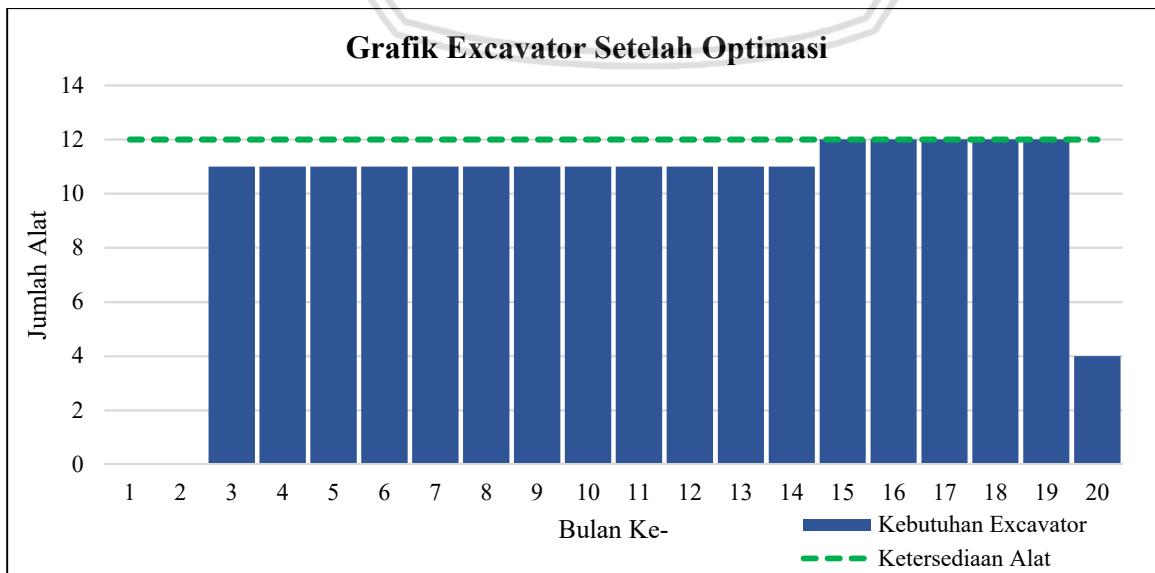
Gambar 4.21. Grafik Bulldozer Sebelum Optimasi



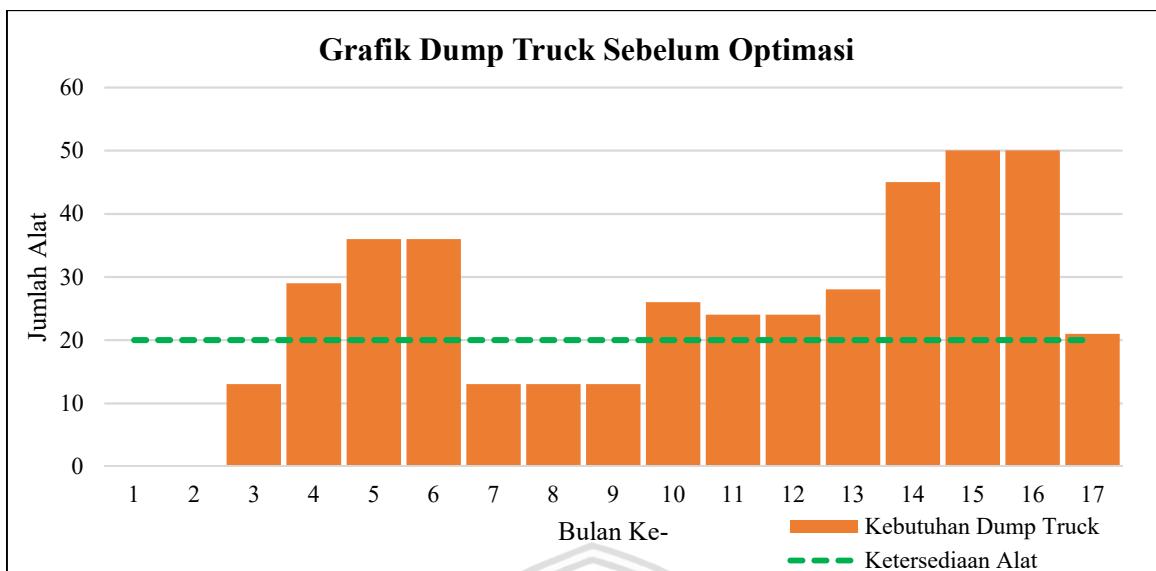
Gambar 4.22. Grafik Bulldozer Setelah Optimasi



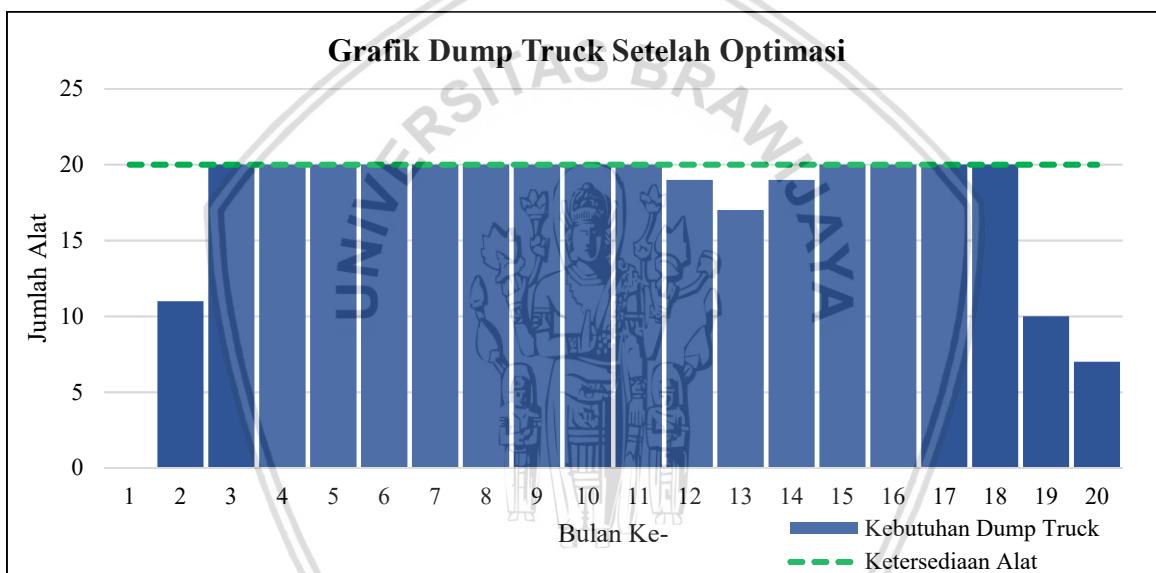
Gambar 4.23. Grafik Excavator Sebelum Optimasi



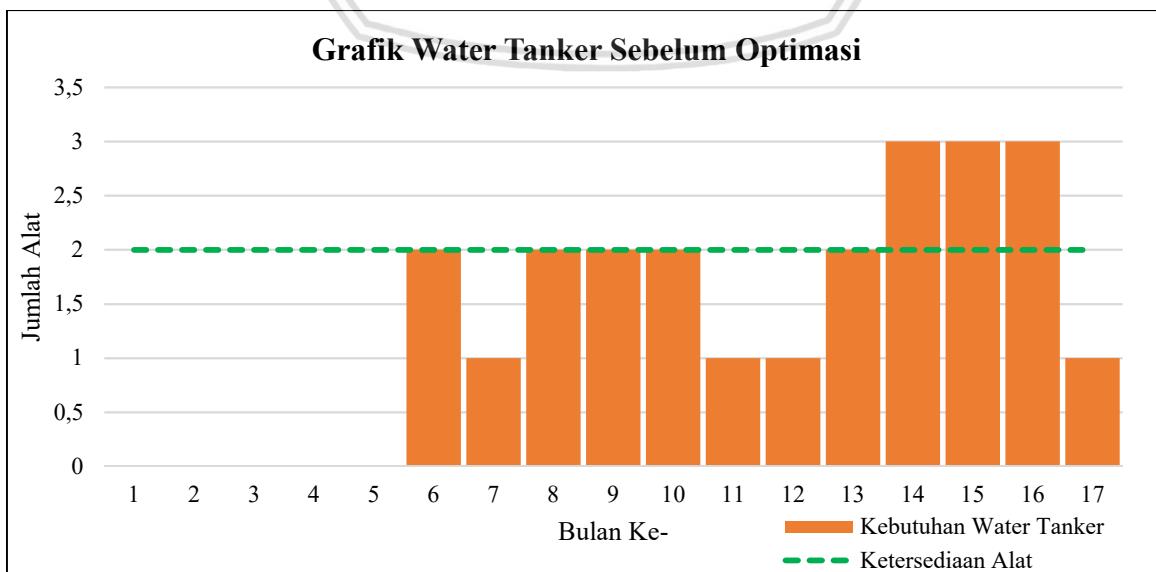
Gambar 4.24. Grafik Excavator Setelah Optimasi



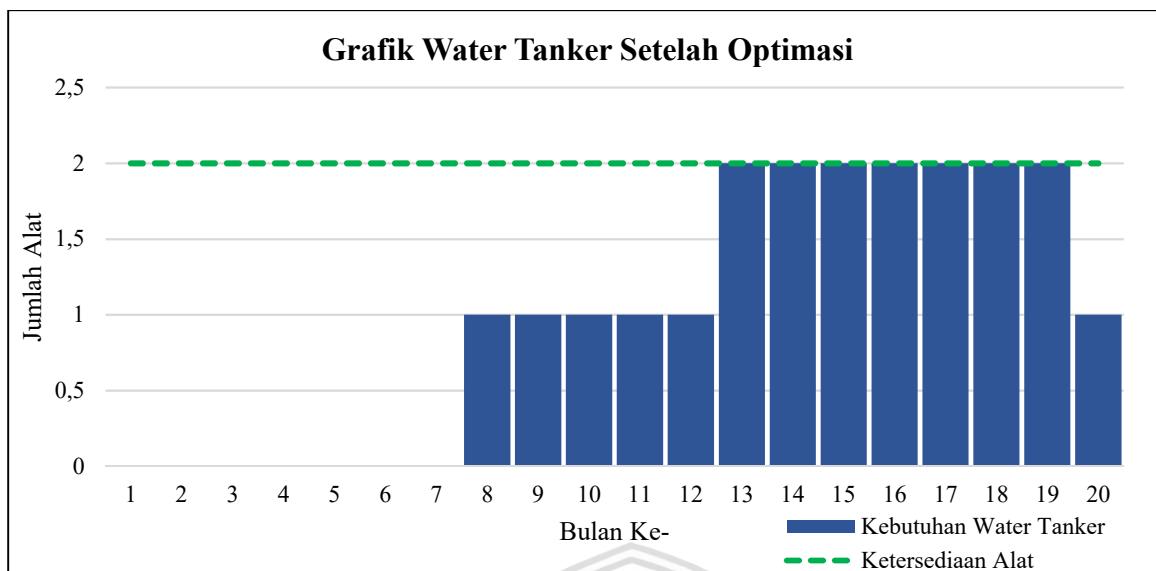
Gambar 4.25. Grafik Dump Truck Sebelum Optimasi



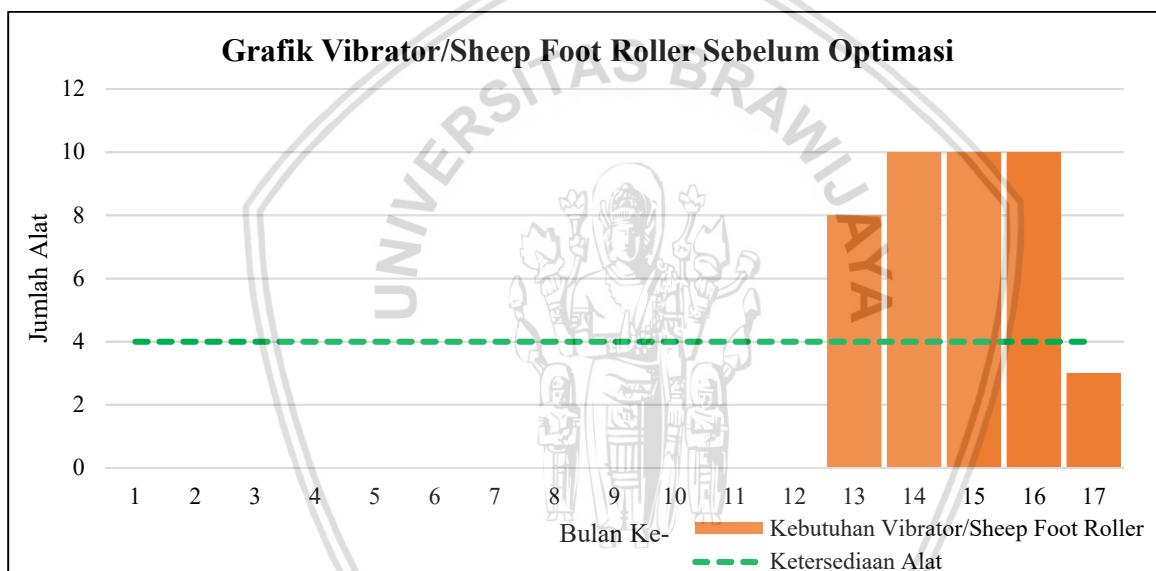
Gambar 4.26. Grafik Dump Truck Setelah Optimasi



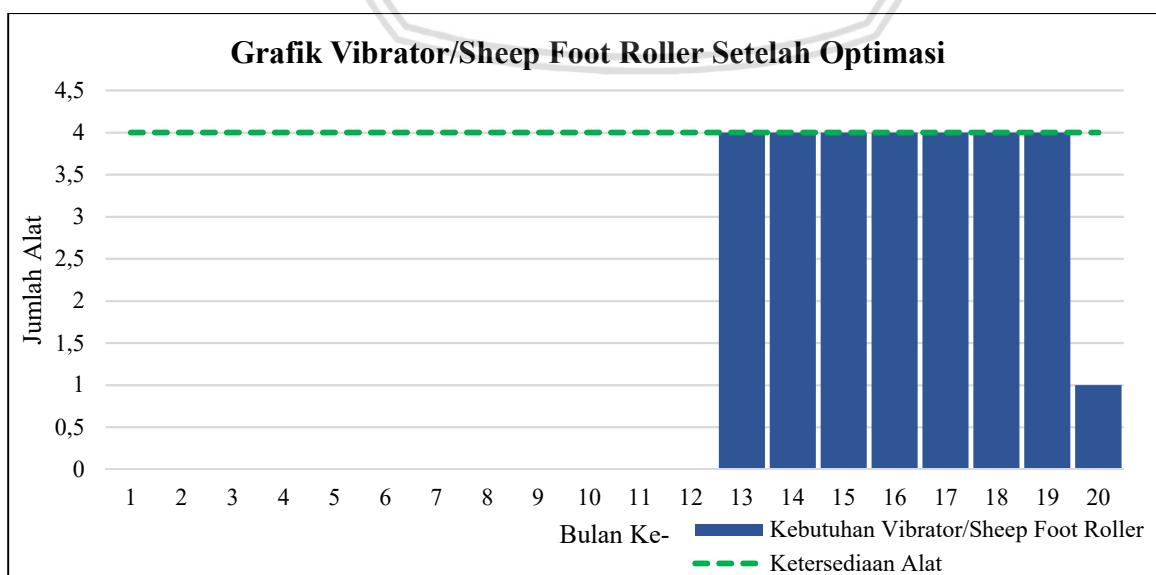
Gambar 4.27. Grafik Water Tanker Sebelum Optimasi



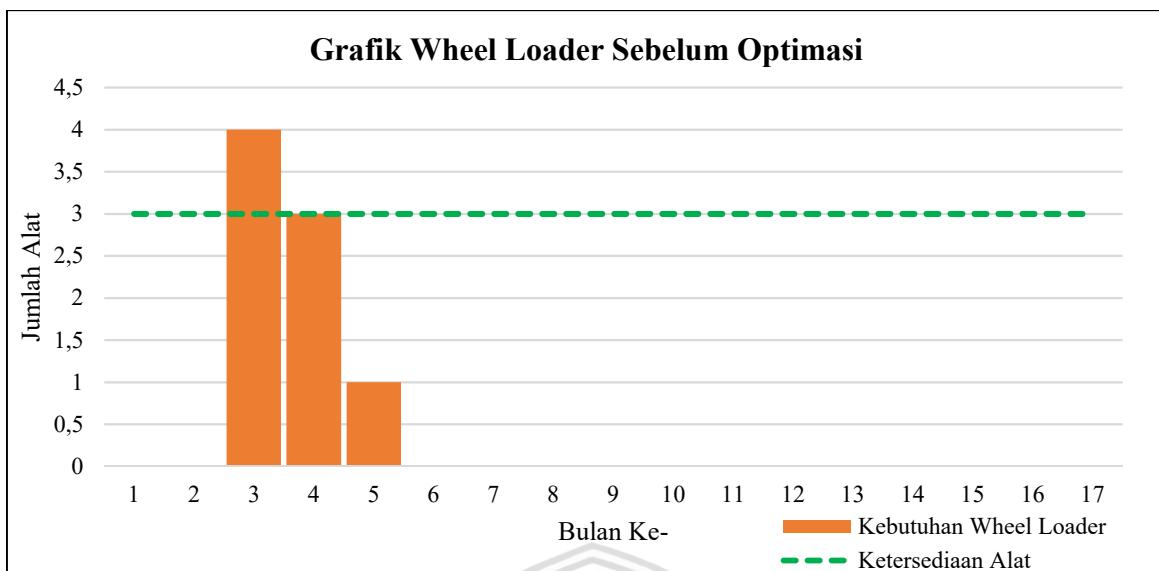
Gambar 4.28. Grafik Water Tanker Setelah Optimasi



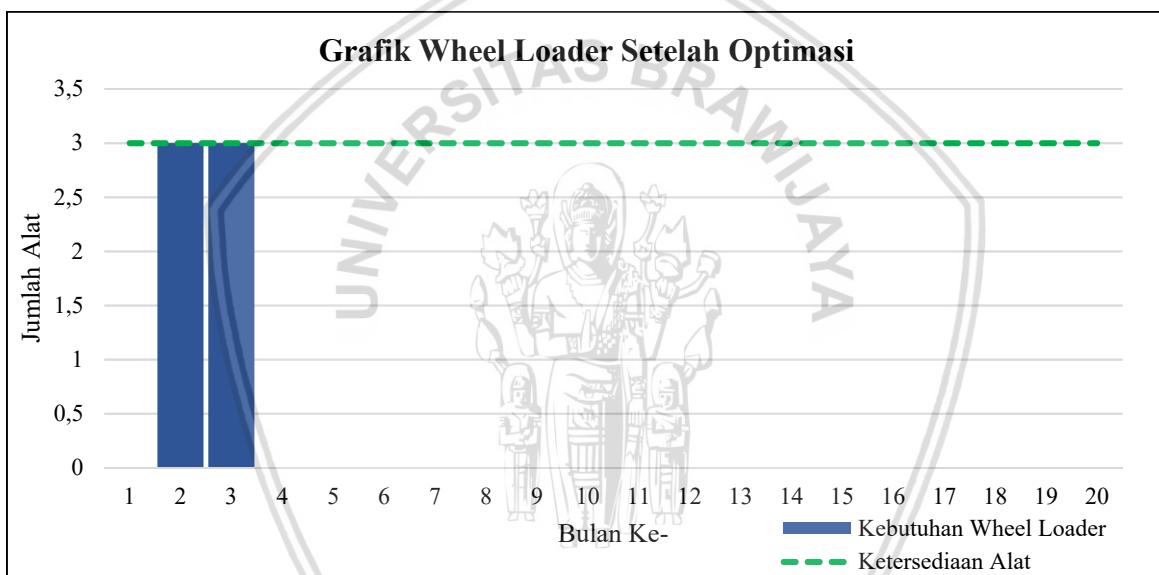
Gambar 4.29. Grafik Vibrator Roller Sebelum Optimasi



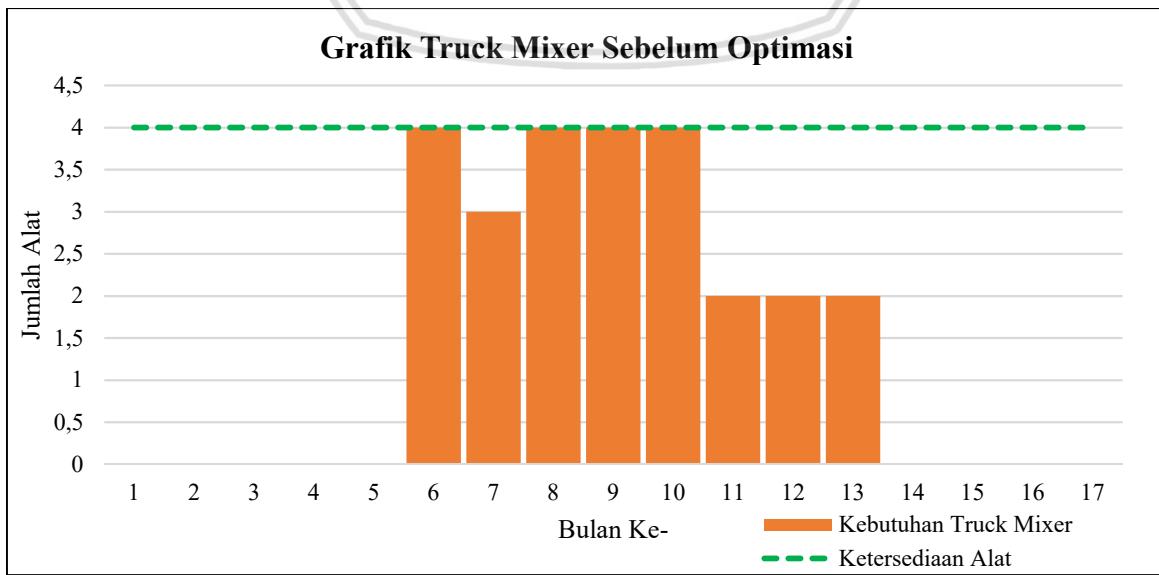
Gambar 4.30. Grafik Vibrator Roller Setelah Optimasi



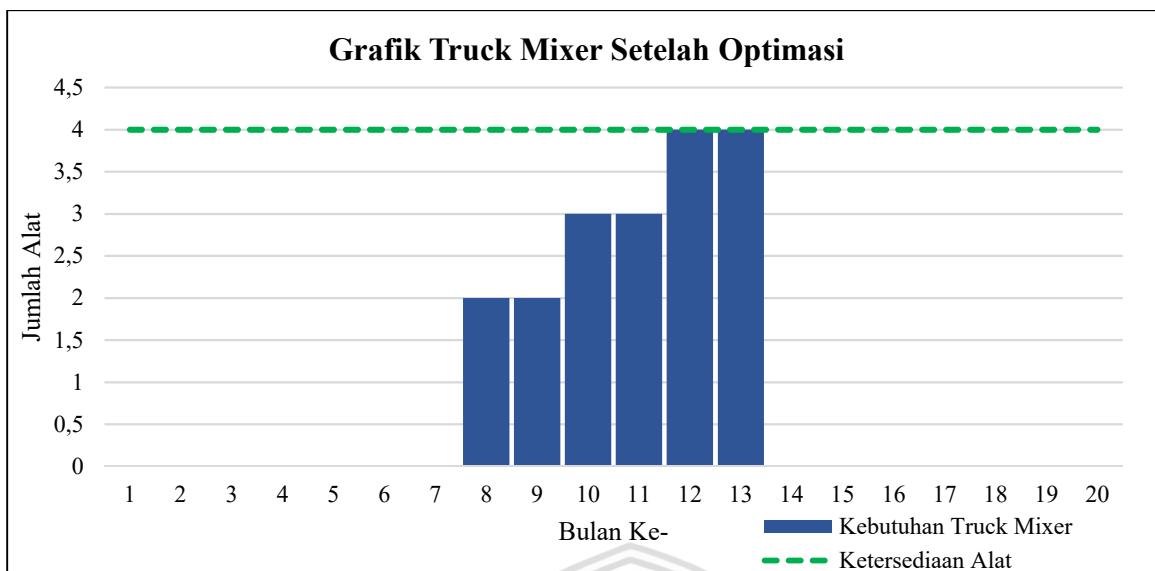
Gambar 4.31. Grafik Wheel Loader Sebelum Optimasi



