

**PENJADWALAN ULANG PROSES FABRIKASI *BOILER*
DAN *ROOM DRYER* DENGAN KENDALA
TENAGA KERJA DAN WAKTU**
(Studi Kasus: CV XYZ, Sidoarjo)

SKRIPSI
KONSENTRASI REKAYASA SISTEM INDUSTRI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

ILYA RAMADHANIA
NIM 125060700111059

UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2016

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LEMBAR PENGESAHAN

PENJADWALAN ULANG PROSES FABRIKASI *BOILER* DAN *ROOM DRYER* DENGAN KENDALA TENAGA KERJA DAN WAKTU
(Studi Kasus: CV XYZ, Sidoarjo)

**SKRIPSI
TEKNIK INDUSTRI
KONSENTRASI REKAYASA SISTEM INDUSTRI**


Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



ILYA RAMADHANIA
NIM. 125060700111059

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 1 Februari 2016

Dosen Pembimbing I




Ceria Farela Mada Tantrika, ST., MT.
NIP. 198404262008122002

Dosen Pembimbing II



Ratih Ardia Sari, ST., MT.
NIP. 198510172010122003

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Industri



Ishardita Pambudi Tama, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19730819 199903 1 002

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 di dalam 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, Februari 2016

Mahasiswa,



Ilya Ramadhania

NIM. 125060700111059

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas limpahan berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Semoga rahmat dan hidayah-Nya selalu dilimpahkan kepada kita semua. Tidak lupa shalawat dan salam kami haturkan kepada Rasulullah, Nabi Muhammad SAW.

Skripsi yang berjudul “**PENJADWALAN ULANG PROSES FABRIKASI BOILER DAN ROOM DRYER DENGAN KENDALA TENAGA KERJA DAN WAKTU**” ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S-1) pada Fakultas Teknik di Jurusan Teknik Industri, Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini dapat terselesaikan berkat dukungan dan bimbingan beberapa pihak. Oleh Karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Allah SWT, dengan rahmat, petunjuk dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Kedua orang tua tercinta, Bapak Ir Muhammad Ilham dan Ibu Dra Yayuk Utaminingsih atas semangat, kasih sayang, kesabaran yang tak terbatas, didikan, dukungan moril dan materiil, serta perjuangan yang tidak pernah lelah demi memberikan yang terbaik kepada penulis.
3. Bapak Ishardita Pambudi Tama, ST., MT., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Industri dan Bapak Arif Rahman, ST., MT. selaku Sekertaris Jurusan Teknik Industri yang selalu memberikan bimbingan, masukan, arahan, serta ilmu kepada penulis.
4. Ibu Ceria Farel Mada Tantrika, ST., MT. selaku Ketua Kelompok Dosen Keahlian Rekayasa Sistem Industri dan selaku dosen pembimbing I, yang selalu sabar dalam membimbing penulis, memberikan masukan, arahan, motivasi, dan ilmu yang sangat berharga.
5. Ibu Ratih Ardia Sari, ST., MT. selaku dosen pembimbing II, yang selalu sabar dalam membimbing penulis, memberikan masukan, arahan, motivasi, dan ilmu yang sangat berharga.
6. Bapak Zefry Darmawan, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing Akademik, yang selama 7 semester di waktu perkuliahan penulis, selalu memberikan bimbingan dan arahan terhadap kegiatan akademik maupun non akademik penulis.