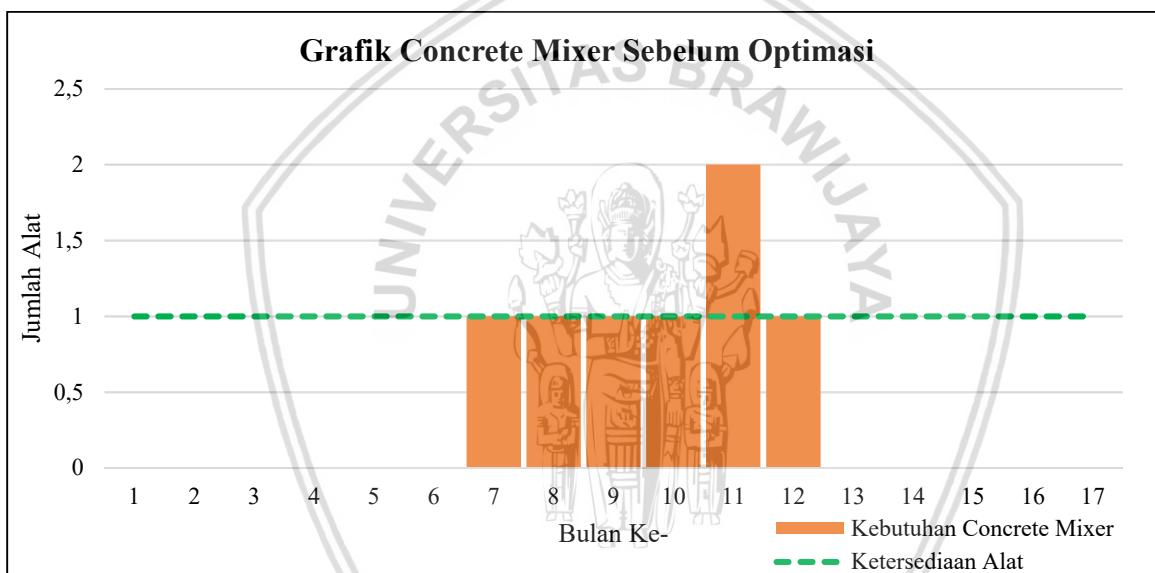
Gambar 4.32. Grafik Wheel Loader Setelah Optimasi



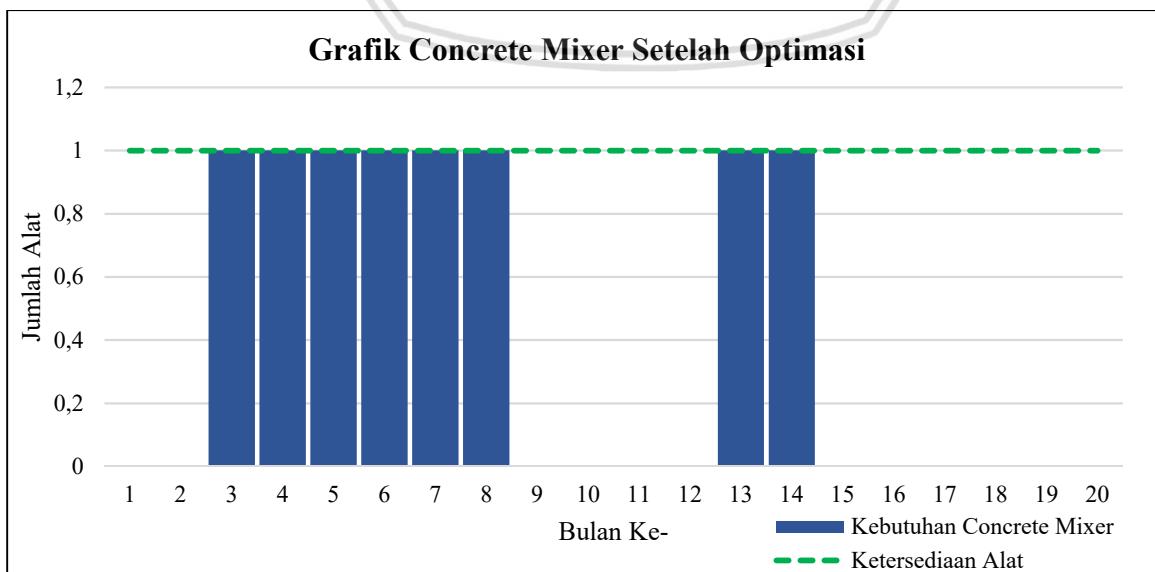
Gambar 4.33. Grafik Truck Mixer Sebelum Optimasi



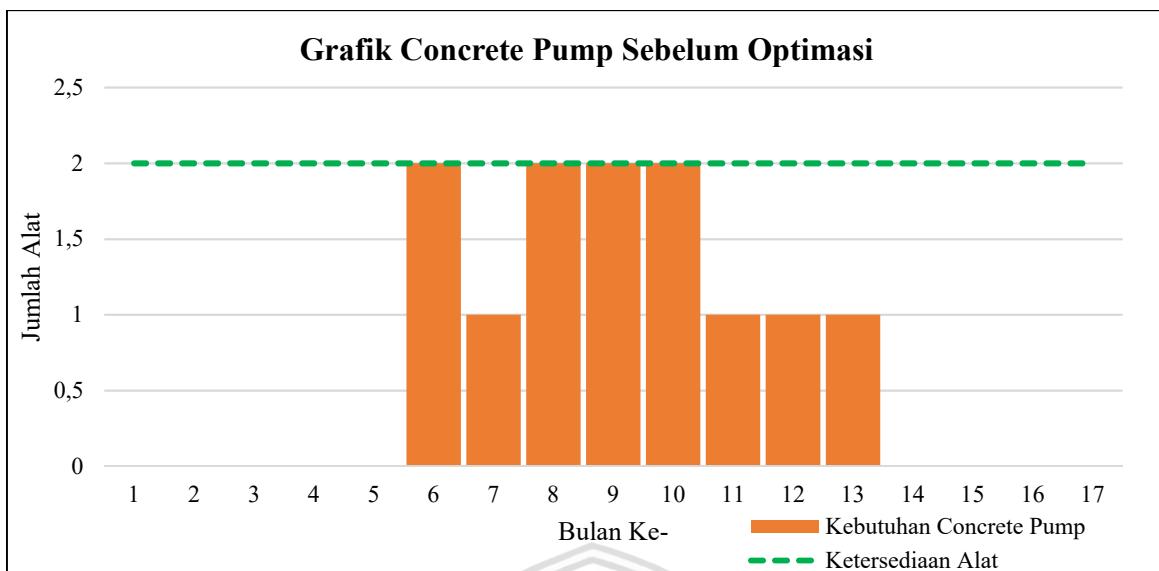
Gambar 4.34. Grafik Truck Mixer Setelah Optimasi



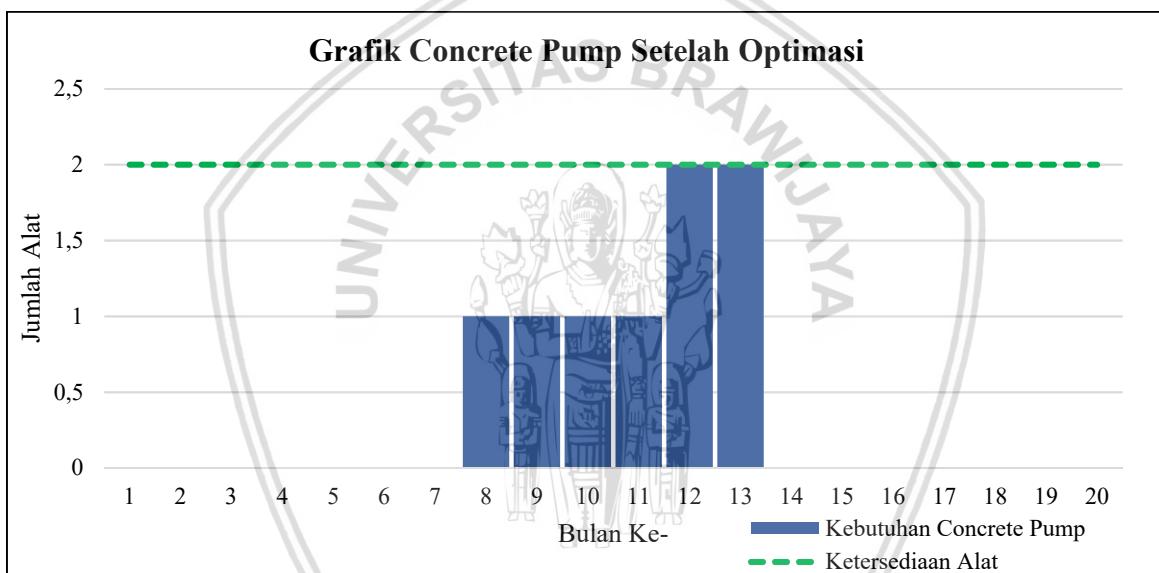
Gambar 4.35. Grafik Concrete Mixer Sebelum Optimasi



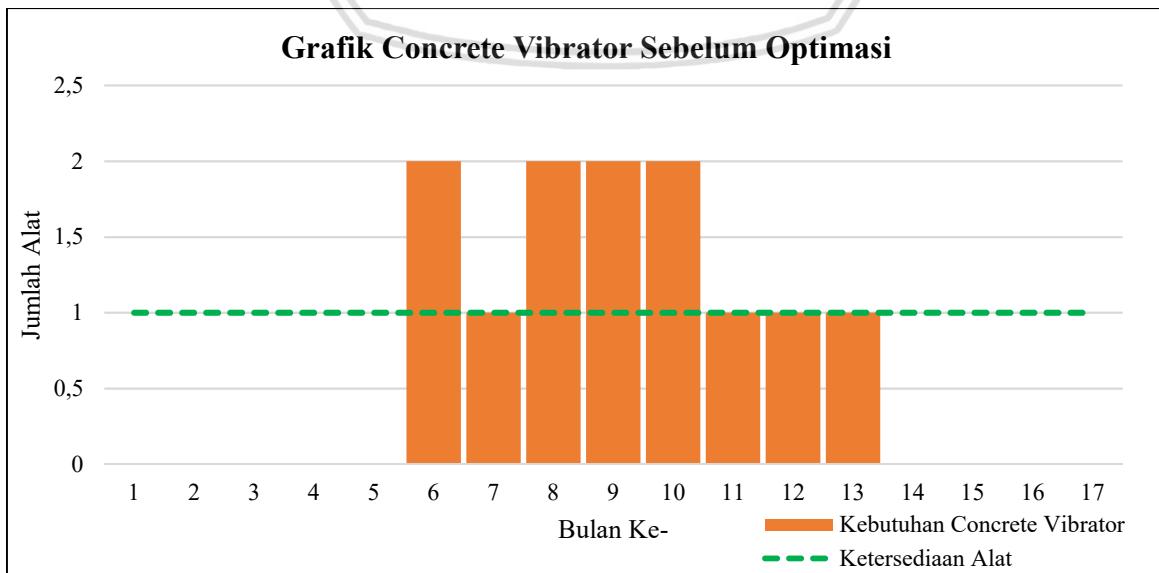
Gambar 4.36. Grafik Concrete Mixer Setelah Optimasi



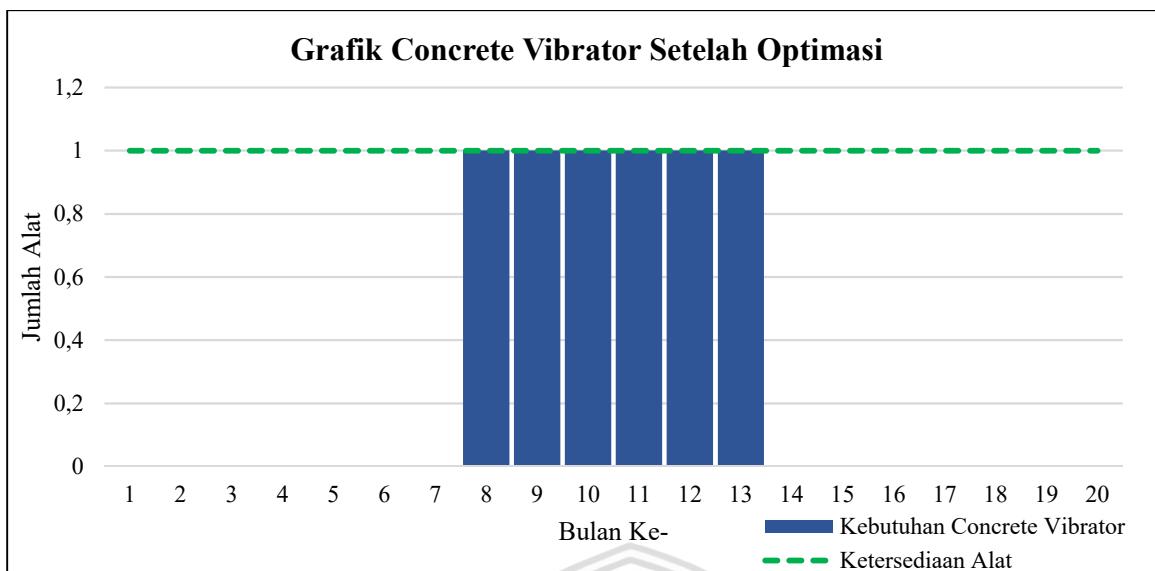
Gambar 4.37. Grafik Concrete Pump Sebelum Optimasi



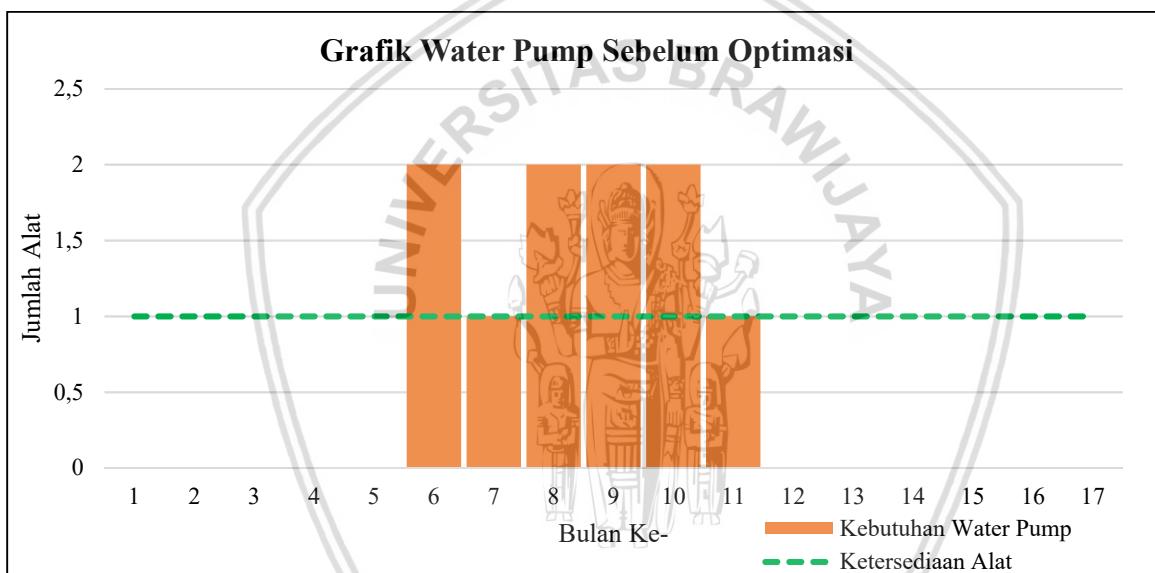
Gambar 4.38. Grafik Concrete Pump Setelah Optimasi



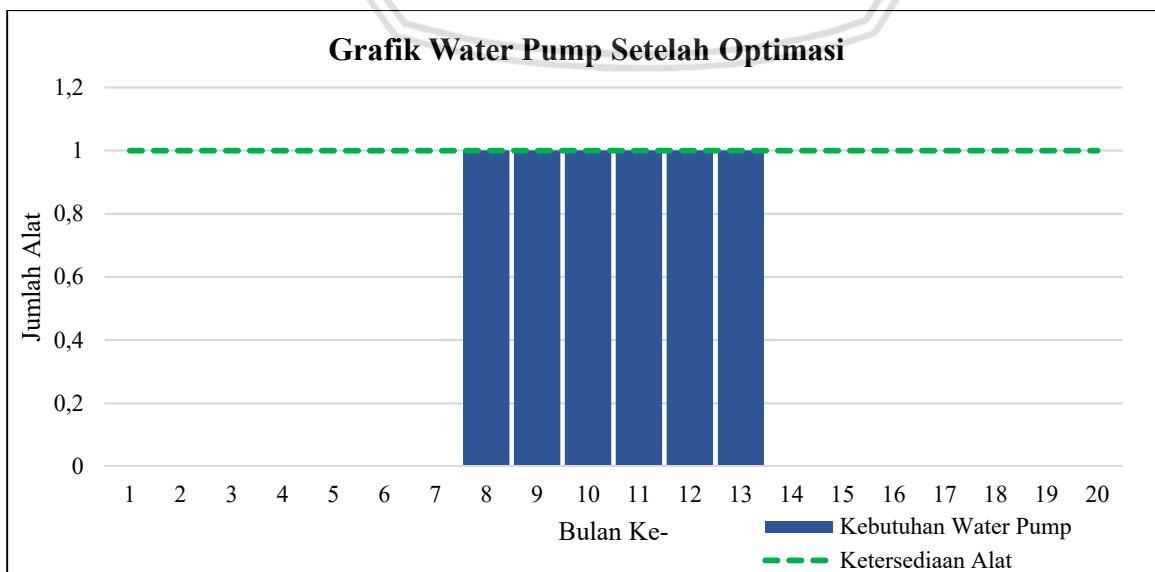
Gambar 4.39. Grafik Concrete Vibrator Sebelum Optimasi



Gambar 4.40. Grafik Concrete Vibrator Setelah Optimasi



Gambar 4.41. Grafik Water Pump Sebelum Optimasi



Gambar 4.42. Grafik Water Pump Setelah Optimasi

Setelah melakukan optimasi dengan cara mengatur ulang durasi kegiatan dan hubungan ketergantungan antar pekerjaan, maka diperoleh:

1. Waktu penyelesaian proyek sebelum optimasi dimulai tanggal 1 Mei 2014 dan selesai tanggal 2 September. Sedangkan setelah dilakukan optimasi waktu penyelesaian proyek dimulai tanggal 1 Mei 2014 dan selesai tanggal 23 Desember 2015.
2. Rencana anggaran biaya yang dikeluarkan mengalami perubahan dikarenakan sumber daya yang akan digunakan harus sesuai dengan alokasi yang sudah ditentukan, sehingga terjadinya perubahan waktu penyelesaian proyek. Dimana sebelum dilakukan optimasi membutuhkan biaya Rp. 120.370.000.000,00. Sedangkan setelah dilakukan optimasi membutuhkan biaya Rp. 120.650.000.000,00.
3. Tidak terjadinya overlocated antara kebutuhan sumber daya dengan ketersediaan sumber daya. Fluktuasi penggunaan sumber daya manusia dan alat berat yang lebih baik dibandingkan dengan kondisi sebelum dilakukan optimasi.

Jadi pelaksanaan konstruksi *conduit* pengelak dan *cofferdam* pada Bendungan Gondang memerlukan waktu 602 hari (1 Mei 2014 – 23 Desember 2015) dengan jumlah anggaran biaya yang dibutuhkan sebesar Rp. 120.650.000.000,00 (Seratus Dua Puluh Miliar Enam Ratus Lima Puluh Juta Rupiah).

4.5. Analisis Percepatan Jadwal Proyek

Dalam melakukan percepatan jadwal proyek hal pertama yang harus dilakukan adalah memastikan bahwa durasi setiap pekerjaan telah sesuai dengan yang direncanakan dan hubungan ketergantungan antar pekerjaan merupakan yang paling efektif. Sehingga tidak ada waktu, biaya dan sumber daya yang terbuang sia-sia. Analisis percepatan jadwal proyek bertujuan untuk mengetahui jenis pekerjaan yang sangat berpengaruh terhadap keseluruhan proyek/pekerjaan yang berada pada lintasan kritis. Dari lintasan kritis inilah pekerjaan kompresi dapat dilakukan untuk mempercepat jadwal proyek pelaksanaan pembangunan *conduit* pengelak dan *cofferdam* pada Bendungan Gondang.

Berdasarkan jadwal pada *Microsoft Project Manager 2016* dapat dilihat lintasan kritis dari proyek pelaksanaan pembangunan *conduit* pengelak dan *cofferdam* pada Bendungan Gondang ini sebagai berikut:

Tabel 4.12.

Lintasan Kritis Pekerjaan Tanpa Alternatif

No.	Lintasan Kritis Proyek
1	Pekerjaan Persiapan dan Jalan Kerja
1.1	Mobilisasi & Demobilisasi
1.2	Pembuatan dan Pemeliharaan Jalan Kerja
1.7	Pembuatan Gedung Laboratorium

Lanjutan Tabel 4.12.

Lintasan Kritis Pekerjaan Tanpa Alternatif

No.	Lintasan Kritis Proyek
1.9	Pengadaan Alat-alat Laboratorium untuk Kontrol Kualitas.
1.17	Penyelidikan Geologi Teknik dan Mekanika Tanah
2	Pekerjaan Cofferdam
2.1	Cofferdam Hulu
2.1.1	Coffering, Kisdam dan Dewatering
2.2	Cofferdam Hilir
2.2.5	Timbunan Random
2.2.6	Timbunan Filter
2.2.7	Rip-rap
3	Pekerjaan Conduit Pengelak
3.1	Conduit Pengelak
3.1.1	Pembersihan Area Kerja
3.1.2	Pengupasan
3.1.3	Galian Tanah
3.1.4	Galian Batu
3.1.7	Lantai Kerja Beton (K100)
3.1.8	Bekisting Tipe Ekspose
3.1.9	Beton (K225)
3.1.10	Besi Tulangan Beton Ulir
3.1.11	Water Stop
3.1.12	Joint Filler
3.1.13	Dowel Bar
3.1.15	Plesteran

Sumber : Hasil Analisis (2018)

4.5.1. Alternatif Percepatan Jadwal Proyek

Berdasarkan hasil pengamatan dilapangan, alternatif yang akan digunakan untuk mempercepat jadwal proyek pelaksanaan pembangunan *conduit* pengelak dan *cofferdam* pada Bendungan Gondang adalah dengan menerapkan kerja lembur dan penambahan jumlah sumber daya.

4.5.1.1. Percepatan Jadwal Proyek Dengan Penambahan Jam Kerja

Alternatif penambahan jam kerja atau lembur dilakukan untuk mempercepat jadwal keseluruhan proyek. Perhitungan percepatan dengan penambahan jam kerja memiliki beberapa parameter sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil survei lapangan, jam kerja normal yang diterapkan pada pembangunan Bendungan Gondang adalah 8 jam/hari selama 7 hari dalam seminggu.
2. Waktu kerja lembur yang memungkinkan dilakukan pada pembangunan Bendungan Gondang maksimum 4 jam dalam 1 hari dan 28 jam dalam 1 minggu.

3. Upah tenaga kerja lembur berdasarkan surat keputusan menteri tenaga kerja NO.KEP 72 / MEN / 84 tentang dasar perhitungan upah lembur (*over time*) adalah sebagai berikut:
- Untuk jam kerja lembur 1 jam pertama, upah yang harus dibayarkan sebesar 150% dari upah normal.
 - Untuk jam kerja lembur setelah lebih dari 1 jam pertama, upah yang harus dibayarkan sebesar 200% dari upah normal.
4. Efisiensi kerja lembur adalah 80%

Dengan menerapkan parameter-parameter di atas maka upah yang harus dibayarkan kepada pekerja tidak sama dengan upah dasar yang telah didapatkan, sehingga perlu dilakukan analisis terhadap perubahan upah dasar akibat penambahan jam kerja. Untuk memudahkan perhitungan upah lembur pekerja, maka dibuat tabel 4.13 dengan keterangan kolom sebagai berikut:

- Nomor;
- Jenis tenaga kerja;
- Upah dasar pekerja / hari (berdasarkan data harga upah dasar);
- Upah dasar pekerja / jam (berdasarkan data harga upah dasar);
- Upah satu jam pertama kerja lembur (150% x upah dasar);
- Upah / jam setelah satu jam pertama kerja lembur (200% x upah dasar);
- Jumlah upah lembur selama empat jam (kolom 5 + (kolom 6 x 3)); dan
- Upah / jam dalam satu hari setelah dilakukan kerja lembur selama empat jam ((kolom 7 + (kolom 4 x 8)) / 12).

Tabel 4.13.

Perhitungan Upah Kerja Lembur

No.	Tenaga Kerja	Upah Dasar		Upah Lembur			(Rp./jam)
		(Rp./Hari)	(Rp./Jam)	Jam I	Jam II-IV	Jumlah	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	K. T. Kayu/Cat/Listrik	61.500,00	8.790,00	13.185,00	17.580,00	65.925,00	11.360,00
2	K. T. Batu/Besi/Pipa/Beton	61.500,00	8.790,00	13.185,00	17.580,00	65.925,00	11.360,00
3	Mandor	58.500,00	8.360,00	12.540,00	16.720,00	62.700,00	10.800,00
4	Mekanik	61.500,00	8.790,00	13.185,00	17.580,00	65.925,00	11.360,00
5	Operator	61.500,00	8.790,00	13.185,00	17.580,00	65.925,00	11.360,00
6	Pekerja	43.000,00	6.140,00	9.210,00	12.280,00	46.050,00	7.940,00
7	Pembantu Mekanik	55.500,00	7.930,00	11.895,00	15.860,00	59.475,00	10.250,00
8	Pembantu Operator	48.500,00	6.930,00	10.395,00	13.860,00	51.975,00	8.960,00
9	Pembantu Supir	43.000,00	6.140,00	9.210,00	12.280,00	46.050,00	7.940,00
10	Asist. T. Kayu/Cat/Listrik	43.000,00	6.140,00	9.210,00	12.280,00	46.050,00	7.940,00
11	Asist. T. Batu/Besi/Pipa	43.000,00	6.140,00	9.210,00	12.280,00	46.050,00	7.940,00
12	Penyelam	108.000,00	15.430,00	23.145,00	30.860,00	115.725,00	19.940,00
13	Keahlian Khusus	149.800,00	21.400,00	32.100,00	42.800,00	160.500,00	27.650,00
14	Asist. Keahlian Khusus	107.000,00	15.290,00	22.935,00	30.580,00	114.675,00	19.750,00

Lanjutan Tabel 4.13.

Perhitungan Upah Kerja Lembur

No.	Tenaga Kerja	Upah Dasar		Upah Lembur			
		(Rp./Hari)	(Rp./Jam)	Jam I	Jam II-IV	Jumlah	(Rp./jam)
1	2	3	4	5	6	7	8
15	Supir	60.000,00	8.570,00	12.855,00	17.140,00	64.275,00	11.070,00
16	T. Kayu/Cat/Listrik/Las	61.500,00	8.790,00	13.185,00	17.580,00	65.925,00	11.360,00
17	T. Batu/Besi/Pipa/Beton	55.500,00	7.930,00	11.895,00	15.860,00	59.475,00	10.250,00

Sumber : Hasil Perhitungan (2018)

Setelah dilakukan perhitungan upah kerja lembur, selanjutnya adalah melakukan analisis terhadap durasi pekerjaan yang berada pada lintasan kritis. Dengan bertambahnya durasi jam kerja menyebabkan produktivitas pekerja per hari menjadi meningkat. Sehingga dengan jumlah tenaga kerja dan alat berat yang sama, dapat mempercepat durasi pekerjaan yang dilakukan. Dalam melakukan analisis durasi pekerjaan, dilakukan perhitungan yang sama dengan perhitungan kebutuhan sumber daya. Tetapi yang membedakan adalah kegiatan yang di perhitungkan merupakan kegiatan kritis dan kebutuhan pekerja atau alat berat tidak boleh lebih dari sebelum dilakukannya kerja lembur.

Untuk memudahkan perhitungan, maka dibuat tabel analisis durasi pekerjaan (Tabel 4.11.) dengan keterangan kolom sebagai berikut:

1. Nomer kode untuk masing-masing pekerjaan
2. Deskripsi pekerjaan
3. Besarnya volume pekerjaan (perhitungan volume pekerjaan)
4. Durasi pekerjaan (coba-coba hingga didapatkan kebutuhan pekerja dan alat berat tidak lebih dari sebelum dilakukan kerja lembur)
5. Sumber daya terpakai (hasil analisis harga satuan)
6. Koefisien sumber daya terpakai (hasil analisis harga satuan pekerjaan)
7. Jenis alat yang menunjang pekerjaan (hasil analisis harga satuan pekerjaan)

Contoh pekerjaan pembersihan area kerja pada *conduit* pengelak.

8. Produktifitas pekerja dan alat:

$$\text{Koefisien pekerja} = 0,101 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktifitas pekerja} &= 1 / 0,101 \\ &= 9,921 \text{ m}^2/\text{jam} \end{aligned}$$

9. Jumlah kebutuhan sumber daya manusia per hari:

- Pekerja $= 13280,030 / ((6 \times 8 \times 9,921) + (6 \times 4 \times 0,8 \times 9,921))$
 $= 19,920 \approx 20 \text{ orang}$
- Mandor $= 13280,030 / ((6 \times 8 \times 59,524) + (6 \times 4 \times 0,8 \times 59,524))$

$$= 3,320 \approx 4 \text{ orang}$$

- Sopir = 3 orang (menyesuaikan alat berat yang akan dikemudikan)
- Operator = 2 orang (menyesuaikan alat berat yang akan dioperasikan)

10. Jumlah kebutuhan material per hari, dalam pekerjaan pembersihan area kerja pada *conduit pengelak* tidak dibutuhkan material.

11. Jumlah kebutuhan alat berat per hari:

- *Bulldozer w/ Ripper* = $13280,030 / ((6 \times 8 \times 367,866) + (6 \times 4 \times 0,8 \times 367,866))$
= $0,537 \approx 1$ buah
- *Wheel Loader* = $13280,030 / ((6 \times 8 \times 386,379) + (6 \times 4 \times 0,8 \times 386,379))$
= $0,511 \approx 1$ buah
- *Dump Truck* = $13280,030 / ((6 \times 8 \times 69,373) + (6 \times 4 \times 0,8 \times 69,373))$
= $2,849 \approx 3$ buah

Hasil analisis durasi pekerjaan pelaksanaan konstruksi *conduit pengelak* dan *cofferdam* pada Bendungan Gondang dapat dilihat pada tabel 4.14.





Tabel 4.14.

Analisis Durasi Pekerjaan Pelaksanaan Konstruksi *Conduit Pengelak* dan *Cofferdam* pada Bendungan Gondang dengan Penambahan Jam Kerja

No.	Deskripsi Pekerjaan	Volume Pekerjaan	Durasi Hari	Sumber Daya Terpakai	Koefisien	Jenis Alat	Produktivitas Orang / Alat	Jumlah Kebutuhan/hari		
								SDM (Orang)	Material	Alat (bh)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
II.	Pekerjaan Cofferdam A. Cofferdam Hulu 3. Galian Tanah	43762,243 m ³	182	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Excavator Dump Truck	0,100 0,010 0,057 0,025 0,025 0,025 0,057	Jam Jam Jam Jam Jam 80 - 140 Hp 12 m ³	10,000 m ³ /jam 100,000 m ³ /jam 17,466 m ³ /jam 39,926 m ³ /jam 39,926 m ³ /jam 39,926 m ³ /jam 17,466 m ³ /jam	2,0 0,0 1,2 0,6 0,6 0,6 1,2		
	4. Galian Batu	175048,972 m ³	206	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Excavator with Hydraulic Rock Breaker Dump Truck Alat Bantu	0,035 0,004 0,116 0,064 0,064 0,064 0,116 0,030	Jam Jam Jam Jam Jam 80 - 140 Hp with HRB 12 m ³	28,571 m ³ /jam 285,714 m ³ /jam 8,634 m ³ /jam 15,647 m ³ /jam 15,647 m ³ /jam 15,647 m ³ /jam 8,634 m ³ /jam 33,333 m ³ /set	3,0 1,0 8,8 4,9 4,9 4,9 8,8 2,3		
	5. Timbunan Random	266483,440 m ³	133	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Bulldozer Vibrator Roler Dump Truck Excavator Water Tanker	0,050 0,005 0,047 0,042 0,026 0,007 0,008 0,044 0,026 0,003	Jam Jam Jam Jam Jam 100 - 150 Hp 5 - 8 ton 12 m ³ 80 - 140 Hp 3000 ltr with pipa sprayer	20,000 m ³ /jam 200,000 m ³ /jam 21,281 m ³ /jam 24,082 m ³ /jam 37,756 m ³ /jam 139,459 m ³ /jam 127,094 m ³ /jam 22,673 m ³ /jam 37,756 m ³ /jam 346,577 m ³ /jam	9,0 1,0 8,5 7,5 4,8 1,3 1,4 7,9 4,8 0,6		
	6. Timbunan Inti	70456,533 m ³	133	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Bulldozer Vibrator Roller Vibrator Roller with Sheep Foot Dump Truck Excavator Water Tanker	0,070 0,007 0,047 0,057 0,026 0,010 0,011 0,009 0,044 0,026 0,003	Jam Jam Jam Jam Jam 100 - 150 Hp 5 - 8 ton 5 - 8 ton with Sheep Foot 12 m ³ 80 - 140 hp 3000 ltr with pipa sprayer	14,286 m ³ /jam 142,857 m ³ /jam 21,281 m ³ /jam 17,538 m ³ /jam 37,756 m ³ /jam 95,677 m ³ /jam 87,150 m ³ /jam 116,200 m ³ /jam 22,673 m ³ /jam 37,756 m ³ /jam 346,577 m ³ /jam	4,0 1,0 2,3 2,9 1,3 0,5 0,6 0,5 2,1 1,3 0,2		
	7. Timbunan Filter	32469,088 m ³	133	Pekerja Mandor Sopir Operator Urugan Agregat Halus Bulldozer Vibrator Roller Dump Truck	0,070 0,007 0,044 0,022 1,200 m ³ 0,010 0,011 0,044	Jam Jam Jam Jam m ³ Jam Jam Jam	14,286 m ³ /jam 142,857 m ³ /jam 22,673 m ³ /jam 45,607 m ³ /jam 95,677 m ³ /jam 87,150 m ³ /jam 22,673 m ³ /jam	2,0 1,0 1,0 0,5 0,2 0,3 1,0	293 m ³	
	8. Rip-rap	20939,180 m ³	100	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Batu dia 40 -100 cm Excavator (muat)	1,123 0,112 0,116 0,096 0,096 1,200 m ³ 0,048	Jam Jam Jam Jam Jam 80 - 140 hp	0,891 m ³ /jam 8,906 m ³ /jam 8,634 m ³ /jam 10,400 m ³ /jam 10,400 m ³ /jam 20,800 m ³ /jam	21,0 3,0 2,2 1,8 1,8 252 m ³		0,9

Lanjutan Tabel 4.14.

Analisis Durasi Pekerjaan Pelaksanaan Konstruksi *Conduit Pengelak* dan *Cofferdam* pada Bendungan Gondang dengan Penambahan Jam Kerja

No.	Deskripsi Pekerjaan	Volume Pekerjaan	Durasi Hari	Sumber Daya Terpakai	Koefisien	Jenis Alat	Produktivitas Orang / Alat	Jumlah Kebutuhan/hari		
								SDM (Orang)	Material	Alat (bh)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
				Excavator (menyusun) Dump Truck Alat Bantu	0,048 0,116 0,150	Jam Jam Set	80 - 140 hp 12 m ³	20,800 8,634 6,667	m ³ /jam m ³ /jam m ³ /set	0,9 2,2 2,9
	B. Cofferdam Hilir 3. Galian Tanah	17039,425 m ³	79	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Excavator Dump Truck	0,100 0,010 0,057 0,025 0,025 0,025 0,057	Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam	80 - 140 Hp 12 m ³	10,000 100,000 17,466 39,926 39,926 39,926 17,466	m ³ /jam m ³ /jam m ³ /jam m ³ /jam m ³ /jam m ³ /jam m ³ /jam	2,0 0,0 1,1 0,5 0,5 0,5 0,5
	4. Galian Batu	68157,701 m ³	80	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Excavator with Hydraulic Rock Breaker Dump Truck Alat Bantu	0,035 0,004 0,116 0,064 0,064 0,064 0,116 0,030	Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam Set	80 - 140 Hp with HRB 12 m ³	28,571 285,714 8,634 15,647 15,647 15,647 8,634 33,333	m ³ /jam m ³ /set	3,0 1,0 8,9 4,9 4,9 4,9 8,9 2,3
	5. Timbunan Random	191575,272 m ³	162	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Bulldozer Vibrator Roler Dump Truck Excavator Water Tanker	0,050 0,005 0,047 0,042 0,026 0,007 0,008 0,044 0,026 0,003	Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam	100 - 150 Hp 5 - 8 ton 12 m ³ 80 - 140 Hp 3000 ltr with pipa sprayer	20,000 200,000 21,281 24,082 37,756 139,459 127,094 22,673 37,756 346,577	m ³ /jam m ³ /jam	6,0 1,0 5,1 4,4 2,8 0,8 0,8 4,7 2,8 0,4
	6. Timbunan Filter	32289,860 m ³	162	Pekerja Mandor Sopir Operator Urugan Agregat Halus Bulldozer Vibrator Roller Dump Truck	0,070 0,007 0,044 0,022 1,200 0,010 0,011 0,044	Jam Jam Jam Jam m ³ Jam Jam Jam	100 - 150 Hp 5 - 8 ton 12 m ³	14,286 142,857 22,673 45,607 95,677 87,150 22,673	m ³ /jam m ³ /jam m ³ /jam m ³ /jam m ³ /jam m ³ /jam m ³ /jam	2,0 1,0 0,8 0,4 240 m ³ 0,2 0,2 0,8
	7. Rip-rap	11519,816 m ³	121	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Batu dia 40 -100 cm Excavator (muat) Excavator (menyusun) Dump Truck Alat Bantu	1,123 0,112 0,116 0,096 0,096 1,200 0,048 0,048 0,116 0,150	Jam Jam Jam Jam Jam m ³ Jam Jam Jam Set	80 - 140 hp 80 - 140 hp 12 m ³	0,891 8,906 8,634 10,400 10,400 20,800 20,800 8,634 6,667	m ³ /jam m ³ /set	10,0 1,0 1,0 1,0 1,0 0,5 0,5 1,0 1,3
III.	Pekerjaan Conduit Pengelak A. Conduit Pengelak 1. Pembersihan Area Kerja	13280,030 m ²	6	Pekerja Mandor Sopir Operator Bulldozer with Ripper	0,101 0,017 0,014 0,005 0,003	Jam Jam Jam Jam Jam	100 - 150 Hp with ripper	9,921 59,524 69,373 188,448 367,866	m ² /jam m ² /jam m ² /jam m ² /jam m ² /jam	20,0 4,0 2,9 1,2 0,6

Lanjutan Tabel 4.14.

Analisis Durasi Pekerjaan Pelaksanaan Konstruksi *Conduit* Pengelak dan *Cofferdam* pada Bendungan Gondang dengan Penambahan Jam Kerja

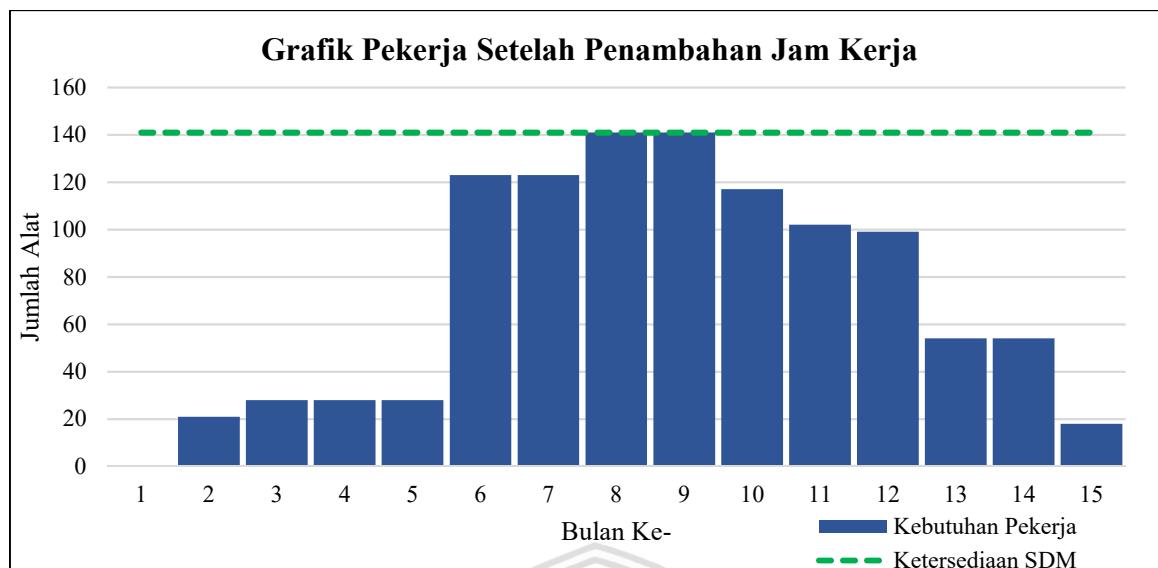
No.	Deskripsi Pekerjaan	Volume Pekerjaan	Durasi Hari	Sumber Daya Terpakai	Koefisien	Jenis Alat	Produktivitas Orang / Alat	Jumlah Kebutuhan/hari		
								SDM (Orang)	Material	Alat (bh)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
				Wheel Loader Dump Truck Alat Bantu	0,003 Jam 0,014 Jam 1,000 Set	1 - 1,6 m ³ 12 m ³	386,379 m ² /jam 69,373 m ² /jam 1,000 m ² /set			0,6 2,9 197,7
	2. Pengupasan	13280,030 m ²	5	Mandor Sopir Operator Bulldozer with Ripper Wheel Loader Dump Truck	0,017 Jam 0,028 Jam 0,013 Jam 0,005 Jam 0,008 Jam 0,028 Jam	100 - 150 Hp with ripper	59,524 m ² /jam 35,123 m ² /jam 75,743 m ² /jam 203,973 m ² /jam 120,484 m ² /jam 35,123 m ² /jam	4,0 6,8 3,2		1,2 2,0 6,8
	3. Galian Tanah	17565,743 m ³	87	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Excavator Dump Truck	0,100 Jam 0,010 Jam 0,057 Jam 0,025 Jam 0,025 Jam 0,025 Jam 0,057 Jam	80 - 140 Hp 12 m ³	10,000 m ³ /jam 100,000 m ³ /jam 17,466 m ³ /jam 39,926 m ³ /jam 39,926 m ³ /jam 39,926 m ³ /jam 17,466 m ³ /jam	2,0		0,5 1,0
	4. Galian Batu	99539,213 m ³	115	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Excavator with Hydraulic Rock Breaker Dump Truck Alat Bantu	0,035 Jam 0,004 Jam 0,116 Jam 0,064 Jam 0,064 Jam 0,064 Jam 0,116 Jam 0,030 Set	80 - 140 Hp with HRB 12 m ³	28,571 m ³ /jam 285,714 m ³ /jam 8,634 m ³ /jam 15,647 m ³ /jam 15,647 m ³ /jam 15,647 m ³ /jam 8,634 m ³ /jam 33,333 m ³ /set	3,0 1,0 9,0 5,0 5,0		5,0 9,0 2,4
	7. Lantai Kerja Beton (K100)	160,890 m ³	5	Pekerja Mandor Tukang Kepala Tukang Sopir Operator Batu Pecah Pasir Cor PC Air Bathcing Plant Concrete Pump Water Tanker Water Pump Truck Mixers Concrete Vibrator Alat Bantu	7,000 Jam 0,350 Jam 0,966 Jam 0,126 Jam 0,364 Jam 0,052 Jam 1027,000 kg 893,000 kg 230,000 kg 200,000 ltr 0,025 Jam 0,092 Jam 0,023 Jam 0,027 Jam 0,248 Jam 0,067 Jam 1,250 Set	Kapasitas 40 m ³	0,143 m ³ /jam 2,857 m ³ /jam 1,035 m ³ /jam 7,937 m ³ /jam 2,748 m ³ /jam 19,090 m ³ /jam	21,0		0,1 0,3 0,1 0,1 0,8 0,2 3,6
	8. Bekisting Tipe Ekspose	9316,820 m ²	89	Pekerja Mandor Tukang Paku 5 cm dan 7 cm Multipleks 12 mm Dolken 8 -10 cm Minyak Bekisting Alat Bantu	1,750 Jam 0,084 Jam 4,200 Jam 0,350 kg 0,350 lbr 0,028 m ³ 0,028 Set 0,500 Set		0,571 m ² /jam 11,905 m ² /jam 0,238 m ² /jam	17,0 1,0 40,0	37 kg 37 lbr 3 m3 3 Set	4,7
	9. Beton (K225)	4380,569 m ³	89	Pekerja Mandor Tukang Kepala Tukang Sopir Operator	7,000 Jam 0,350 Jam 0,966 Jam 0,126 Jam 0,364 Jam 0,052 Jam		0,143 m ³ /jam 2,857 m ³ /jam 1,035 m ³ /jam 7,937 m ³ /jam 2,748 m ³ /jam 19,090 m ³ /jam	31,0 2,0 5,0 1,0 1,8 0,4		

Lanjutan Tabel 4.14.

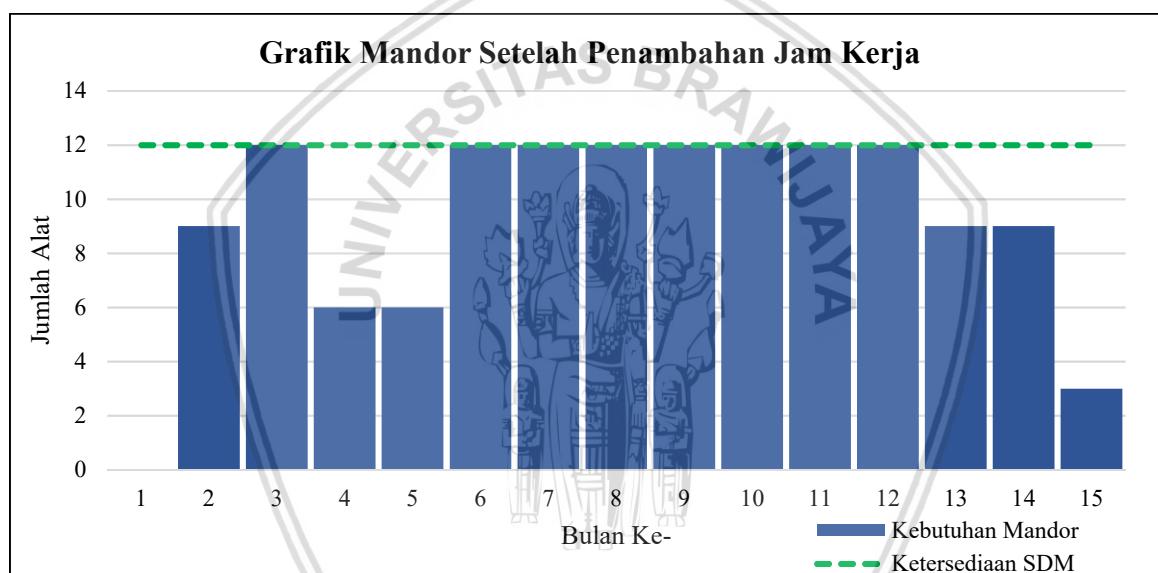
Analisis Durasi Pekerjaan Pelaksanaan Konstruksi *Conduit* Pengelak dan *Cofferdam* pada Bendungan Gondang dengan Penambahan Jam Kerja

No.	Deskripsi Pekerjaan	Volume Pekerjaan	Durasi Hari	Sumber Daya Terpakai	Koefisien	Jenis Alat	Produktivitas Orang / Alat	Jumlah Kebutuhan/hari		
								SDM (Orang)	Material	Alat (bh)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
				Batu Pecah Pasir Cor PC Air Bathcing Plant Concrete Pump Concrete Vibrator Water Tanker Water Pump Truck Mixers Alat Bantu	1047,000 kg 689,000 kg 371,000 kg 215,000 ltr 0,025 Jam 0,092 Jam 0,067 Jam 0,023 Jam 0,027 Jam 0,248 Jam 1,250 Set	Kapasitas 40 m ³ 25 bar 3000 ltr 70 - 100 mm 5 m ³	40,000 m ³ /jam 10,816 m ³ /jam 14,940 m ³ /jam 43,185 m ³ /jam 36,520 m ³ /jam 4,027 m ³ /jam 0,800 m ³ /set	51534 kg 33913 kg 18261 kg 10583 ltr	0,2 0,5 0,3 0,2 0,2 1,1 5,5	
	10. Besi Tulangan Beton Ulir	307169,640 kg	89	Pekerja Mandor Tukang Kepala Tukang Besi Beton Ulir Kawat Beton Peralatan Tulangan	0,049 Jam 0,0028 Jam 0,049 Jam 0,0049 Jam 1,05 kg 0,015 kg 0,020 Jam		20,4082 kg/jam 357,143 kg/jam 20,408 kg/jam 204,082 kg/jam 50,000 kg/jam	16,0 1,0 16,0 2,0 3624 kg 52 kg	6,2	
	15. Plesteran	590,450 m ³	56	Pekerja Tukang Mandor Semen Portland Pasir Pasang Alat Bantu	2,100 Jam 1,050 Jam 0,210 Jam 5,840 kg 0,016 m ³ 0,100 Set		0,476 m ³ /jam 0,952 m ³ /jam 4,762 m ³ /jam 10,000 m ³ /set	2,0 1,0 1,0 62 kg 1 m ³	0,1	

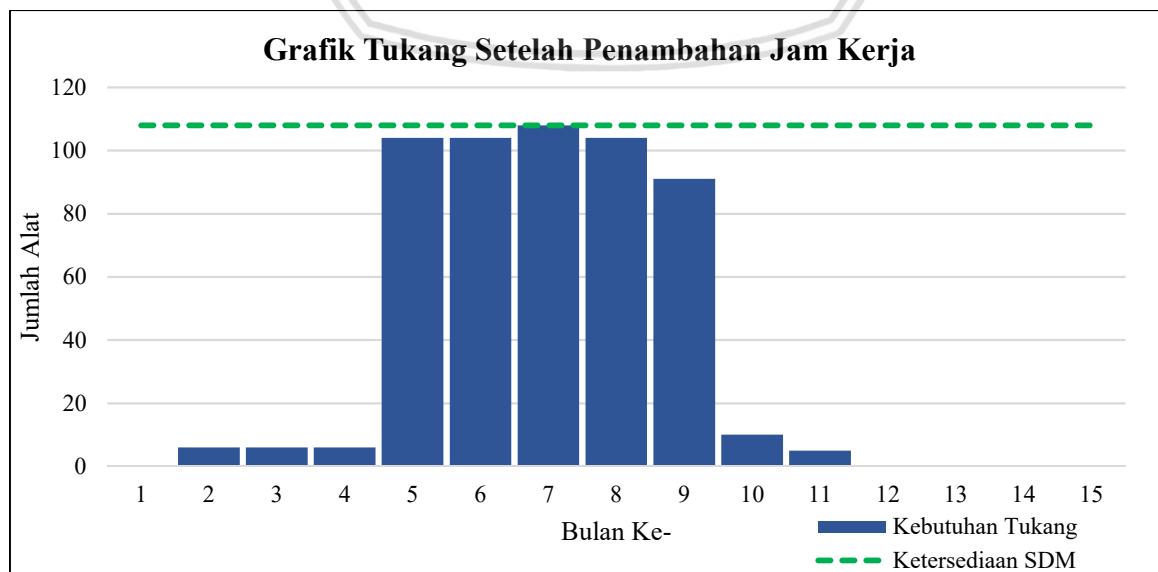
Sumber : Hasil Perhitungan (2018)



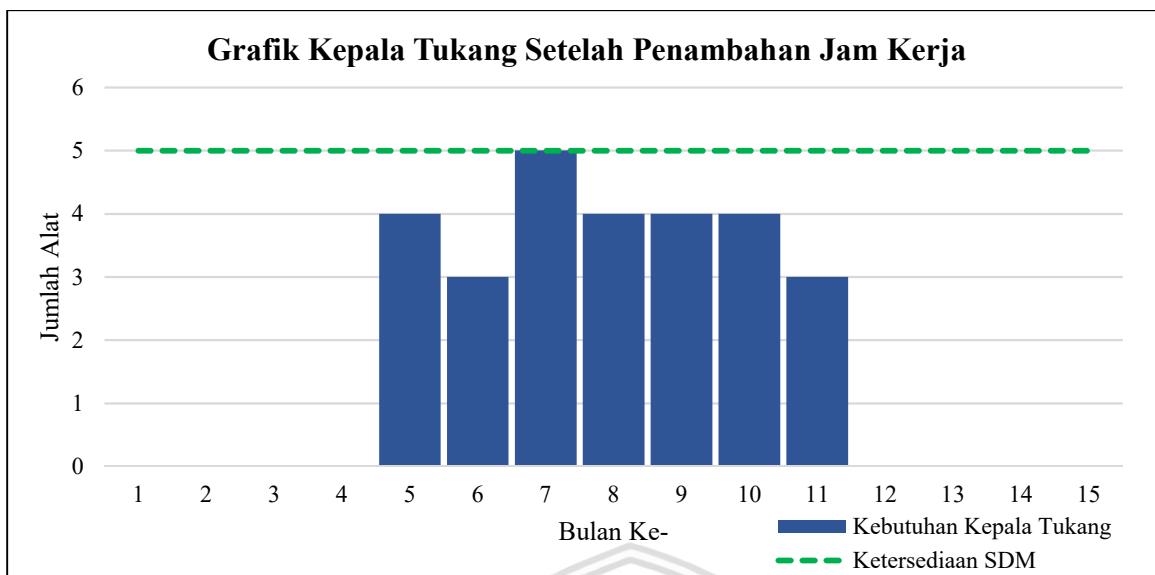
Gambar 4.43. Grafik Pekerja Setelah Penambahan Jam Kerja



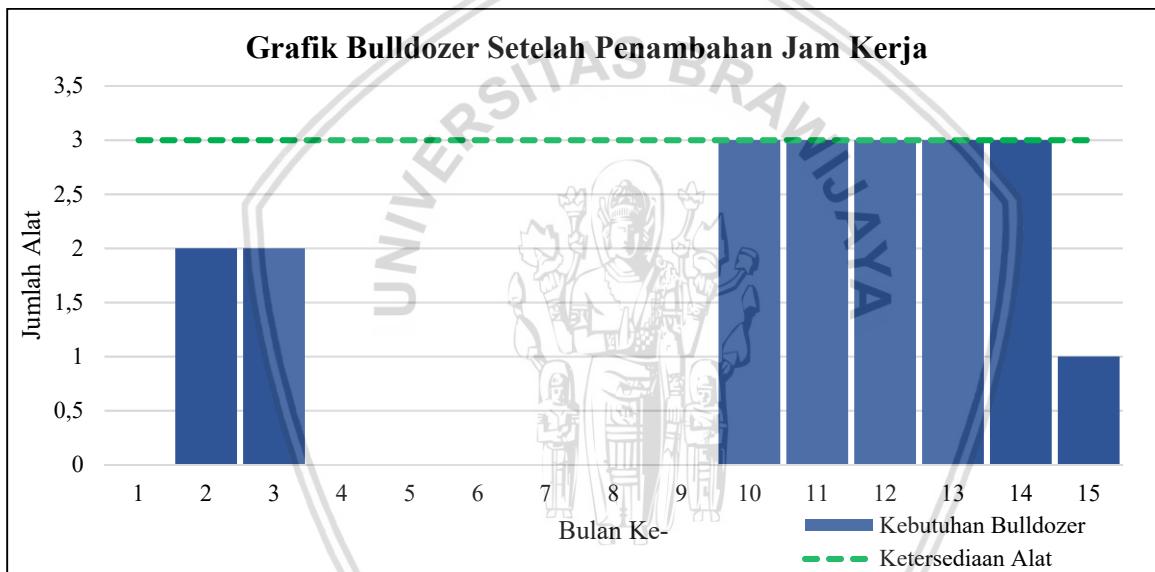
Gambar 4.44. Grafik Mandor Setelah Penambahan Jam Kerja



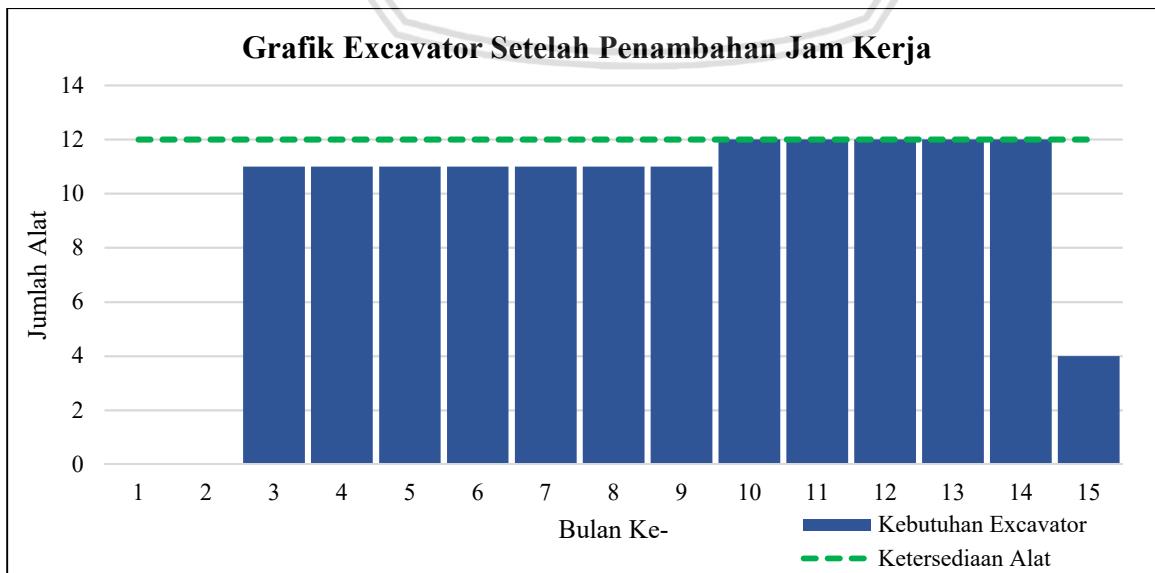
Gambar 4.45. Grafik Tukang Setelah Penambahan Jam Kerja



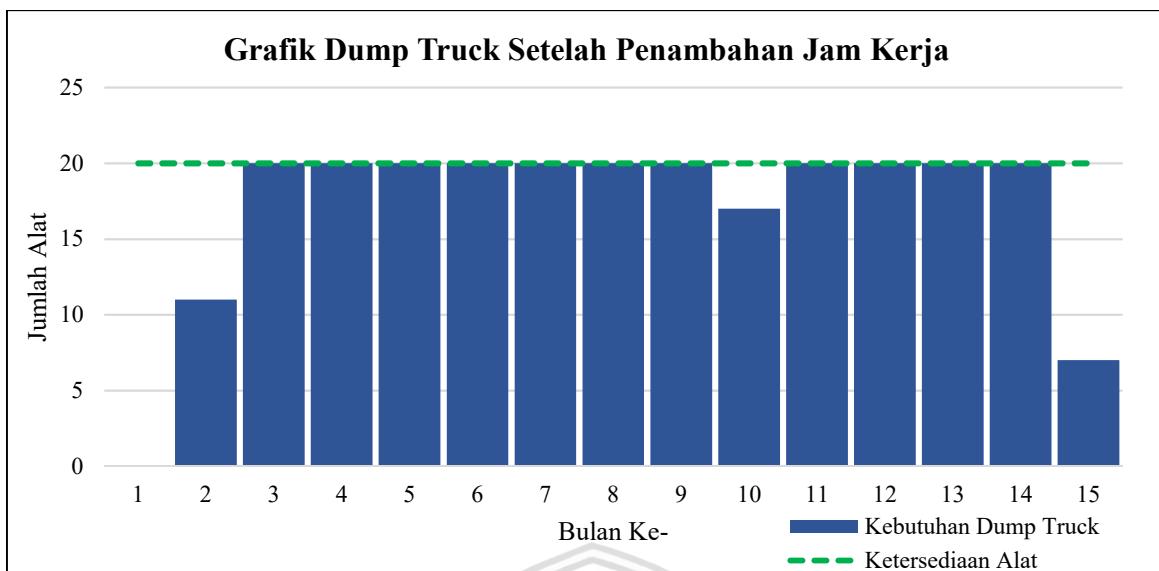
Gambar 4.46. Grafik Kepala Tukang Setelah Penambahan Jam Kerja



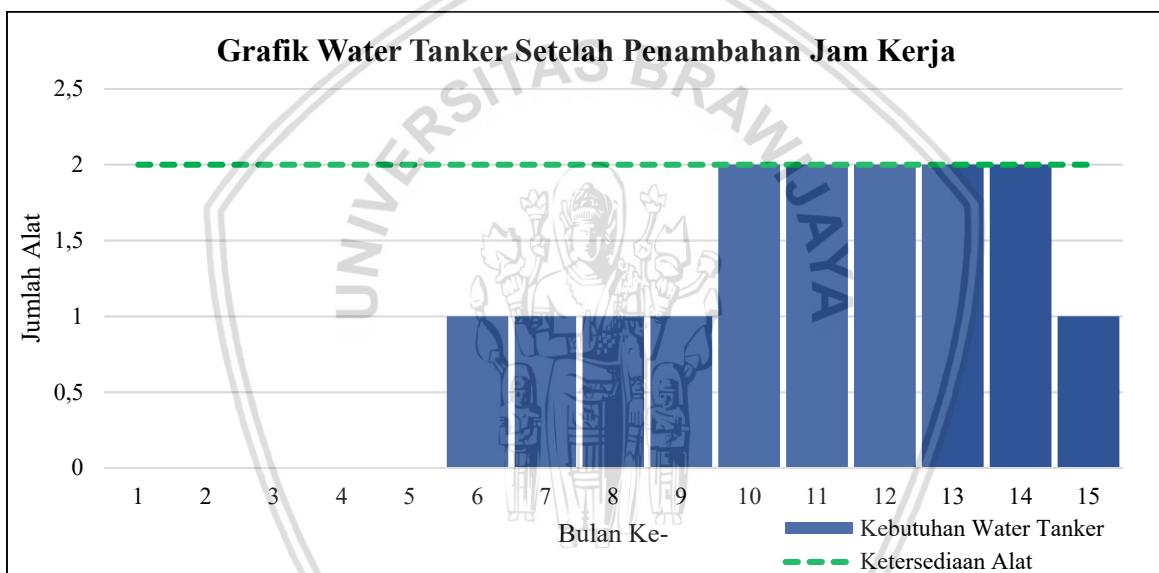
Gambar 4.47. Grafik Bulldozer Setelah Penambahan Jam Kerja



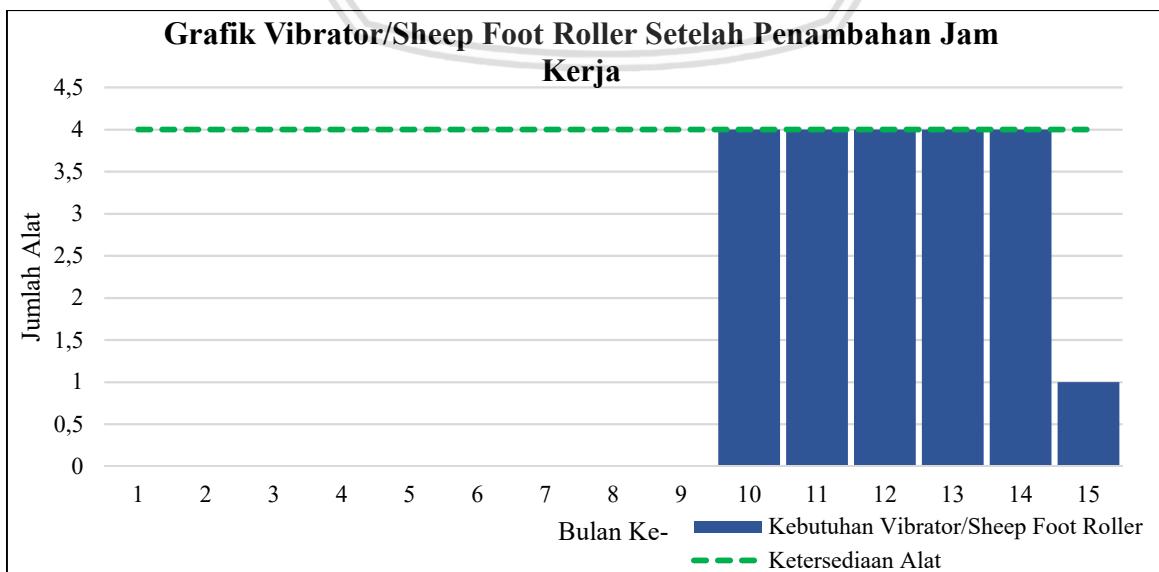
Gambar 4.48. Grafik Excavator Setelah Penambahan Jam Kerja



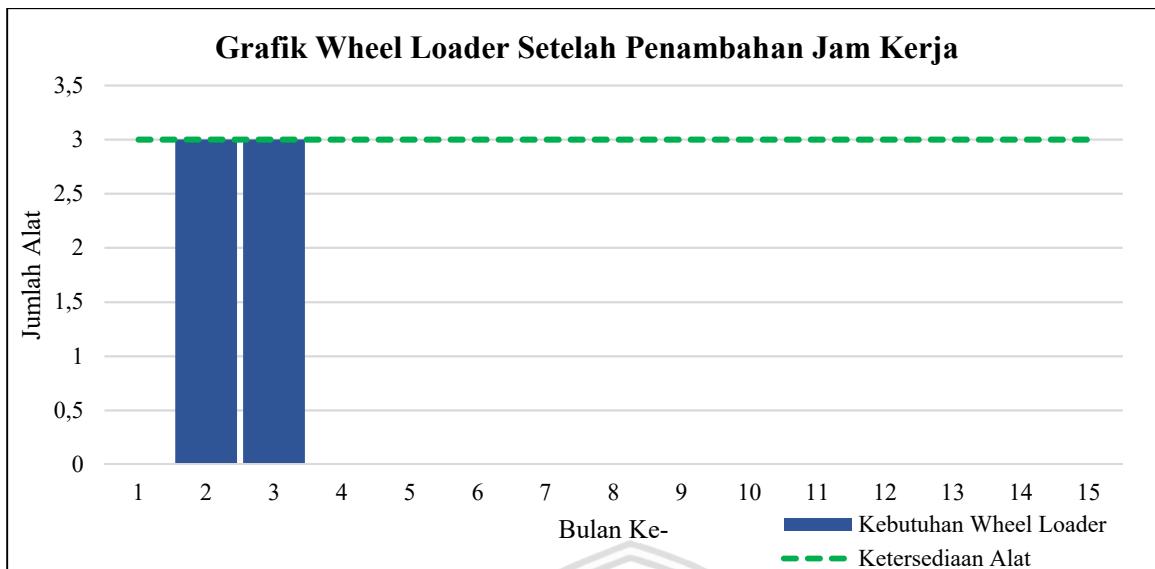
Gambar 4.49. Grafik Dump Truck Setelah Penambahan Jam Kerja



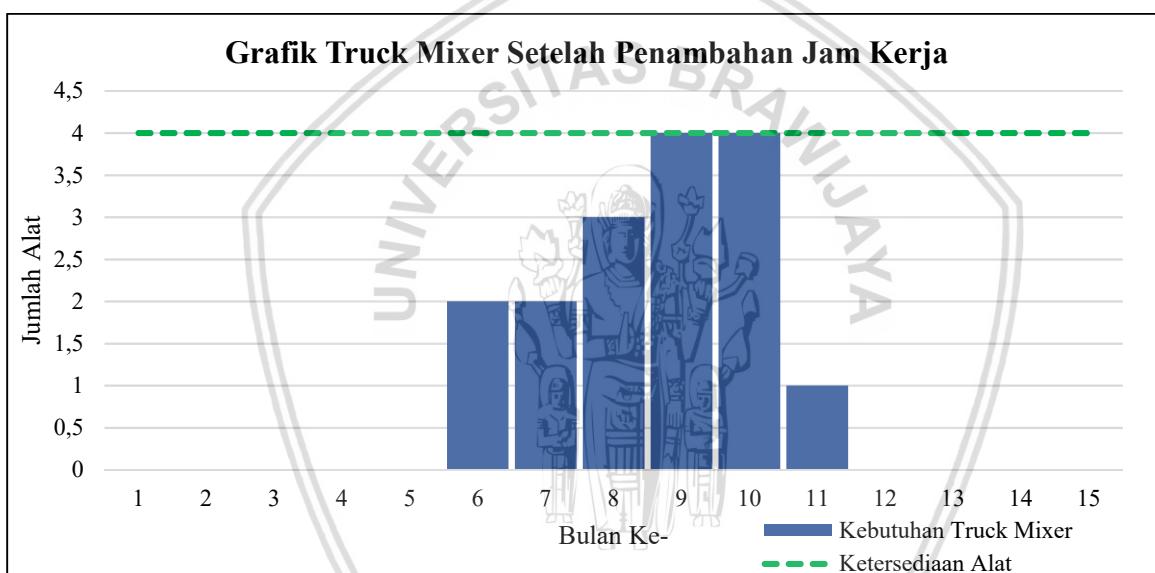
Gambar 4.50. Grafik Water Tanker Setelah Penambahan Jam Kerja



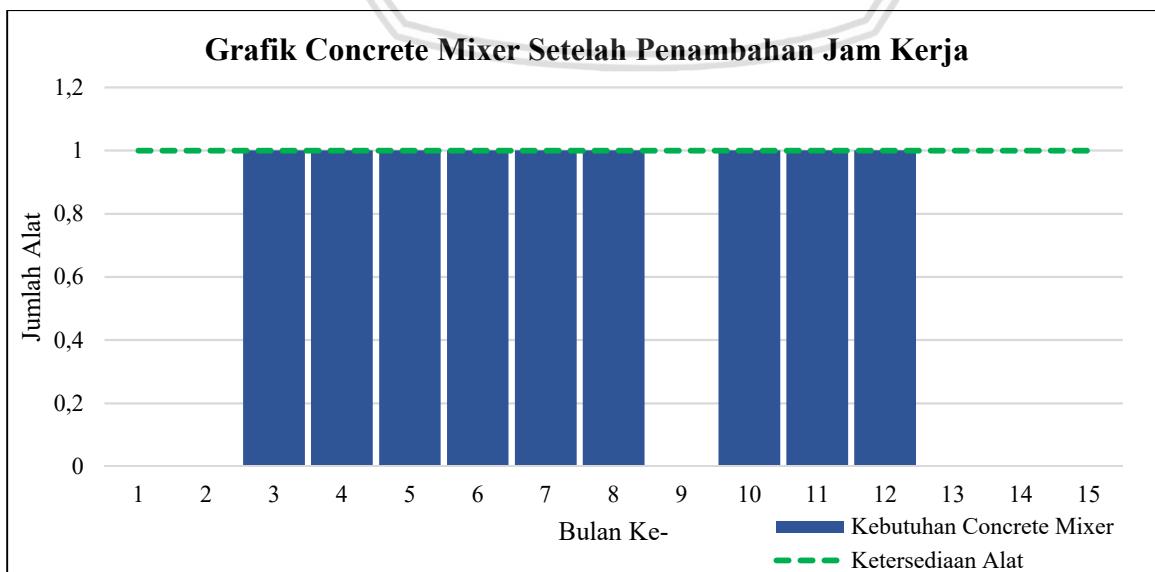
Gambar 4.51. Grafik Vibrator/Sheep Foot Roller Setelah Penambahan Jam Kerja



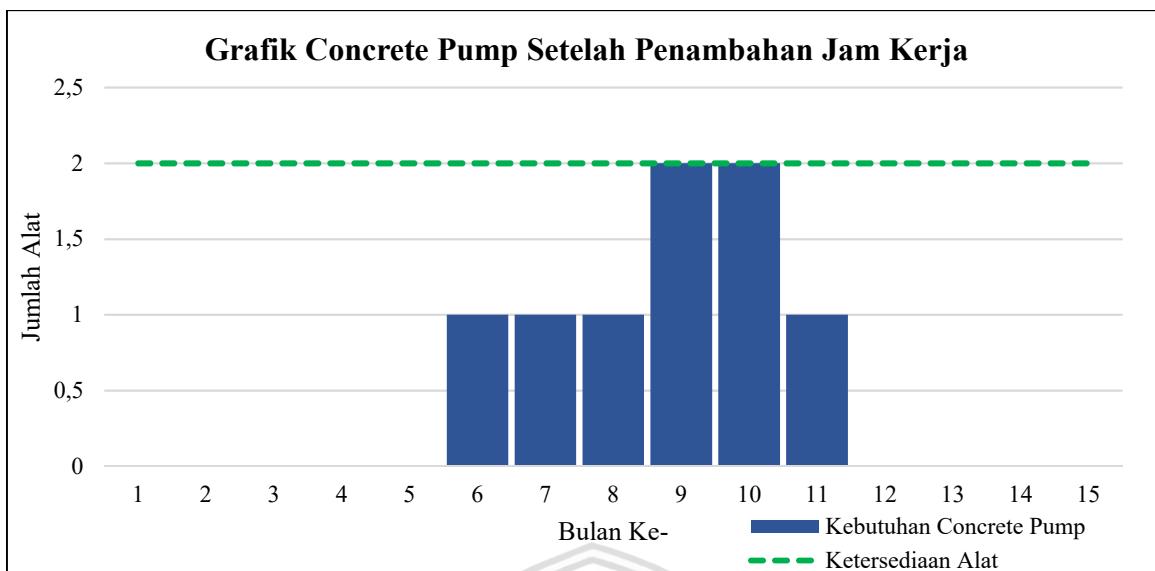
Gambar 4.52. Grafik Wheel Loader Setelah Penambahan Jam Kerja



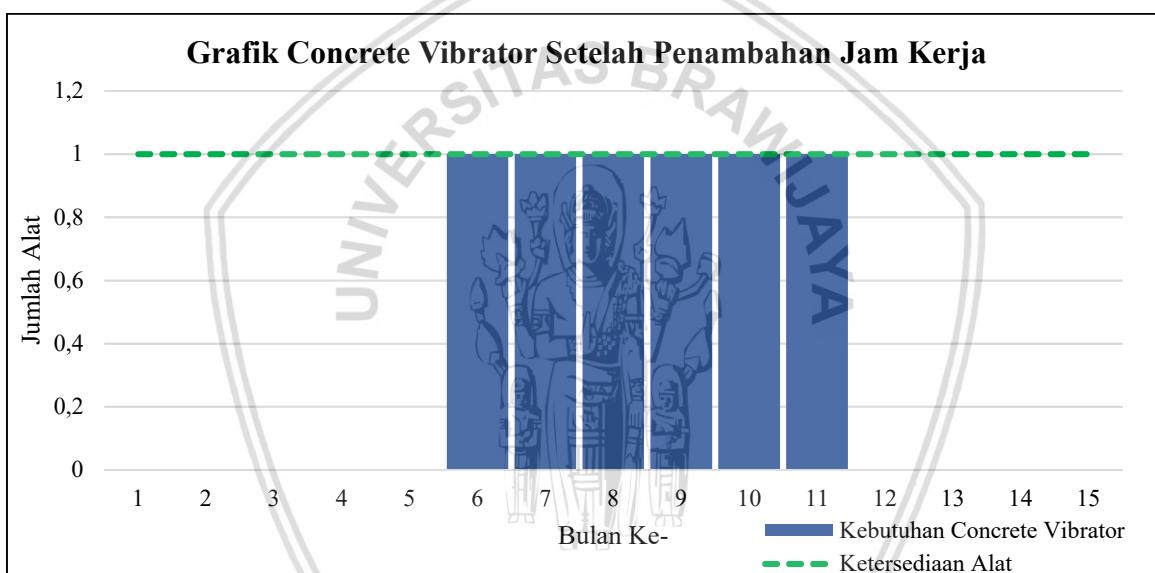
Gambar 4.53. Grafik Truck Mixer Setelah Penambahan Jam Kerja



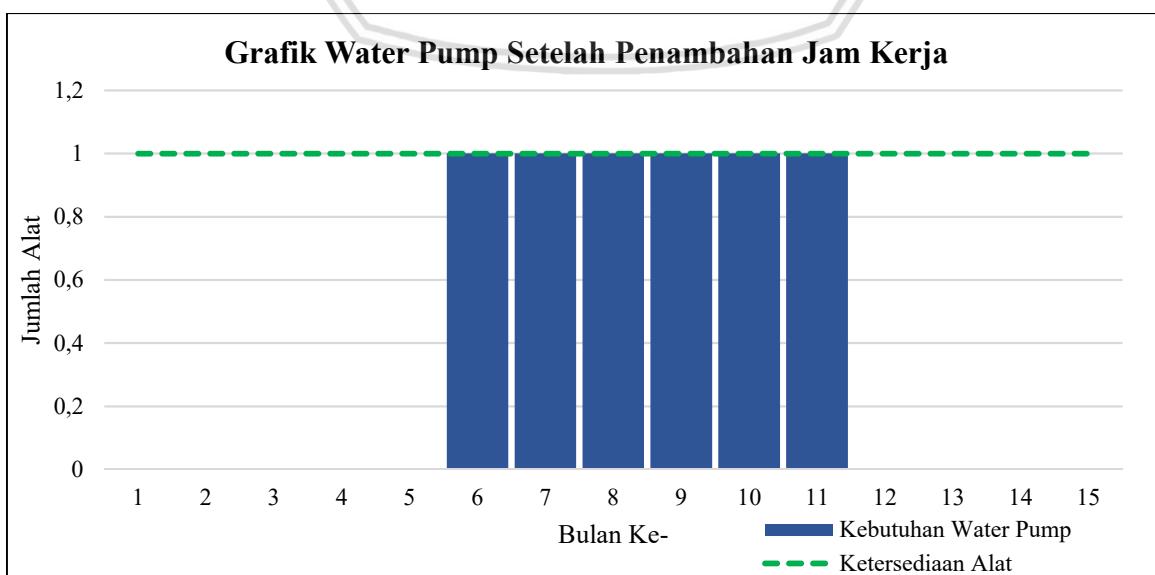
Gambar 4.54. Grafik Concrete Mixer Setelah Penambahan Jam Kerja



Gambar 4.55. Grafik Concrete Pump Setelah Penambahan Jam Kerja



Gambar 4.56. Grafik Concrete Vibrator Setelah Penambahan Jam Kerja



Gambar 4.57. Grafik Water Pump Setelah Penambahan Jam Kerja

4.5.1.2. Percepatan Jadwal Proyek Dengan Penambahan Sumber Daya

Selain penambahan jam kerja, untuk mempercepat jadwal proyek dapat dilakukan dengan penambahan sumber daya yang terdiri dari sumber daya manusia dan alat berat. Dimana penambahan sumber daya dilakukan hanya pada kegiatan-kegiatan yang berada pada lintasan kritis, sehingga dapat mempercepat jadwal keseluruhan proyek. Dalam alternatif ini durasi setiap kegiatan sama dengan durasi pekerjaan pada alternatif penambahan jam kerja, tetapi jam kerja yang digunakan adalah jam kerja normal. Sehingga dengan begitu akan terjadi penambahan kebutuhan pekerja dan alat berat, penambahan ini yang akan di analisis terhadap biaya keseluruhan proyek.

Untuk memudahkan perhitungan, maka dibuat tabel analisis kebutuhan sumber daya (Tabel 4.15.) dengan keterangan kolom sebagai berikut:

1. Nomer kode untuk masing-masing pekerjaan
2. Deskripsi pekerjaan
3. Besarnya volume pekerjaan (perhitungan volume pekerjaan)
4. Durasi pekerjaan (hasil analisis durasi pekerjaan dengan penambahan jam kerja)
5. Sumber daya terpakai (hasil analisis harga satuan)
6. Koefisien sumber daya terpakai (hasil analisis harga satuan pekerjaan)
7. Jenis alat yang menunjang pekerjaan (hasil analisis harga satuan pekerjaan)

Contoh pekerjaan pembersihan area kerja pada *conduit* pengelak.

8. Produktifitas pekerja dan alat:

$$\text{Koefisien pekerja} = 0,101 \text{ jam}$$

$$\text{Produktifitas pekerja} = 1 / 0,101$$

$$= 9,921 \text{ m}^2/\text{jam}$$

9. Jumlah kebutuhan sumber daya manusia per hari:

- Pekerja = $13280,030 / ((6 \times 8 \times 9,921))$

$$= 27,888 \approx 28 \text{ orang}$$

- Mandor = $13280,030 / ((6 \times 8 \times 59,524))$

$$= 4,648 \approx 5 \text{ orang}$$

- Sopir = 4 orang (menyesuaikan alat berat yang akan dikemudikan)

- Operator = 2 orang (menyesuaikan alat berat yang akan dioperasikan)

10. Jumlah kebutuhan material per hari, dalam pekerjaan pembersihan area kerja pada *conduit* pengelak tidak dibutuhkan material.

11. Jumlah kebutuhan alat per hari:

- $Bulldozer w/ Ripper = 13280,030 / ((6 \times 8 \times 367,866)$
= 0,752 ≈ 1 buah
- $Wheel Loader = 13280,030 / ((6 \times 8 \times 386,379)$
= 0,716 ≈ 1 buah
- $Dump Truck = 13280,030 / ((6 \times 8 \times 69,373)$
= 3,988 ≈ 4 buah

Hasil analisis kebutuhan sumber daya pekerjaan pelaksanaan konstruksi *conduit pengelak* dan *cofferdam* pada Bendungan Gondang dapat dilihat pada tabel 4.15.





Tabel 4.15.

Analisis Kebutuhan Sumber Daya Pekerjaan Pelaksanaan Konstruksi *Conduit Pengelak* dan *Cofferdam* pada Bendungan Gondang dengan Penambahan Sumber Daya

No.	Deskripsi Pekerjaan	Volume Pekerjaan	Durasi Hari	Sumber Daya Terpakai	Koefisien	Jenis Alat	Produktivitas Orang / Alat	Jumlah Kebutuhan/hari		
								SDM (Orang)	Material	Alat (bh)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
II.	Pekerjaan Cofferdam A. Cofferdam Hulu 3. Galian Tanah	43762,243 m ³	182	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Excavator Dump Truck	0,100 0,010 0,057 0,025 0,025 0,025 0,057	Jam Jam Jam Jam Jam 80 - 140 Hp 12 m ³	10,000 m ³ /jam 100,000 m ³ /jam 17,466 m ³ /jam 39,926 m ³ /jam 39,926 m ³ /jam 39,926 m ³ /jam 17,466 m ³ /jam	3,0 0,0 1,8 0,8 0,8		
	4. Galian Batu	175048,972 m ³	206	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Excavator with Hydraulic Rock Breaker Dump Truck Alat Bantu	0,035 0,004 0,116 0,064 0,064 0,064 0,116 0,030	Jam Jam Jam Jam Jam 80 - 140 Hp with HRB 12 m ³	28,571 m ³ /jam 285,714 m ³ /jam 8,634 m ³ /jam 15,647 m ³ /jam 15,647 m ³ /jam 15,647 m ³ /jam 8,634 m ³ /jam 33,333 m ³ /set	4,0 1,0 12,4 6,8 6,8		
	5. Timbunan Random	266483,440 m ³	133	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Bulldozer Vibrator Roler Dump Truck Excavator Water Tanker	0,050 0,005 0,047 0,042 0,026 0,007 0,008 0,044 0,026 0,003	Jam Jam Jam Jam Jam 100 - 150 Hp 5 - 8 ton 12 m ³ 80 - 140 Hp 3000 ltr with pipa sprayer	20,000 m ³ /jam 200,000 m ³ /jam 21,281 m ³ /jam 24,082 m ³ /jam 37,756 m ³ /jam 139,459 m ³ /jam 127,094 m ³ /jam 22,673 m ³ /jam 37,756 m ³ /jam 346,577 m ³ /jam	13,0 2,0 11,9 10,5 6,7		
	6. Timbunan Inti	70456,533 m ³	133	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Bulldozer Vibrator Roller Vibrator Roller with Sheep Foot Dump Truck Excavator Water Tanker	0,070 0,007 0,047 0,057 0,026 0,010 0,011 0,009 0,044 0,026 0,003	Jam Jam Jam Jam Jam 100 - 150 Hp 5 - 8 ton 5 - 8 ton with Sheep Foot 12 m ³ 80 - 140 hp 3000 ltr with pipa sprayer	14,286 m ³ /jam 142,857 m ³ /jam 21,281 m ³ /jam 17,538 m ³ /jam 37,756 m ³ /jam 95,677 m ³ /jam 87,150 m ³ /jam 116,200 m ³ /jam 22,673 m ³ /jam 37,756 m ³ /jam 346,577 m ³ /jam	5,0 1,0 3,2 3,9 1,8		
	7. Timbunan Filter	32469,088 m ³	133	Pekerja Mandor Sopir Operator Urugan Agregat Halus Bulldozer Vibrator Roller Dump Truck	0,070 0,007 0,044 0,022 1,200 m ³ 0,010 0,011 0,044	Jam Jam Jam Jam m ³ Jam Jam Jam	14,286 m ³ /jam 142,857 m ³ /jam 22,673 m ³ /jam 45,607 m ³ /jam 95,677 m ³ /jam 87,150 m ³ /jam 116,200 m ³ /jam 22,673 m ³ /jam 37,756 m ³ /jam 346,577 m ³ /jam	3,0 1,0 1,4 0,8	293 m ³	0,4 0,4 1,4
	8. Rip-rap	20939,180 m ³	100	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Batu dia 40 -100 cm Excavator (muat)	1,123 0,112 0,116 0,096 0,096 1,200 m ³ 0,048	Jam Jam Jam Jam Jam 80 - 140 hp	0,891 m ³ /jam 8,906 m ³ /jam 8,634 m ³ /jam 10,400 m ³ /jam 10,400 m ³ /jam 20,800 m ³ /jam	30,0 3,0 3,1 2,6 2,6	252 m ³	1,3

Lanjutan Tabel 4.15.

Analisis Kebutuhan Sumber Daya Pekerjaan Pelaksanaan Konstruksi *Conduit Pengelak* dan *Cofferdam* pada Bendungan Gondang dengan Penambahan Sumber Daya

No.	Deskripsi Pekerjaan	Volume Pekerjaan	Durasi Hari	Sumber Daya Terpakai	Koefisien	Jenis Alat	Produktivitas Orang / Alat	Jumlah Kebutuhan/hari			
								SDM (Orang)	Material	Alat (bh)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
				Excavator (menyusun) Dump Truck Alat Bantu	0,048 0,116 0,150	Jam Jam Set	80 - 140 hp 12 m ³	20,800 m ³ /jam 8,634 m ³ /jam 6,667 m ³ /set		1,3 3,1 4,0	
	B. Cofferdam Hilir 3. Galian Tanah	17039,425 m ³	79	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Excavator Dump Truck	0,100 0,010 0,057 0,025 0,025 0,025 0,057	Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam	80 - 140 Hp 12 m ³	10,000 m ³ /jam 100,000 m ³ /jam 17,466 m ³ /jam 39,926 m ³ /jam 39,926 m ³ /jam 39,926 m ³ /jam 17,466 m ³ /jam	3,0 0,0 1,6 0,7 0,7	0,7 1,6	
	4. Galian Batu	68157,701 m ³	80	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Excavator with Hydraulic Rock Breaker Dump Truck Alat Bantu	0,035 0,004 0,116 0,064 0,064 0,064 0,116 0,030	Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam Set	80 - 140 Hp with HRB 12 m ³	28,571 m ³ /jam 285,714 m ³ /jam 8,634 m ³ /jam 15,647 m ³ /jam 15,647 m ³ /jam 15,647 m ³ /jam 8,634 m ³ /jam 33,333 m ³ /set	4,0 1,0 12,4 6,9 6,9	6,9 12,4 3,2	
	5. Timbunan Random	191575,272 m ³	162	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Bulldozer Vibrator Roler Dump Truck Excavator Water Tanker	0,050 0,005 0,047 0,042 0,026 0,007 0,008 0,044 0,026 0,003	Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam Jam	100 - 150 Hp 5 - 8 ton 12 m ³ 80 - 140 Hp 3000 ltr with pipa sprayer	20,000 m ³ /jam 200,000 m ³ /jam 21,281 m ³ /jam 24,082 m ³ /jam 37,756 m ³ /jam 139,459 m ³ /jam 127,094 m ³ /jam 22,673 m ³ /jam 37,756 m ³ /jam 346,577 m ³ /jam	8,0 1,0 7,1 6,3 4,0	1,1 1,2 6,6 4,0 0,5	
	6. Timbunan Filter	32289,860 m ³	162	Pekerja Mandor Sopir Operator Urugan Agregat Halus Bulldozer Vibrator Roller Dump Truck	0,070 0,007 0,044 0,022 1,200 m ³ 0,010 0,011 0,044	Jam Jam Jam Jam Jam 100 - 150 Hp 5 - 8 ton 12 m ³		14,286 m ³ /jam 142,857 m ³ /jam 22,673 m ³ /jam 45,607 m ³ /jam 95,677 m ³ /jam 87,150 m ³ /jam 22,673 m ³ /jam	2,0 1,0 1,1 0,6	240 m ³	0,3 0,3 1,1
	7. Rip-rap	11519,816 m ³	121	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Batu dia 40 -100 cm Excavator (muat) Excavator (menyusun) Dump Truck Alat Bantu	1,123 0,112 0,116 0,096 0,096 1,200 m ³ 0,048 0,048 0,116 0,150	Jam Jam Jam Jam Jam 1,200 m ³ Jam Jam Jam Set	80 - 140 hp 80 - 140 hp 12 m ³	0,891 m ³ /jam 8,906 m ³ /jam 8,634 m ³ /jam 10,400 m ³ /jam 10,400 m ³ /jam 20,800 m ³ /jam 20,800 m ³ /jam 8,634 m ³ /jam 6,667 m ³ /set	14,0 2,0 1,4 1,2 1,2	115 m ³	0,6 0,6 1,4 1,8
III.	Pekerjaan Conduit Pengelak A. Conduit Pengelak 1. Pembersihan Area Kerja	13280,030 m ²	6	Pekerja Mandor Sopir Operator Bulldozer with Ripper	0,101 0,017 0,014 0,005 0,003	Jam Jam Jam Jam Jam	100 - 150 Hp with ripper	9,921 m ² /jam 59,524 m ² /jam 69,373 m ² /jam 188,448 m ² /jam 367,866 m ² /jam	28,0 5,0 4,0 1,6	0,8	

Lanjutan Tabel 4.15.

Analisis Kebutuhan Sumber Daya Pekerjaan Pelaksanaan Konstruksi *Conduit Pengelak* dan *Cofferdam* pada Bendungan Gondang dengan Penambahan Sumber Daya

No.	Deskripsi Pekerjaan	Volume Pekerjaan	Durasi Hari	Sumber Daya Terpakai	Koefisien	Jenis Alat	Produktivitas Orang / Alat	Jumlah Kebutuhan/hari		
								SDM (Orang)	Material	Alat (bh)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
				Wheel Loader Dump Truck Alat Bantu	0,003 Jam 0,014 Jam 1,000 Set	1 - 1,6 m ³ 12 m ³	386,379 m ² /jam 69,373 m ² /jam 1,000 m ² /set			0,8 4,0 276,7
	2. Pengupasan	13280,030 m ²	5	Mandor Sopir Operator Bulldozer with Ripper Wheel Loader Dump Truck	0,017 Jam 0,028 Jam 0,013 Jam 0,005 Jam 0,008 Jam 0,028 Jam	100 - 150 Hp with ripper	59,524 m ² /jam 35,123 m ² /jam 75,743 m ² /jam 203,973 m ² /jam 120,484 m ² /jam 35,123 m ² /jam	6,0 9,5 4,5		1,7 2,8 9,5
	3. Galian Tanah	17565,743 m ³	87	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Excavator Dump Truck	0,100 Jam 0,010 Jam 0,057 Jam 0,025 Jam 0,025 Jam 0,025 Jam 0,057 Jam	80 - 140 Hp 12 m ³	10,000 m ³ /jam 100,000 m ³ /jam 17,466 m ³ /jam 39,926 m ³ /jam 39,926 m ³ /jam 39,926 m ³ /jam 17,466 m ³ /jam	3,0 1,0 1,5 0,7 0,7		0,7 1,5
	4. Galian Batu	99539,213 m ³	115	Pekerja Mandor Sopir Operator Pembantu Operator Excavator with Hydraulic Rock Breaker Dump Truck Alat Bantu	0,035 Jam 0,004 Jam 0,116 Jam 0,064 Jam 0,064 Jam 0,064 Jam 0,116 Jam 0,030 Set	80 - 140 Hp with HRB 12 m ³	28,571 m ³ /jam 285,714 m ³ /jam 8,634 m ³ /jam 15,647 m ³ /jam 15,647 m ³ /jam 15,647 m ³ /jam 8,634 m ³ /jam 33,333 m ³ /set	4,0 1,0 12,6 7,0 7,0		7,0 12,6 3,3
	7. Lantai Kerja Beton (K100)	160,890 m ³	5	Pekerja Mandor Tukang Kepala Tukang Sopir Operator Batu Pecah Pasir Cor PC Air Bathcing Plant Concrete Pump Water Tanker Water Pump Truck Mixers Concrete Vibrator Alat Bantu	7,000 Jam 0,350 Jam 0,966 Jam 0,126 Jam 0,364 Jam 0,052 Jam 1027,000 kg 893,000 kg 230,000 kg 200,000 ltr 0,025 Jam 0,092 Jam 0,023 Jam 0,027 Jam 0,248 Jam 0,067 Jam 1,250 Set	Kapasitas 40 m ³ 25 bar 3000 ltr 70 - 100 mm 5 m ³	0,143 m ³ /jam 2,857 m ³ /jam 1,035 m ³ /jam 7,937 m ³ /jam 2,748 m ³ /jam 19,090 m ³ /jam 40,000 m ³ /jam 10,816 m ³ /jam 43,185 m ³ /jam 36,520 m ³ /jam 4,027 m ³ /jam 14,940 m ³ /jam 0,800 m ³ /set	29,0 2,0 4,0 1,0 1,5 0,4 33047 kg 28736 kg 7401 kg 6436 ltr		0,2 0,4 0,1 0,2 1,0 0,3 5,1
	8. Bekisting Tipe Ekspose	9316,820 m ²	89	Pekerja Mandor Tukang Paku 5 cm dan 7 cm Multipleks 12 mm Dolken 8 -10 cm Minyak Bekisting Alat Bantu	1,750 Jam 0,084 Jam 4,200 Jam 0,350 kg 0,350 lbr 0,028 m ³ 0,028 Set 0,500 Set		0,571 m ² /jam 11,905 m ² /jam 0,238 m ² /jam 2,000 m ² /set	23,0 2,0 55,0 37 kg 37 lbr 3 m3 3 Set		6,6
	9. Beton (K225)	4380,569 m ³	89	Pekerja Mandor Tukang Kepala Tukang Sopir Operator	7,000 Jam 0,350 Jam 0,966 Jam 0,126 Jam 0,364 Jam 0,052 Jam		0,143 m ³ /jam 2,857 m ³ /jam 1,035 m ³ /jam 7,937 m ³ /jam 2,748 m ³ /jam 19,090 m ³ /jam	44,0 3,0 6,0 1,0 2,4 0,4		

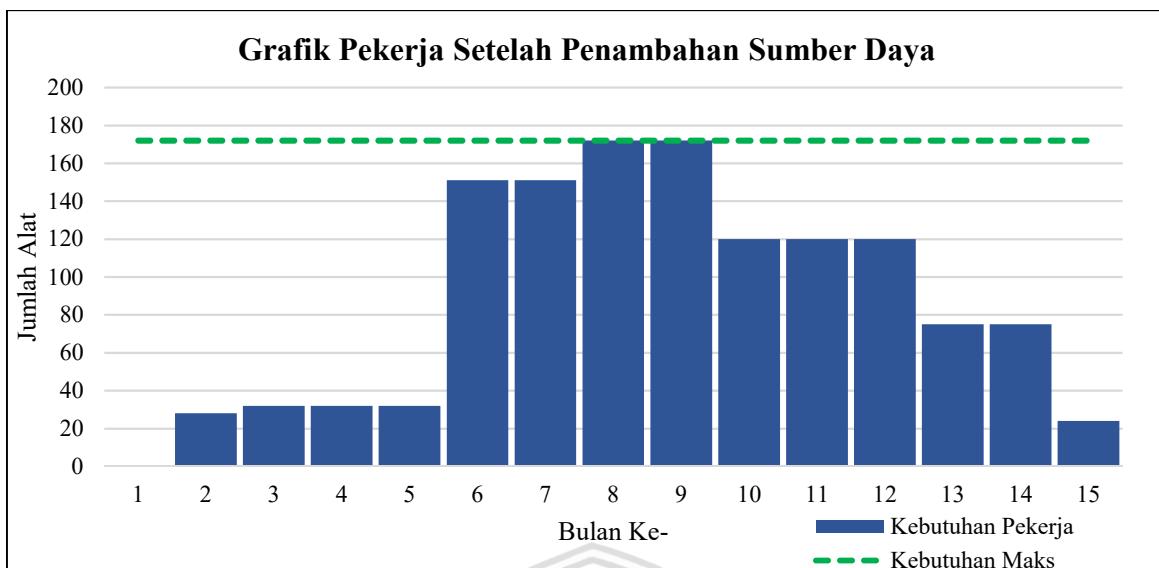
Lanjutan Tabel 4.15.

Analisis Kebutuhan Sumber Daya Pekerjaan Pelaksanaan Konstruksi *Conduit Pengelak* dan *Cofferdam* pada Bendungan Gondang dengan Penambahan Sumber Daya

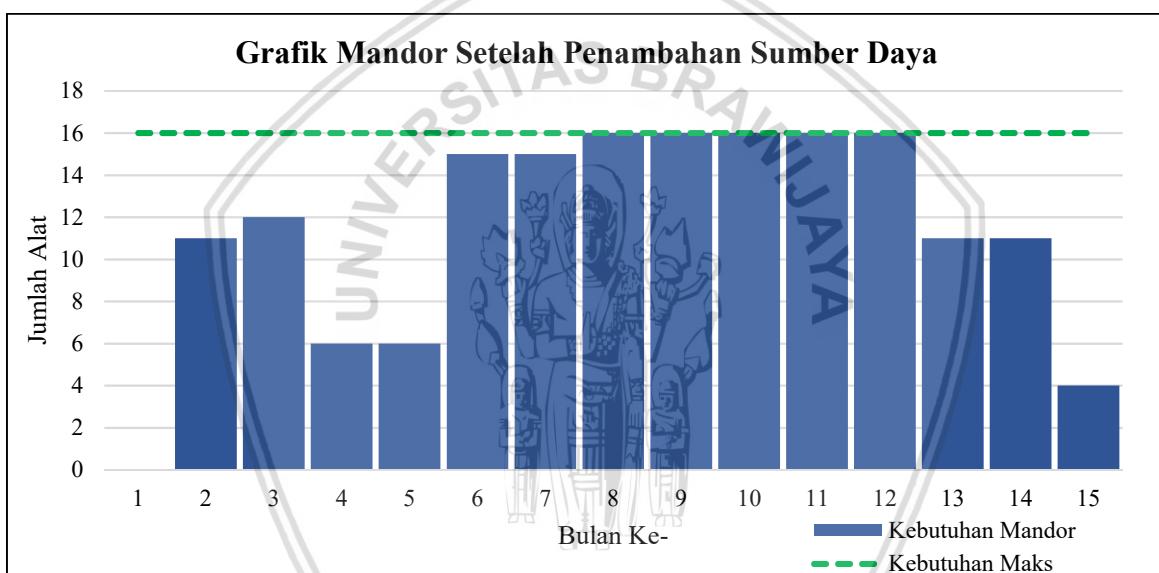
No.	Deskripsi Pekerjaan	Volume Pekerjaan	Durasi Hari	Sumber Daya Terpakai	Koefisien	Jenis Alat	Produktivitas Orang / Alat	Jumlah Kebutuhan/hari		
								SDM (Orang)	Material	Alat (bh)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
				Batu Pecah Pasir Cor PC Air Bathcing Plant Concrete Pump Concrete Vibrator Water Tanker Water Pump Truck Mixers Alat Bantu	1047,000 kg 689,000 kg 371,000 kg 215,000 ltr 0,025 Jam 0,092 Jam 0,067 Jam 0,023 Jam 0,027 Jam 0,248 Jam 1,250 Set	Kapasitas 40 m ³ 25 bar 3000 ltr 70 - 100 mm 5 m ³	40,000 m ³ /jam 10,816 m ³ /jam 14,940 m ³ /jam 43,185 m ³ /jam 36,520 m ³ /jam 4,027 m ³ /jam 0,800 m ³ /set	51534 kg 33913 kg 18261 kg 10583 ltr	0,2 0,6 0,5 0,2 0,2 1,6 7,7	
	10. Besi Tulangan Beton Ulir	307169,640 kg	89	Pekerja Mandor Tukang Kepala Tukang Besi Beton Ulir Kawat Beton Peralatan Tulangan	0,049 Jam 0,0028 Jam 0,049 Jam 0,0049 Jam 1,05 kg 0,015 kg 0,020 Jam		20,4082 kg/jam 357,143 kg/jam 20,408 kg/jam 204,082 kg/jam 50,000 kg/jam	22,0 2,0 22,0 3,0 3624 kg 52 kg	8,7	
	15. Plesteran	590,450 m ³	56	Pekerja Tukang Mandor Semen Portland Pasir Pasang Alat Bantu	2,100 Jam 1,050 Jam 0,210 Jam 5,840 kg 0,016 m ³ 0,100 Set		0,476 m ³ /jam 0,952 m ³ /jam 4,762 m ³ /jam 10,000 m ³ /set	3,0 2,0 1,0 62 kg 1 m ³	0,2	

Sumber: Hasil Perhitungan (2018)

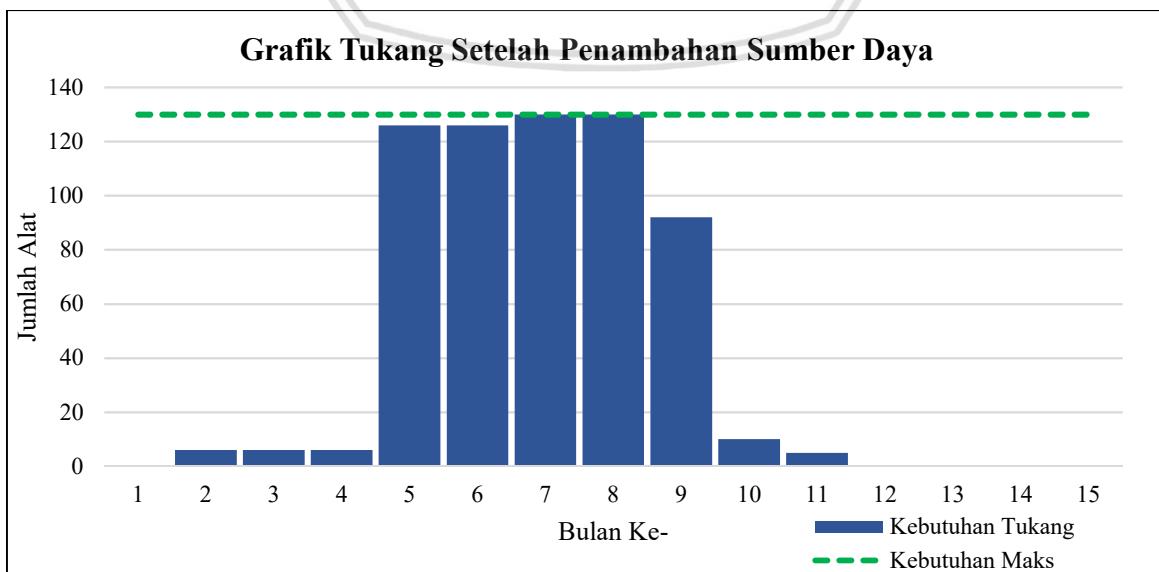




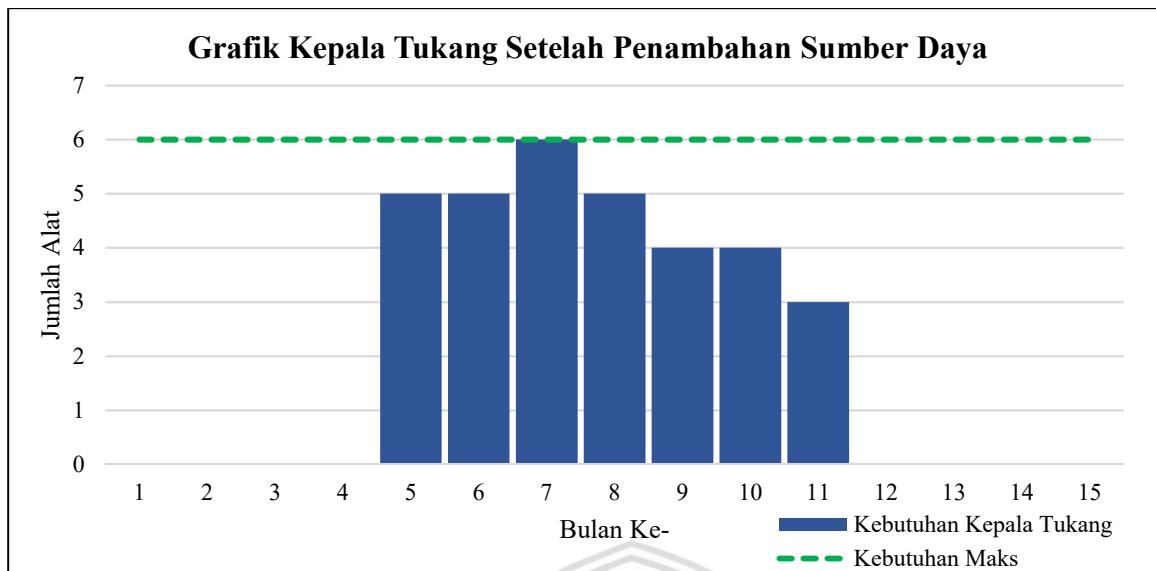
Gambar 4.58. Grafik Pekerja Setelah Penambahan Sumber Daya



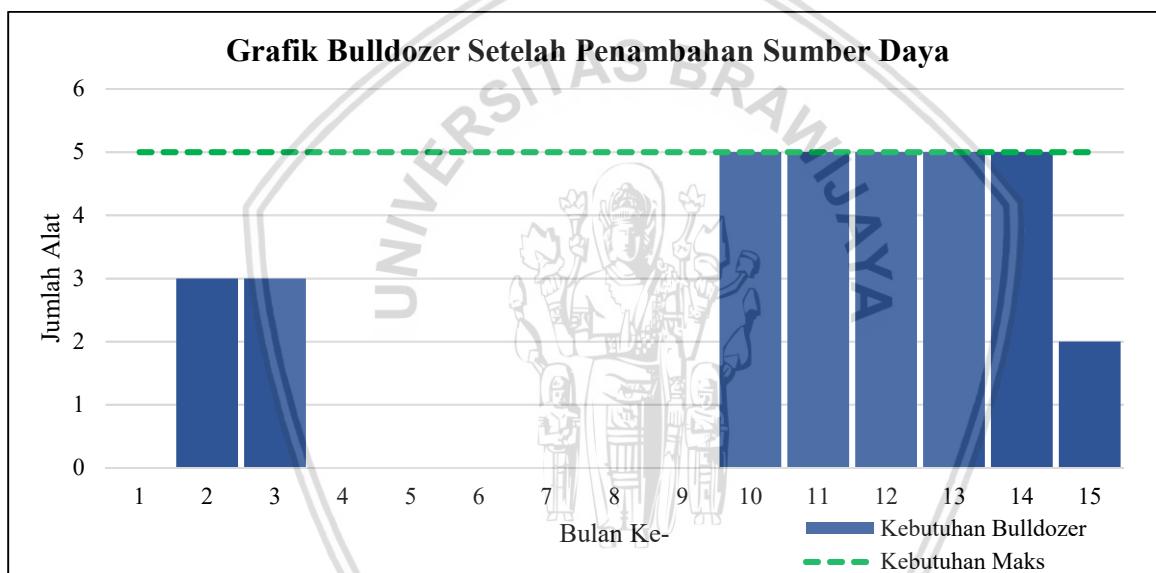
Gambar 4.59. Grafik Mandor Setelah Penambahan Sumber Daya



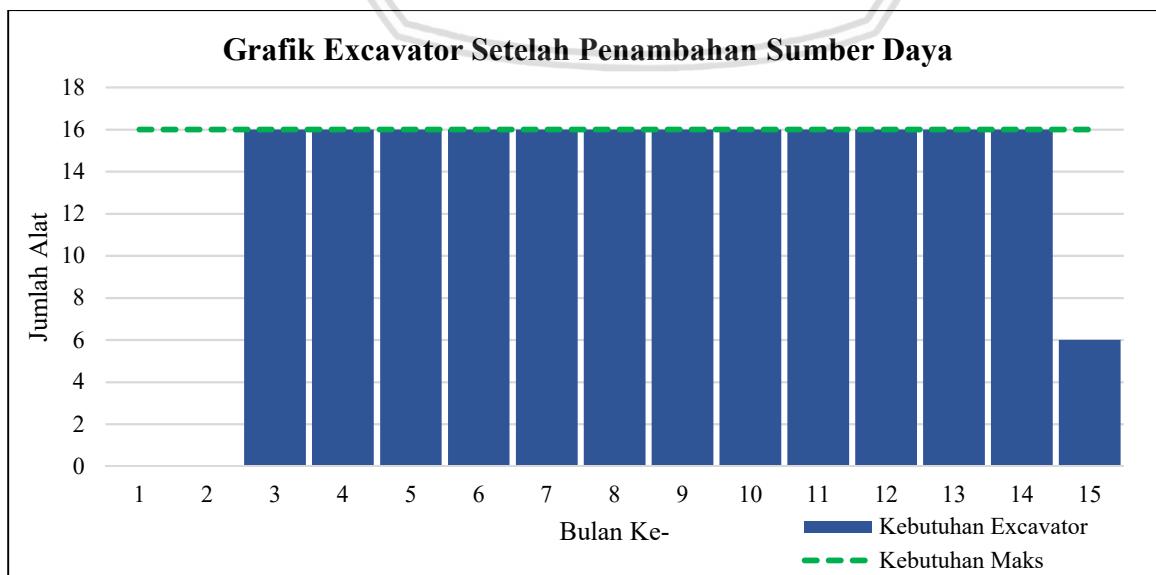
Gambar 4.60. Grafik Tukang Setelah Penambahan Sumber Daya



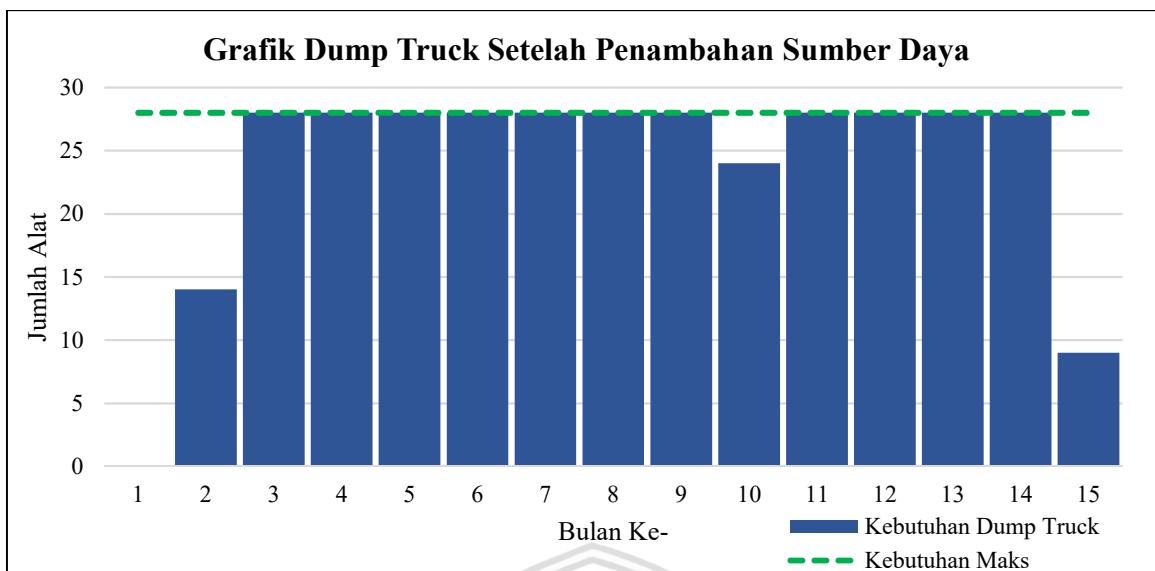
Gambar 4.61. Grafik Kepala Tukang Setelah Penambahan Sumber Daya



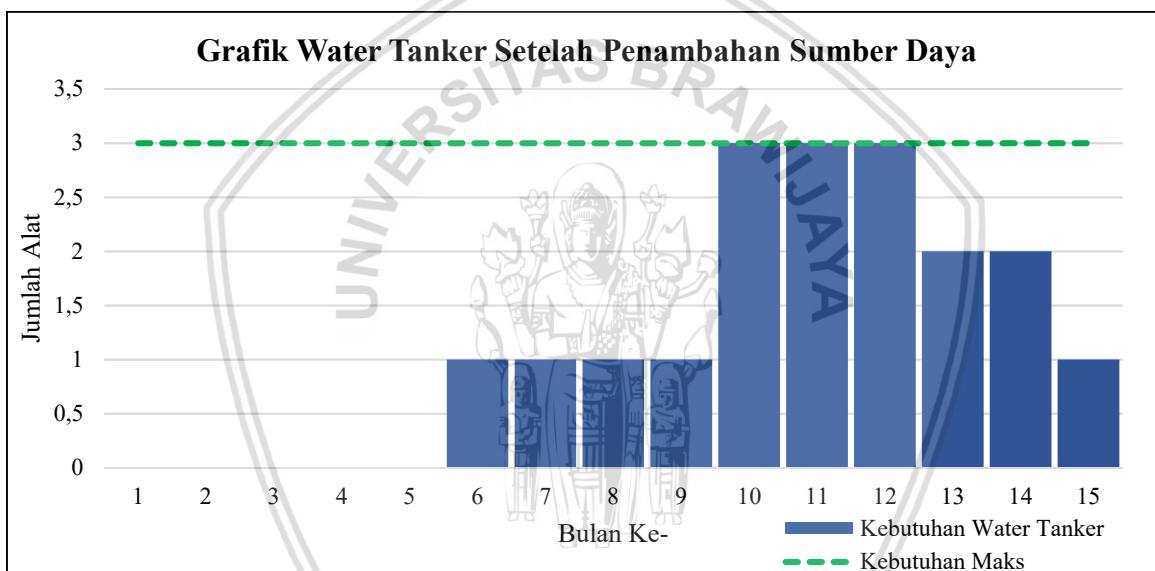
Gambar 4.62. Grafik Bulldozer Setelah Penambahan Sumber Daya



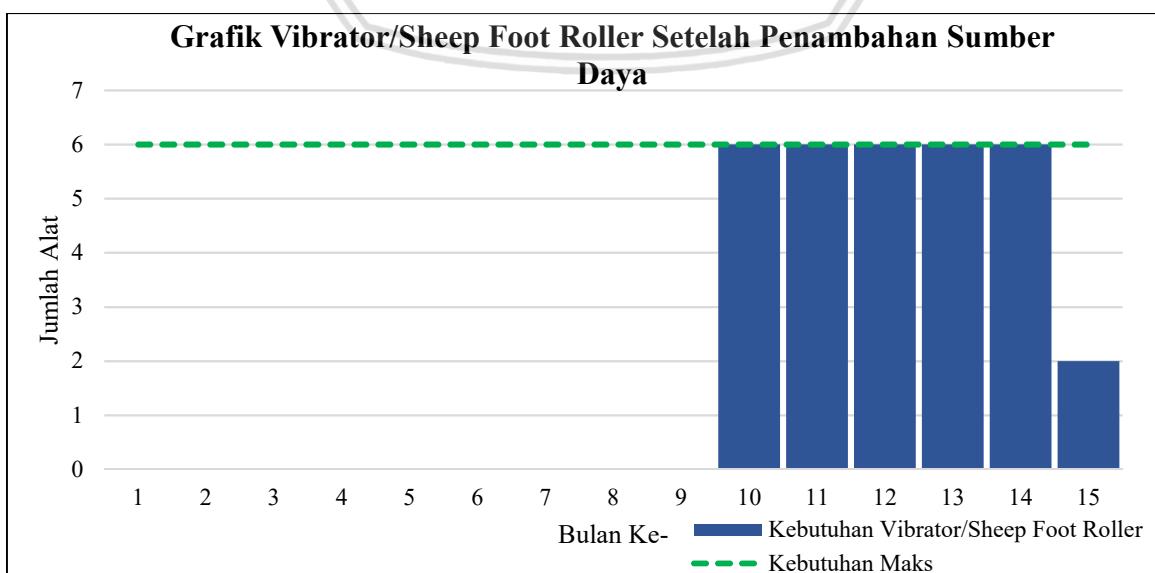
Gambar 4.63. Grafik Excavator Setelah Penambahan Sumber Daya



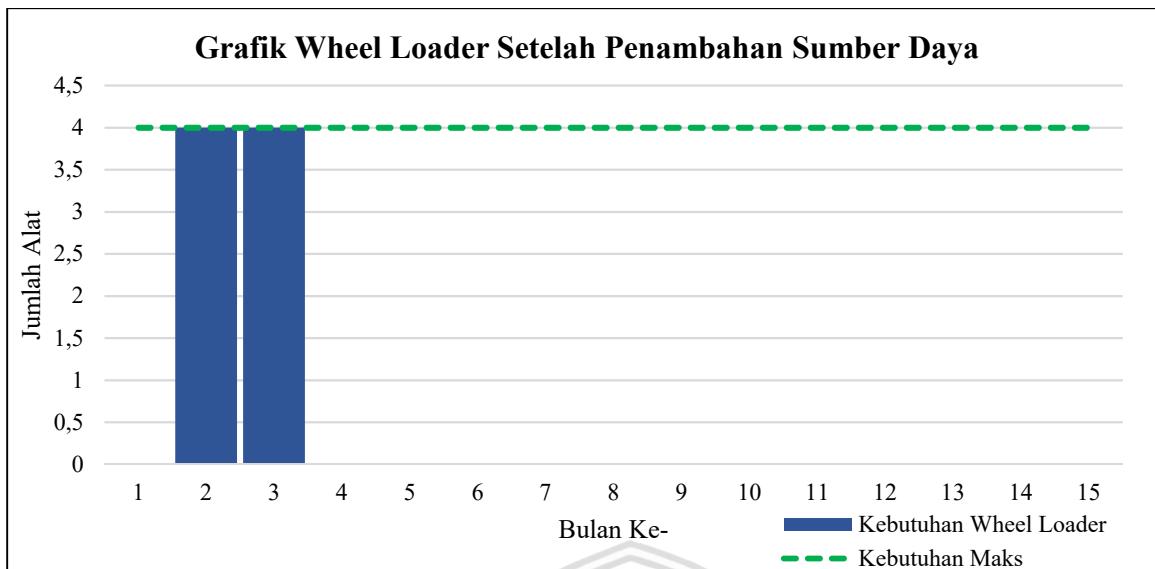
Gambar 4.64. Grafik Dump Truck Setelah Penambahan Sumber Daya



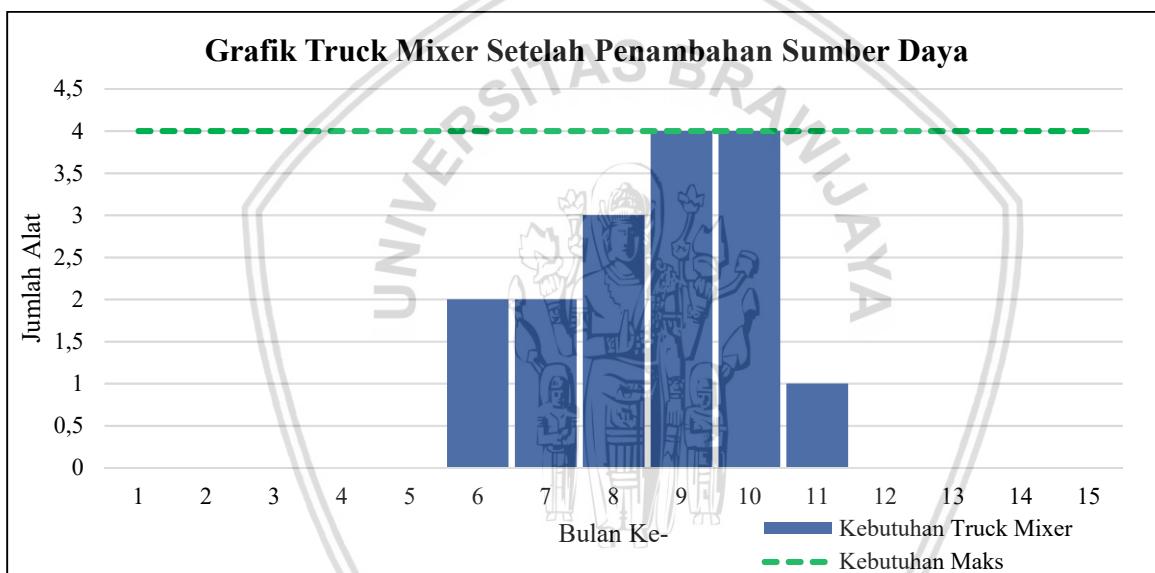
Gambar 4.65. Grafik Water Tanker Setelah Penambahan Sumber Daya



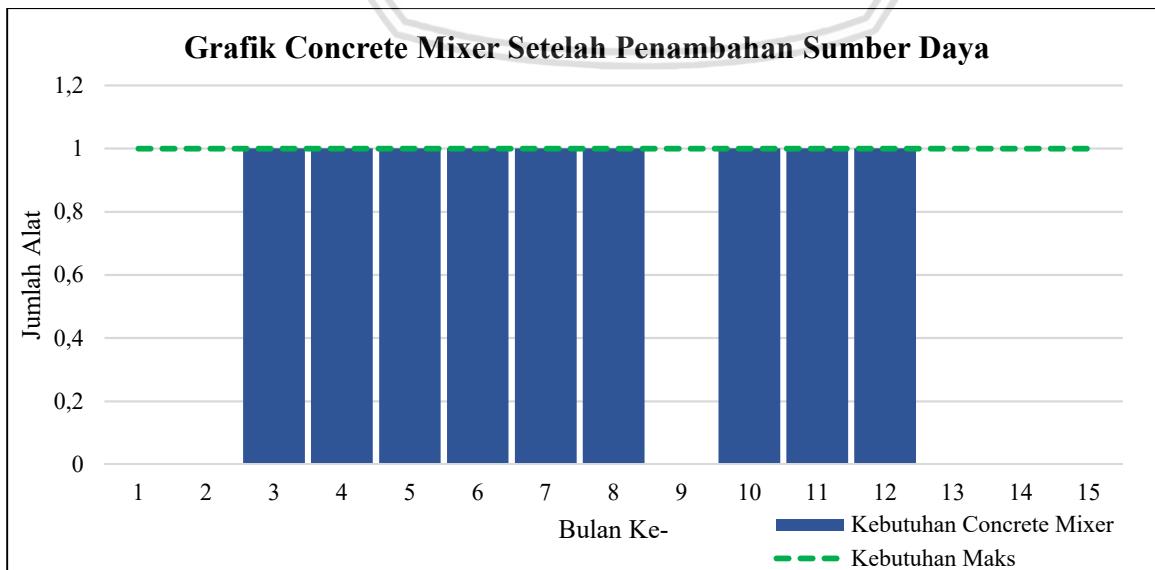
Gambar 4.66. Grafik Vibrator/Sheep Foot Roller Setelah Penambahan Sumber Daya



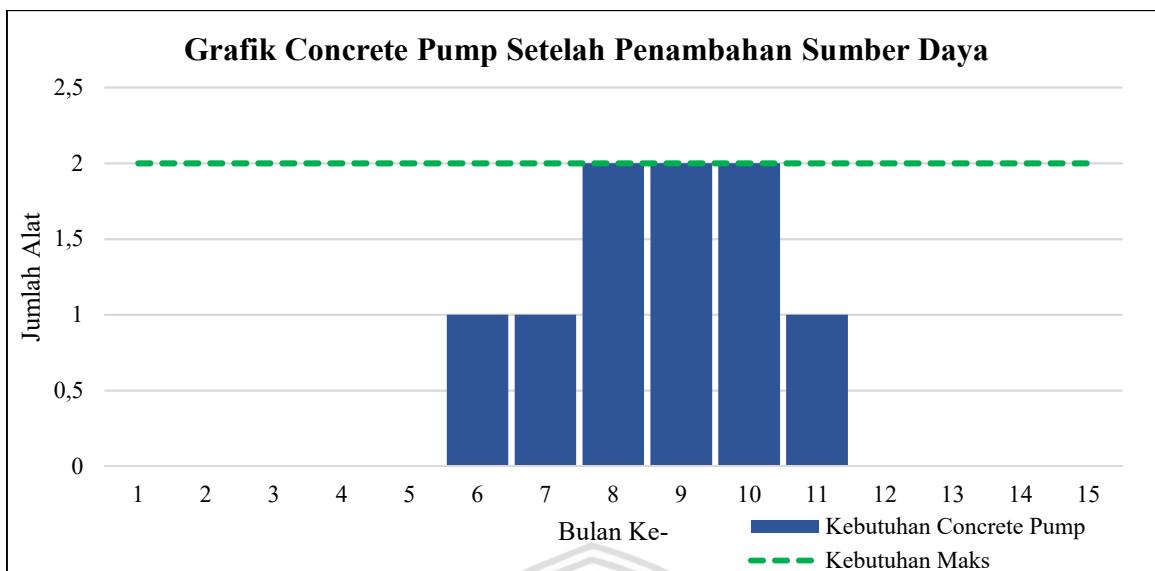
Gambar 4.67. Grafik Wheel Loader Setelah Penambahan Sumber Daya



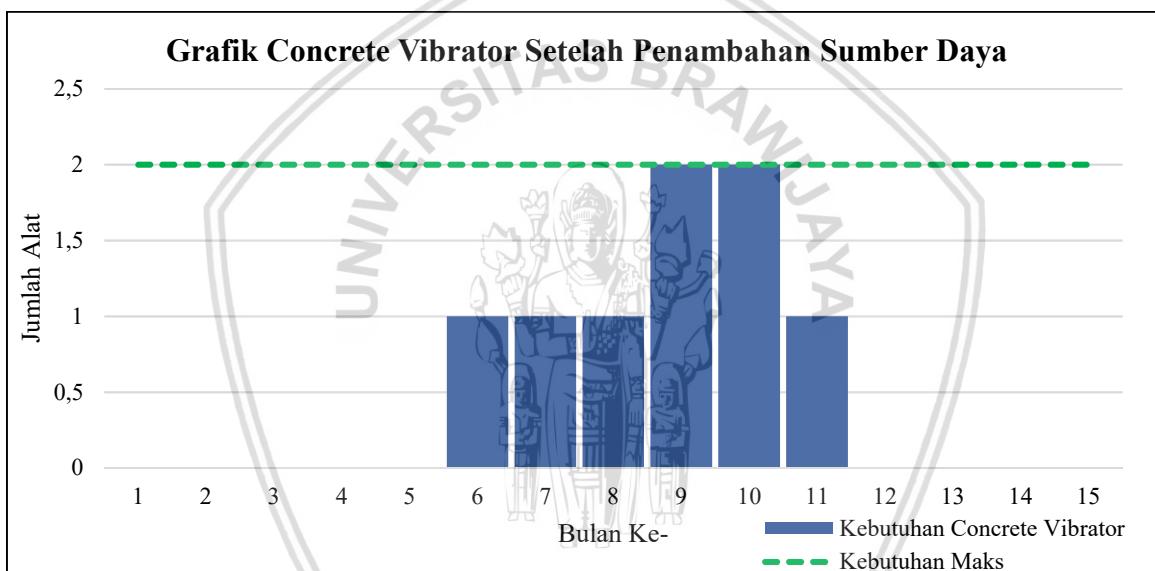
Gambar 4.68. Grafik Truck Mixer Setelah Penambahan Sumber Daya



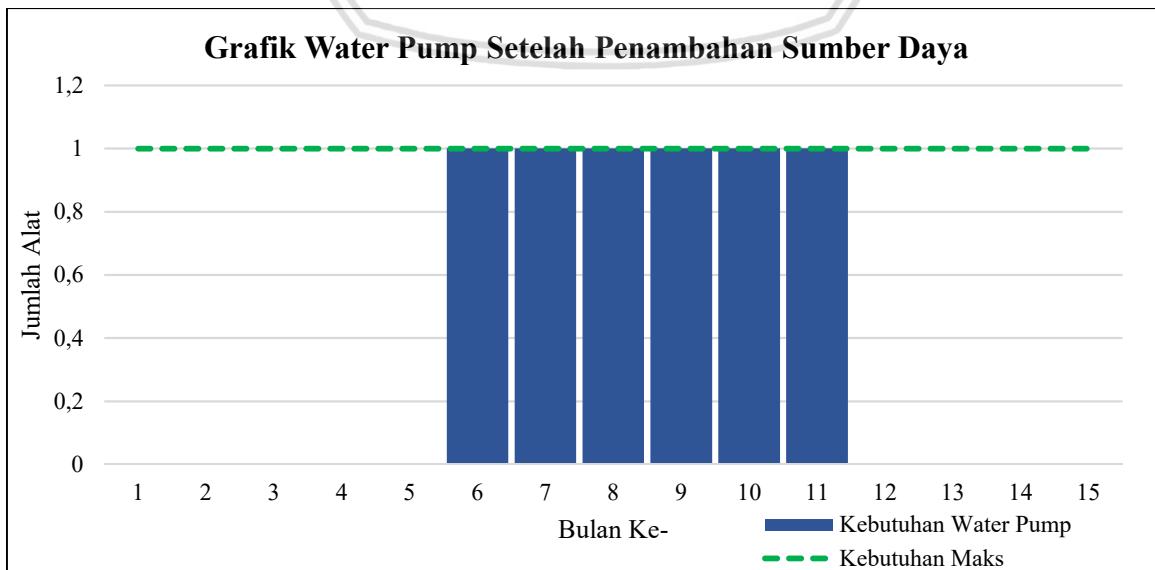
Gambar 4.69. Grafik Concrete Mixer Setelah Penambahan Sumber Daya



Gambar 4.70. Grafik Concrete Pump Setelah Penambahan Sumber Daya



Gambar 4.71. Grafik Concrete Vibrator Setelah Penambahan Sumber Daya



Gambar 4.72. Grafik Water Pump Setelah Penambahan Sumber Daya

4.5.2. Analisis Kegiatan Setelah Jadwal Proyek Dipercepat

Setelah dilakukan percepatan jadwal proyek menggunakan kedua alternatif, maka langkah selanjutnya adalah menganalisis perubahan yang terjadi baik dari segi waktu pelaksanaan, biaya proyek dan kebutuhan sumber daya. Ketiga parameter tersebut harus di perhitungkan dikarenakan setiap proyek memiliki jumlah ketersediaan yang berbeda terhadap ketiganya. Sehingga pemilihan alternatif yang akan dilakukan bisa sesuai dengan kebutuhan dan ketersediaan yang ada di lapangan.

4.5.2.1. Analisis Kegiatan Setelah Penambahan Jam Kerja

Penambahan jam kerja pelaksanaan konstruksi *conduit* pengelak dan *cofferdam* pada Bendungan Gondang berpengaruh terhadap waktu pelaksanaan dan biaya keseluruhan. Dimana waktu pelaksanaan akan mengalami percepatan diakibatkan oleh bertambahnya jam kerja yang menyebabkan meningkatnya produktivitas. Sedangkan untuk biaya keseluruhan akan mengalami peningkatan dikarenakan harus diperhitungkannya upah lembur.

Percepatan dilakukan pada kegiatan-kegiatan yang berada di lintasan kritis. Sehingga dengan berkurangnya durasi pada lintasan kritis membuat jadwal proyek secara keseluruhan menjadi lebih cepat. Berikut ini merupakan perubahan durasi kegiatan yang dipercepat menggunakan penambahan jam kerja.

Tabel 4.16.

Perubahan Durasi Setelah Kegiatan Dipercepat

No.	Uraian Pekerjaan	Durasi (hari)	
		Normal	Lembur
I	Pekerjaan Persiapan dan Jalan Kerja		
3	Penyediaan Air Bersih	602	452
4	Penyediaan Sarana Listrik	602	452
5	Penyediaan Sarana Telekomunikasi	602	452
10	Quality Control	516	366
11	Dokumentasi Foto dan Film Kemajuan Pekerjaan	602	452
12	Pembuatan Laporan Pelaksanaan Pekerjaan	602	452
13	Survey Pengukuran	602	452
14	Pengamanan dan Pelaksanaan K3	602	452
15	Pencegahan HIV AIDS	602	452
16	Monitoring Lingungan	602	452
II	Pekerjaan Cofferdam		
A	Cofferdam Hulu		
1	Coffering, Kisdam dan Dewatering	60	43
4	Galian Tanah	255	182
5	Galian Batu	289	206
6	Timbunan Random	187	133
7	Timbunan Inti	187	133
8	Timbunan Filter	187	133
9	Rip-rap	140	100
B	Cofferdam Hilir		
3	Galian Tanah	110	79
4	Galian Batu	112	80

Lanjutan Tabel 4.16.
Perubahan Durasi Setelah Kegiatan Dipercepat

No.	Uraian Pekerjaan	Durasi (hari)	
		Normal	Lembur
5	Timbunan Random	227	162
6	Timbunan Filter	227	162
7	Rip-rap	170	121
III Pekerjaan Conduit Pengelak			
A Conduit Pengelak			
1	Pembersihan Area Kerja	8	6
2	Pengupasan	6	5
3	Galian Tanah	122	87
4	Galian Batu	161	115
8	Bekisting Tipe Ekspose	124	89
9	Beton (K225)	124	89
10	Besi Tulangan Beton Ulir	124	89
15	Plesteran	78	56

Sumber: Hasil Perhitungan (2018)

Hasil durasi yang telah dipercepat, dimasukkan kedalam *Microsoft Project Manager 2016* untuk mengetahui apakah ada perubahan total durasi setelah dilakukannya penambahan jam kerja. Berdasarkan hasil *Microsoft Project Manager 2016* (Lampiran 4) dapat dilihat bahwa total durasi pekerjaan berkurang 150 hari.

Langkah selanjutnya adalah menghitung kembali Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) sesuai dengan parameter penambahan jam kerja (lampiran 3). Setelah itu akan didapatkan Harga Satuan Pekerjaan (HSP) dan Rencana Anggaran Biaya Proyek Secara Keseluruhan.

Tabel 4.17.

Perbandingan Harga Satuan Pekerjaan pada Bendungan Gondang dengan Penambahan Jam Kerja

No. Analisa	Uraian	Satuan	Harga Satuan (Rp.)	
			Normal	Lembur
A.	Pek. Pesiapan			
A.3.	Penyediaan Air Bersih	LS	76.658.560,00	82.930.144,00
A.4.	Penyediaan Sarana Listrik	LS	701.146.400,00	830.923.520,00
A.5.	Penyediaan Sarana Telekomunikasi	LS	157.872.000,00	240.683.520,00
A.10.	Quality Control	LS	512.344.523,00	827.337.325,00
A.11.	Dok. Foto & Film Kemajuan Proyek	LS	253.044.000,00	458.964.000,00
A.12.	Pembuatan Laporan Pelaksanaan Kerja	LS	262.284.000,00	499.313.760,00
A.13.	Survey Pengukuran	LS	736.824.000,00	1.542.129.600,00
A.14.	Pengaman dan Pelaksanaan K3	LS	882.860.000,00	1.912.460.000,00
A.15.	Pencegahan HIV AIDS	LS	579.216.000,00	1.116.382.080,00
A.16.	Monitoring Lingkungan	LS	360.360.000,00	649.091.520,00
B.	Pek. Tanah dan Batuan			
B.1.	Coffering, Kisdam dan Dewatering	Ls	160.389.760,00	115.016.650,00
B.2.	Pembersihan Area Kerja	m ²	9.022,00	9.321,00
B.3.	Pengupasan (Stripping) t = 0.3 m	m ²	16.260,00	16.420,00

Lanjutan Tabel 4.17.

Perbandingan Harga Satuan Pekerjaan pada Bendungan Gondang dengan Penambahan Jam Kerja

No. Analisa	Uraian	Satuan	Harga Satuan (Rp.)	
			Normal	Lembur
B.6.	Gal. Tanah Mekanis Diangkut Mak 2 km	m ³	33.487,00	33.996,00
B.8.	Gal. Batu Mekanis Diangkut Mak 2 km	m ³	76.770,00	77.491,00
B.9.	Timbunan Material Random	m ³	36.096,00	36.515,00
B.10.	Timbunan Material Kedap Air (Inti)	m ³	41.667,00	42.174,00
B.11.	Timbunan Filter	m ³	216.720,00	217.061,00
B.14.	Rip-rap Diameter 40 - 100 cm	m ³	316.599,00	319.929,00
C. Pek. Pasangan, Beton & Baja Struktur				
C.1.	Beton Mutu K225	m ³	1.216.677,00	1.235.590,00
C.3.	Lantai Kerja	m ³	1.036.938,00	1.055.707,00
C.4.	Besi Tulangan Beton Ular	Kg	17.221,00	17.465,00
C.5.	Bekisting Tipe Ekspose	m ²	90.658,00	97.863,00
D Pek. Pasangan Batu				
D.2.	Plesteran 1 : 3	m ²	37.603,00	45.004,00

Sumber : Hasil Perhitungan (2018)

Tabel 4.18.
Rencana Anggaran Biaya Pelaksanaan Konstruksi *Conduit Pengelak dan Cofferdam* pada Bendungan Gondang dengan Penambahan Jam Kerja

No.	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
I. Pekerjaan Persiapan dan Jalan Kerja					
1.	Mobilisasi & Demobilisasi	Ls	0,500	393.800.000,00	196.900.000,00
2.	Pembuatan dan Pemeliharaan Jalan Kerja	Ls	1,000	1.231.764.000,00	1.231.764.000,00
3.	Penyediaan Air Bersih	Ls	0,310	82.930.144,00	25.674.263,76
4.	Penyediaan Sarana Listrik	Ls	0,310	830.923.520,00	257.244.815,78
5.	Penyediaan Sarana Telekomunikasi	Ls	0,310	240.683.520,00	74.512.980,16
6.	Pembuatan Kantor Direksi, Konsultan, Kontraktor dan Mess Lapangan	Ls	1,000	1.463.935.000,00	1.463.935.000,00
7.	Pembuatan Gedung Laboratorium	Ls	1,000	124.300.000,00	124.300.000,00
8.	Pembuatan Gudang Material	Ls	1,000	152.900.000,00	152.900.000,00
9.	Pengadaan Alat-alat Laboratorium untuk Kontrol Kualitas.	Ls	1,000	323.730.000,00	323.730.000,00
10.	Quality Control	Ls	0,251	827.337.325,00	207.401.000,65
11.	Dokumentasi Foto dan Film Kemajuan Pekerjaan	Ls	0,310	458.964.000,00	142.090.224,66
12.	Pembuatan Laporan Pelaksanaan Pekerjaan	Ls	0,310	499.313.760,00	154.582.068,16
13.	Survey Pengukuran, Gambar Kerja dan Gambar Purna Laksana "as built Drawing"	Ls	0,310	1.542.129.600,00	477.426.424,11
14.	Pengamanan dan Pelaksanaan K3	Ls	0,310	1.912.460.000,00	592.076.657,53
15.	Pencegahan HIV AIDS	Ls	0,310	1.116.382.080,00	345.619.657,64
16.	Monitoring Lingkungan	Ls	0,310	649.091.520,00	200.951.621,26
17.	Penyelidikan Geologi Teknik dan Mekanika Tanah	m	387,800	1.063.761,00	412.526.515,80
18.	Pemasangan Pipa HDPE dia.3" / Relokasi Jaringan Perpipaan	m	2.500,000	149.840,00	374.600.000,00
19.	Galian tanah pada Relokasi Jaringan Perpipaan	m ³	625,000	22.131,00	13.831.875,00
20.	Timbunan tanah kembali pada Relokasi Jaringan Perpipaan	m ³	625,000	10.627,00	6.641.875,00
Sub Total I					
6.778.708.979,52					
II. Pekerjaan Cofferdam					
A. Cofferdam Hulu					
1.	Coffering, Kisdam dan Dewatering	Ls	1,000	115.016.650,00	115.016.650,00
2.	Pembersihan Area Kerja	m ²	24.938,290	9.022,00	224.993.252,38
3.	Pengupasan	m ²	24.938,290	16.260,00	405.496.595,40
4.	Galian Tanah	m ³	43.762,243	33.996,00	1.487.741.215,95
5.	Galian Batu	m ³	175.048,972	77.491,00	13.564.719.915,91

Lanjutan Tabel 4.18.

Rencana Anggaran Biaya Pelaksanaan Konstruksi *Conduit Pengelak* dan *Cofferdam* pada Bendungan Gondang dengan Penambahan Jam Kerja

No.	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
6.	Timbunan Random	m ³	266.483,440	36.515,00	9.730.642.797,91
7.	Timbunan Inti	m ³	70.456,533	42.174,00	2.971.433.809,16
8.	Timbunan Filter	m ³	32.469,088	217.061,00	7.047.772.752,69
9.	Rip-rap	m ³	20.939,180	319.929,00	6.699.051.034,35
Sub Total II A					42.246.868.023,76
B. Cofferdam Hilir					
1.	Pembersihan Area Kerja	m ²	13.392,592	9.022,00	120.827.965,02
2.	Pengupasan	m ²	13.392,592	16.260,00	217.763.545,92
3.	Galian Tanah	m ³	17.039,425	33.996,00	579.272.298,49
4.	Galian Batu	m ³	68.157,701	77.491,00	5.281.608.387,11
5.	Timbunan Random	m ³	191.575,272	36.515,00	6.995.371.051,97
6.	Timbunan Filter	m ³	32.289,860	217.061,00	7.008.869.323,71
7.	Rip-rap	m ³	11.519,816	319.929,00	3.685.523.151,48
Sub Total II B					23.889.235.723,70
Sub Total II					66.136.103.747,46
III. Pekerjaan Conduit Pengelak					
A. Conduit Pengelak					
1.	Pembersihan Area Kerja	m ²	13.280,030	9.321,00	123.783.159,63
2.	Pengupasan	m ²	13.280,030	16.420,00	218.058.092,60
3.	Galian Tanah	m ³	17.565,743	33.996,00	597.165.015,05
4.	Galian Batu	m ³	99.539,213	77.491,00	7.713.393.154,87
5.	Beton Cyclope	m ³	4.382,000	888.429,00	3.893.095.878,00
6.	Shotcrete dengan Tulangan Wiremesh	m ²	1.814,520	411.102,00	745.952.801,04
7.	Lantai Kerja Beton (K100)	m ³	160,890	1.055.707,00	169.853.184,86
8.	Bekisting Tipe Ekspose	m ²	9.316,820	97.863,00	911.771.955,66
9.	Beton (K225)	m ³	4.380,569	1.235.590,00	5.412.587.307,55
10.	Besi Tulangan Beton Ulir	kg	307.169,640	17.465,00	5.364.717.762,60
11.	Water Stop	m	249,900	53.721,00	13.424.877,90

Lanjutan Tabel 4.18.
Rencana Anggaran Biaya Pelaksanaan Konstruksi *Conduit Pengelak* dan *Cofferdam* pada Bendungan Gondang dengan Penambahan Jam Kerja

No.	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
12.	Joint Filler	m	267,360	49.536,00	13.243.944,96
13.	Dowel Bar	bh	204,000	83.252,00	16.983.408,00
14.	Pasangan Batu	m ³	2.258,724	636.895,00	1.438.569.748,12
15.	Plesteran	m ³	590,450	45.004,00	26.572.611,80
16.	Timbunan Tanah Kembali	m ³	1.398,950	11.433,00	15.994.195,35
Sub Total IIIA					26.675.167.097,98
B. Menara Pengambilan					
1.	Pembersihan Area Kerja	m ²	310,000	9.022,00	2.796.820,00
2.	Pengupasan	m ²	310,000	16.260,00	5.040.600,00
3.	Galian Tanah	m ³	148,704	33.487,00	4.979.650,85
4.	Galian Batu	m ³	594,816	76.770,00	45.664.024,32
5.	Lantai Kerja Beton (K100)	m ³	18,000	1.036.938,00	18.664.884,00
6.	Beton K225	m ³	3.682,434	1.216.677,00	4.480.332.751,82
7.	Besi Tulangan Beton Ujir	kg	395.441,177	17.221,00	6.809.892.515,83
8.	Bekisting Tipe Ekspose	m ²	2.176,266	90.658,00	197.295.959,29
9.	Perancah Struktur Bangunan Atas	m ³	19,600	146.407,00	2.869.577,20
10.	Water Stop	m	35,000	53.721,00	1.880.235,00
11.	Pipa Ventilasi	m	21,000	125.498,00	2.635.458,00
Sub Total IIIB					11.572.052.476,31
Sub Total III					
JUMLAH					
PPN (10%)					
TOTAL BIAYA					
DIBULATKAN					
122.278.235.531,40					
122.279.000.000,00					

Sumber: Hasil Perhitungan (2018)

Berdasarkan hasil perhitungan dengan penambahan jam kerja, didapatkan rencana anggaran biaya pelaksanaan konstruksi *conduit* pengelak dan *cofferdam* pada Bendungan Gondang sebesar Rp 122.279.000.000,00 (seratus dua puluh dua miliar dua ratus tujuh puluh sembilan juta rupiah). Dimana rencana anggaran biaya ini lebih besar dari pelaksanaan konstruksi sebelum dilakukan penambahan jam kerja.

Jika dilihat dari kebutuhan sumber daya, tidak terjadi perubahan kebutuhan sumber daya baik sumber daya pekerja, material dan alat berat. Hal ini terjadi dikarenakan dalam alternatif ini yang membuat produktivitas pekerja/alat berat bertambah adalah jam kerja dari pekerja/alat berat, sehingga dengan jumlah sumber daya yang sama menghasilkan produktivitas yang lebih besar.

4.5.2.2. Analisis Kegiatan Setelah Penambahan Sumber Daya

Penambahan sumber daya pelaksanaan konstruksi *Conduit* pengelak dan *cofferdam* pada Bendungan Gondang memiliki tujuan yang sama dengan penambahan jam kerja, yaitu mempercepat jadwal proyek secara keseluruhan. Salah satu faktor alternatif ini dilakukan ketika dalam suatu proyek tidak memungkinkan dilakukannya kerja lembur. Dalam studi ini alternatif penambahan sumber daya akan dijadikan sebagai pembanding dari alternatif penambahan jam kerja, sehingga dapat diketahui alternatif mana yang lebih optimal untuk percepatan pelaksanaan konstruksi *conduit* pengelak dan *cofferdam* pada Bendungan Gondang.

Percepatan yang dilakukan dalam alternatif ini sama seperti yang telah dilakukan pada percepatan dengan penambahan jam kerja. Yang membedakan dari alternatif sebelumnya adalah untuk meningkatkan produktivitas pekerja/alat berat dengan cara menambah jumlah pekerja/alat berat. Sehingga perlu dilakukan analisis penambahan pekerja/alat berat terhadap biaya keseluruhan proyek.

Berikut ini merupakan tabel penambahan kebutuhan sumber daya dalam pelaksanaan konstruksi *Conduit* pengelak dan *cofferdam* pada Bendungan Gondang.

Tabel 4.19.

Penambahan Kebutuhan Sumber Daya Setelah Kegiatan Dipercepat

No.	Jenis Sumber Daya	Kebutuhan Sumber Daya	
		Normal	Penambahan Sumber daya
1	Pekerja	141	172
2	Mandor	12	16
3	Tukang	108	130
4	Kepala Tukang	5	6
5	Bulldozer with ripper	3	5
6	Excavator with hydraulic Rock Breaker	12	16
7	Dump Truck	20	28
8	Water Tanker with pipe sprayer	2	3

Lanjutan Tabel 4.19.

Penambahan Kebutuhan Sumber Daya Setelah Kegiatan Dipерcepat

No.	Jenis Sumber Daya	Kebutuhan Sumber Daya	
		Normal	Penambahan Sumber daya
9	Vibrator Roller / Sheep Foot Roller	4	6
10	Wheel Loader	3	4
11	Concrete Vibrator	1	2

Sumber: Hasil Perhitungan (2018)

Langkah selanjutnya adalah menghitung kembali Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) yang berhubungan dengan penambahan alat berat, hal ini dikarenakan alat berat yang dibutuhkan bertambah jumlahnya dari rencana awal. Setelah itu akan didapatkan Harga Satuan Pekerjaan (HSP) dan Rencana Anggaran Biaya Proyek Secara Keseluruhan.

Tabel 4.20.

Perbandingan Harga Satuan Pekerjaan pada Bendungan Gondang Dengan Penambahan Sumber Daya

No. Analisa	Uraian	Satuan	Harga Satuan (Rp.)	
			Normal	Penambahan Sumber Daya
A.	Pekerjaan Pesiapan			
A.1.	Mobilisasi dan Demobilisasi	LS	393.800.000,00	488.950.000,00
B.	Pekerjaan Tanah dan Batuan			
B.1.	Coffering, Kisdam dan Dewatering	LS	160.389.760,00	112.272.832,00

Sumber: Hasil Perhitungan (2018)

Tabel 4.21.
Rencana Anggaran Biaya Pelaksanaan Konstruksi *Conduit Pengelak dan Cofferdam* pada Bendungan Gondang dengan Penambahan Sumber Daya

No.	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
I. Pekerjaan Persiapan dan Jalan Kerja					
1.	Mobilisasi & Demobilisasi	Ls	0,500	488.950.000,00	244.475.000,00
2.	Pembuatan dan Pemeliharaan Jalan Kerja	Ls	1,000	1.231.764.000,00	1.231.764.000,00
3.	Penyediaan Air Bersih	Ls	0,310	76.658.560,00	23.732.650,08
4.	Penyediaan Sarana Listrik	Ls	0,310	701.146.400,00	217.067.241,64
5.	Penyediaan Sarana Telekomunikasi	Ls	0,310	157.872.000,00	48.875.441,10
6.	Pembuatan Kantor Direksi, Konsultan, Kontraktor dan Mess Lapangan	Ls	1,000	1.463.935.000,00	1.463.935.000,00
7.	Pembuatan Gedung Laboratorium	Ls	1,000	124.300.000,00	124.300.000,00
8.	Pembuatan Gudang Material	Ls	1,000	152.900.000,00	152.900.000,00
9.	Pengadaan Alat-alat Laboratorium untuk Kontrol Kualitas.	Ls	1,000	323.730.000,00	323.730.000,00
10.	Quality Control	Ls	0,251	512.344.523,00	128.437.051,66
11.	Dokumentasi Foto dan Film Kemajuan Pekerjaan	Ls	0,310	253.044.000,00	78.339.649,32
12.	Pembuatan Laporan Pelaksanaan Pekerjaan	Ls	0,310	262.284.000,00	81.200.252,05
13.	Survey Pengukuran, Gambar Kerja dan Gambar Purna Laksana "as built Drawing"	Ls	0,310	736.824.000,00	228.112.635,62
14.	Pengamanan dan Pelaksanaan K3	Ls	0,310	882.860.000,00	273.323.780,82
15.	Pencegahan HIV AIDS	Ls	0,310	579.216.000,00	179.318.926,03
16.	Monitoring Lingungan	Ls	0,310	360.360.000,00	111.563.506,85
17.	Penyelidikan Geologi Teknik dan Mekanika Tanah	m	387,800	1.063.761,00	412.526.515,80
18.	Pemasangan Pipa HDPE dia.3" / Relokasi Jaringan Perpipaan	m	2.500,000	149.840,00	374.600.000,00
19.	Galian tanah pada Relokasi Jaringan Perpipaan	m ³	625,000	22.131,00	13.831.875,00
20.	Timbunan tanah kembali pada Relokasi Jaringan Perpipaan	m ³	625,000	10.627,00	6.641.875,00
					5.718.675.400,96
Sub Total I					
II. Pekerjaan Cofferdam					
A. Cofferdam Hulu					
1.	Coffering, Kisdam dan Dewatering	Ls	1,000	112.272.832,00	112.272.832,00
2.	Pembersihan Area Kerja	m ²	24.938,290	9.022,00	224.993.252,38
3.	Pengupasan	m ²	24.938,290	16.260,00	405.496.595,40
4.	Galian Tanah	m ³	43.762,243	33.487,00	1.465.466.234,22

Lanjutan Tabel 4.21.
Rencana Anggaran Biaya Pelaksanaan Konstruksi Conduit Pengelak dan Cofferdam pada Bendungan Gondang dengan Penambahan Sumber Daya

No.	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
5.	Galian Batu	m ³	175.048,972	76.770,00	13.438.509.606,85
6.	Timbunan Random	m ³	266.483,440	36.096,00	9.618.986.236,70
7.	Timbunan Inti	m ³	70.456,533	41.667,00	2.935.712.347,09
8.	Timbunan Filter	m ³	32.469,088	216.720,00	7.036.700.793,62
9.	Rip-rap	m ³	20.939,180	316.599,00	6.629.323.563,75
Sub Total II A					41.867.461.462,01
B. Cofferdam Hilir					
1.	Pembersihan Area Kerja	m ²	13.392,592	9.022,00	120.827.965,02
2.	Pengupasan	m ²	13.392,592	16.260,00	217.763.545,92
3.	Galian Tanah	m ³	17.039,425	33.487,00	570.599.231,07
4.	Galian Batu	m ³	68.157,701	76.770,00	5.232.466.684,89
5.	Timbunan Random	m ³	191.575,272	36.096,00	6.915.101.013,06
6.	Timbunan Filter	m ³	32.289,860	216.720,00	6.997.858.481,41
7.	Rip-rap	m ³	11.519,816	316.599,00	3.647.162.164,84
Sub Total II B					23.701.779.086,21
Sub Total II					
					65.569.240.548,23
III. Pekerjaan Conduit Pengelak					
A. Conduit Pengelak					
1.	Pembersihan Area Kerja	m ²	13.280,030	9.022,00	119.812.430,66
2.	Pengupasan	m ²	13.280,030	16.260,00	215.933.287,80
3.	Galian Tanah	m ³	17.565,743	33.487,00	588.224.051,62
4.	Galian Batu	m ³	99.539,213	76.770,00	7.641.625.382,30
5.	Beton Cyclope	m ³	4.382,000	888.429,00	3.893.095.878,00
6.	Shotcrete dengan Tulangan Wiramesh	m ²	1.814,520	411.102,00	745.952.801,04
7.	Lantai Kerja Beton (K100)	m ³	160,890	1.036.938,00	166.833.431,81
8.	Bekisting Tipe Ekspose	m ²	9.316,820	90.658,00	844.644.267,56
9.	Beton (K225)	m ³	4.380,569	1.216.677,00	5.329.737.605,18
10.	Besi Tulangan Beton Ulir	kg	307.169,640	17.221,00	5.289.768.370,44

Lanjutan Tabel 4.21.
Rencana Anggaran Biaya Pelaksanaan Konstruksi Conduit Pengelak dan Cofferdam pada Bendungan Gondang dengan Penambahan Sumber Daya

No.	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
11.	Water Stop	m	249,900	53.721,00	13.424.877,90
12.	Joint Filler	m	267,360	49.536,00	13.243.944,96
13.	Dowel Bar	bh	204,000	83.252,00	16.983.408,00
14.	Pasangan Batu	m ³	2.258,724	636.895,00	1.438.569.748,12
15.	Plesteran	m ³	590,450	37.603,00	22.202.691,35
16.	Timbunan Tanah Kembali	m ³	1.398,950	11.433,00	15.994.195,35
Sub Total IIIA					26.356.046.372,09
B. Menara Pengambilan					
1.	Pembersihan Area Kerja	m ²	31.0,000	9.022,00	2.796.820,00
2.	Pengupasan	m ²	31.0,000	16.260,00	5.040.600,00
3.	Galian Tanah	m ³	148,704	33.487,00	4.979.650,85
4.	Galian Batu	m ³	594,816	76.770,00	45.664.024,32
5.	Lantai Kerja Beton (K100)	m ²	18.000	1.036.938,00	18.664.884,00
6.	Beton K225	m ³	3.682,434	1.216.677,00	4.480.332.751,82
7.	Besi Tulangan Beton Ulir	kg	395.441,177	17.221,00	6.809.892.515,83
8.	Bekisting Tipe Ekspose	m ²	2.176,266	90.658,00	197.295.959,29
9.	Perancah Struktur Bangunan Atas	m ³	19,600	146.407,00	2.869.577,20
10.	Water Stop	m	35,000	53.721,00	1.880.235,00
11.	Pipa Ventilasi	m	21,000	125.498,00	2.635.458,00
Sub Total IIIB					11.572.052.476,31
Sub Total III					37.928.098.848,40
JUMLAH					109.216.014.797,59
PPN (10%)					10.921.601.479,76
TOTAL BIAYA					120.137.616.277,35
DIBULATKAN					120.138.000.000,00

Sumber: Hasil Perhitungan (2018)

Berdasarkan hasil perhitungan dengan penambahan sumber daya, didapatkan rencana anggaran biaya pelaksanaan konstruksi *conduit pengelak* dan *cofferdam* pada Bendungan Gondang sebesar Rp 120.138.000.000,00 (seratus dua puluh miliar seratus tiga puluh delapan juta rupiah). Dimana rencana anggaran biaya ini lebih kecil dari pelaksanaan konstruksi sebelum dilakukan penambahan sumber daya.

4.6. Evaluasi Perubahan Waktu dan Biaya Setelah Dipercepat

Berdasarkan rencana kerja awal proyek hingga percepatan jadwal proyek dengan alternatif penambahan jam kerja dan penambahan sumber daya, terdapat perubahan rencana anggaran biaya pelaksanaan konstruksi *conduit pengelak* dan *cofferdam* pada Bendungan Gondang. Secara garis besar terjadi pengurangan dan penambahan rencana anggaran biaya dari kedua alternatif. Untuk penambahan jam kerja terjadi penambahan rencana anggaran biaya dikarenakan upah yang harus dibayarkan kepada pekerja bertambah besar. Berdasarkan hasil perhitungan, besar perbedaan rencana anggaran biaya antara durasi awal dan durasi dipercepat menggunakan penambahan jam kerja adalah sebesar Rp. 1.629.000.000,00 (satu miliar enam ratus dua puluh sembilan juta rupiah). Sedangkan untuk alternatif penambahan sumber daya terjadi pengurangan rencana anggaran biaya sebesar Rp. 512.000.000,00 (lima ratus dua belas juta rupiah).

Tabel 4.22.
Perbandingan Biaya Waktu Normal dengan Waktu Dipercepat

Alternatif	Durasi (Hari)		Biaya (Rp.)	
	Normal	Percepatan	Normal	Percepatan
Penambahan Jam Kerja	602 Hari	452 Hari	120.650.000.000,00	122.279.000.000,00
Penambahan Sumber Daya	602 Hari	452 Hari	120.650.000.000,00	120.138.000.000,00

Sumber : Hasil Perhitungan (2018)

Alternatif percepatan durasi proyek dalam skripsi ini dilakukan untuk mencari waktu dan biaya proyek yang paling optimal. Berdasarkan tabel diatas terjadi percepatan jadwal proyek dari 602 hari menjadi 452 hari. Tetapi untuk rencana anggaran biaya alternatif percepatan dengan penambahan jam kerja tidak mengalami penurunan, melainkan mengalami penambahan dikarenakan jumlah upah yang harus dibayar lebih besar dari pengurangan akibat kegiatan yang harus dilakukan setiap hari selama proyek berlangsung. Berbeda dengan alternatif penambahan jam kerja, untuk alternatif penambahan sumber daya mengalami penurunan rencana anggaran biaya. Hal ini dikarenakan jumlah kenaikan biaya untuk mobilisasi dan demobilisasi lebih kecil dibandingkan pengurangan biaya akibat kegiatan yang harus dilakukan setiap hari selama proyek berlangsung.

Dalam studi ini dikarenakan yang ditinjau untuk pemilihan alternatif yang optimal adalah dari segi waktu dan biaya dari masing-masing alternatif, maka dapat disimpulkan

bahwa alternatif yang optimal adalah penambahan sumber daya dengan durasi jadwal proyek 452 hari dan rencana anggaran biaya proyek sebesar Rp. 120.138.000.000,00 (seratus dua puluh miliar seratus tiga puluh delapan juta rupiah). Tetapi dalam kondisi dilapangan tidak selamanya alternatif yang memiliki biaya yang lebih murah menjadi pilihan untuk dilakukan. Hal ini dikarenakan kedua alternatif yang dilakukan memiliki kebutuhan sumber daya yang berbeda dan kondisi lapangan sangat berpengaruh terhadap pemilihan alternatif yang akan digunakan.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil analisis percepatan pelaksanaan konstruksi *conduit* pengelak dan *cofferdam* pada Bendungan Gondang di kabupaten Karanganyar dengan menggunakan *Microsoft Project Manager 2016* dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Jumlah rencana anggaran biaya untuk pelaksanaan konstruksi *conduit* pengelak dan *cofferdam* pada Bendungan Gondang sebesar Rp. 120.650.000.000,00 (seratus dua puluh miliar enam ratus lima puluh juta rupiah). Setelah dilakukan percepatan terjadi perubahan biaya total akibat penambahan jam kerja selama 4 jam per hari pada kegiatan kritis menjadi Rp. 122.279.000.000,00 (seratus dua puluh dua miliar dua ratus tujuh puluh sembilan juta rupiah). Sedangkan percepatan dengan penambahan sumber daya pada kegiatan kritis menghasilkan biaya total sebesar Rp. 120.138.000.000,00 (seratus dua puluh miliar seratus tiga puluh delapan juta rupiah).
2. Dalam studi ini sumber daya yang dianalisis merupakan sumber daya manusia dan alat berat. Dari hasil analisis kebutuhan sumber daya pada pelaksanaan konstruksi *Conduit* pengelak dan *cofferdam* pada Bendungan Gondang, diketahui jumlah sumber daya manusia yang dibutuhkan meliputi pekerja 141 orang, mandor 12 orang, tukang 108 orang, dan kepala tukang 5 orang. Sedangkan alat berat yang dibutuhkan adalah *bulldozer with ripper* 3 buah, *Excavator with Hydraulic Rock Breaker* 12 buah, *Dump Truck* 20 buah, *Water Tanker with Pipe Sprayer* 2 buah, *Vibrator Roller/Sheep Foot Roller* 4 buah, *Wheel Loader* 3 buah, *Truck Mixer* 4 buah, *Concrete Mixer* 1 buah, *Concrete Pump* 2 buah, *Concrete Vibrator* 1 buah, dan *Water Pump* 1 buah. Setelah dilakukannya percepatan dengan menggunakan dua alternatif, diketahui bahwa percepatan dengan penambahan jam kerja tidak membuat kebutuhan sumber daya menjadi bertambah. Sedangkan percepatan dengan penambahan sumber daya membuat beberapa kebutuhan sumber daya manusia dan alat berat menjadi bertambah. Jumlah sumber daya yang bertambah kebutuhannya adalah pekerja 172 orang, mandor 16 orang, tukang 130 orang, kepala tukang 6 orang, *bulldozer with ripper* 5 buah, *Excavator with Hydraulic Rock Breaker* 16 buah, *Dump Truck* 28 buah, *Water Tanker with Pipe Sprayer* 3 buah, *Vibrator Roller/Sheep Foot Roller* 6 buah, *Wheel Loader* 4 buah, dan *Concrete Vibrator* 2 buah.

3. Berdasarkan durasi normal pelaksanaan konstruksi *Conduit pengelak* dan *cofferdam* pada Bendungan Gondang hasil penjadwalan dengan menggunakan *Microsoft Project Manager 2016*, didapatkan lama waktu pelaksanaan proyek sebesar 602 hari. Setelah dilakukan percepatan dengan penambahan jam kerja dan penambahan sumber daya pada kegiatan yang berada pada lintasan kritis didapatkan lama waktu pelaksanaan proyek sebesar 452 hari.
4. Dari hasil percepatan jadwal pelaksanaan konstruksi *Conduit pengelak* dan *cofferdam* pada Bendungan Gondang dengan menggunakan alternatif penambahan jam kerja dan penambahan sumber daya, dipilih alternatif penambahan sumber daya dikarenakan penurunan rencana anggaran biaya sebesar Rp. 512.000.000,00 (lima ratus dua belas juta rupiah).

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, maka beberapa saran berikut ini dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan:

1. Sebelum melakukan aktivitas penjadwalan, hendaknya disiapkan terlebih dahulu data-data yang berkaitan secara langsung dengan pelaksanaan proyek secara lengkap.
2. Bagi peneliti sejenis diusahakan tidak hanya menggunakan alternatif penambahan jam kerja atau penambahan sumber daya, tetapi dapat menggunakan alternatif lain dalam percepatan jadwal proyek yang sesuai dengan kondisi lapangan daerah studi.
3. Dalam penggunaan program *Microsoft Project Manager 2016* untuk penjadwalan proyek harus dapat memahami proses pengolahan data manajemen konstruksi sehingga dapat mengetahui terbentuknya lintasan kritis, sehingga dalam perubahan setiap kegiatan kritis dapat dilakukan dengan cara otomatis atau dengan cara manual.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, Tubagus Header. (1995). *Prinsip-prinsip Network Planning*. Jakarta: Gramedia.
- Badan Standarisasi Nasional. (2002). SNI 02-2052-2002 *Baja Tulangan Beton*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2002). SNI 03-2847-2002 *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- Callahan, Michael T. et.al. (1992). *Construction Project Scheduling*. New York: McGraw Hill.
- Direktorat Jendral Sumber Daya Air. (2004). *Pedoman Pelaksanaan Konstruksi Bendungan Urugan*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Ervianto, Wulfram I. (2002). *Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta: Andi.
- Gould Frederick E. (1997). *Managing the Construction Process: Estimated, Scheduling and Project Control*. New Jersey: Prentice – Hall Inc.
- Heryanto, Imam. & Triwibowo, Totok. (2016). *Manajemen Proyek Berbasis Teknologi Informasi*. Bandung: Informatika Bandung
- Husen, Abrar. (2009). *Manajemen Proyek*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Kementerian Pekerjaan Umum. (2013). *Pedoman Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Kementerian Pekerjaan Umum. (2014). *Katalog Alat Berat Konstruksi 2013*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Pramono, Djoko. (1997). *Microsoft Project 4.0*. Jakarta: Elex Media Komputindo.
- Silalahi, B.N.B. & Silalahi, R.B. (1995). *Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja*. Jakarta: PT Pustaka Binaman Pressindo.
- Siswoyo, Dr. (1981). *Pokok-pokok Project Management Pert & CPM*. Jakarta: Erlangga.
- Soeharto, Imam. (1999). *Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional) Jilid I*. Jakarta: Erlangga.
- Soeharto, Imam. (2001). *Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional) jilid II*. Jakarta: Erlangga.
- Widiasanti, Irika & Lenggogeni. (2013). *Manajemen Konstruksi*. Bandung: Remaja Rosdakarya Offset.