7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Industri yang telah dengan ikhlas memberikan ilmu yang sangat berharga bagi penulis.
8. Bapak Nursiyo selaku Direktur CV XYZ telah banyak memberikan bimbingan, arahan dan waktunya dalam membantu menyelesaikan skripsi penulis.
9. Adik tercinta, Adam Ilyas dan Ilya Febrianti, serta seluruh keluarga besar dari kedua pihak orang tua, yang selalu memberikan doa dan semangatnya kepada penulis.
10. Teman dekat penulis, Fasya, Rumbay, Ida, Harry, Dira, Erliya dan Eliana dan seluruh teman-teman yang selalu memberikan dukungan dan semangat kepada penulis.
11. Sahabat penulis, Ika, Isti, Rere, Kiki dan Ummi yang telah memberi semangat, dukungan, motivasi dan doa kepada penulis.
12. Sahabat tercinta Kesebelasan SRK'12, Elsyia, Suko, Fauzil, Megananda, Firman, Finda, Lutfi, Sulvi, Verly dan Hadinda yang telah memberikan dukungan, motivasi, semangat, dan doa serta selalu mendampingi penulis dalam menyelesaikan skripsi penulis.
13. Bapak L. Tri Wijaya N. K., ST., MT., dan adik – adik SRK'13 Hafid, Anisa Lutfiana, Annisaa Adi, Harizka, Tom, Fajri, Silvi, Fifi dan Tiffany serta seluruh Keluarga Besar Laboratorium SRK yang telah memberi dukungan dan doa yang sepenuhnya untuk penulis.
14. Seluruh teman – teman Keluarga Teknik Industri angkatan 2012 (STEEL 2012) yang telah memberikan dukungan dan doa dalam penyelesaian skripsi penulis.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari sempurna. Oleh karena itu saran dan kritik sangat diperlukan untuk kebaikan di masa depan. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Malang, Januari 2016

Penulis

DAFTAR ISI

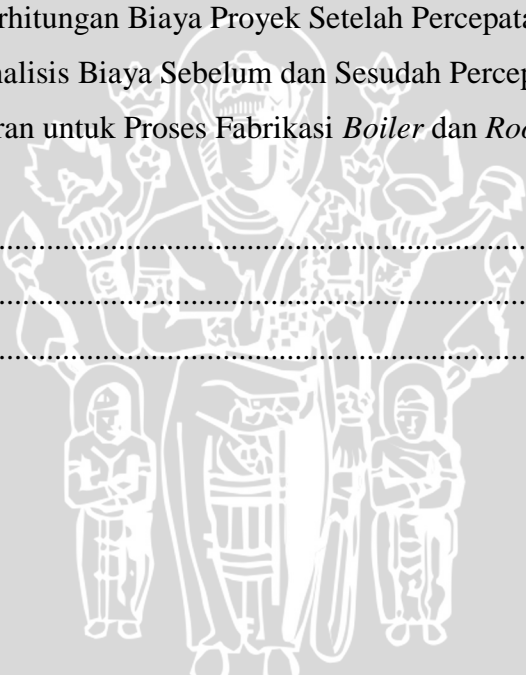
Halaman

LEMBAR PERSETUJUAN	
PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
RINGKASAN	xiii
SUMMARY	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	6
1.3 Perumusan Masalah.....	6
1.4 Batasan Masalah.....	7
1.5 Asumsi Penelitian.....	7
1.6 Tujuan Penelitian.....	7
1.7 Manfaat Penelitian.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Penelitian Terdahulu	9
2.2 Proyek.....	11
2.2.1 Definisi Proyek	12
2.2.2 Karakteristik Proyek	12
2.2.3 Siklus Hidup Proyek	12
2.2.4 Manajemen Proyek	13
2.2.5 Unsur – Unsur Proyek.....	13
2.2.6 Sasaran Proyek dan Tiga Kendala (<i>Triple Constraint</i>).....	14
2.3 Perencanaan Proyek	15
2.3.1 Sistematis Perencanaan Proyek	15
2.3.2 Perancangan <i>Work Breakdown Structure</i> (WBS).....	15
2.3.3 Penjadwalan Proyek.....	17



2.3.4	Simbol – Simbol pada Jaringan Kerja AON	18
2.3.5	Penyusunan Jadwal Proyek dengan Metode Jalur Kritis.....	18
2.3.5.1	Terminologi dan Perhitungan Waktu Penyelesaian Proyek	19
2.3.5.2	Perhitungan Waktu Penyelesaian Proyek	21
2.3.6	Penjadwalan Sumber Daya.....	21
2.3.6.1	Penjadwalan Sumber Daya yang Terbatas	22
2.3.7	Pengurangan Durasi Proyek	23
2.4	Fabrikasi.....	23
2.4.1	<i>Boiler</i> dan <i>Room Dryer</i>	24
2.5	Kerangka Berfikir	24
2.5.1	Analisis Masalah	24
2.5.2	Metode yang Relevan.....	25
2.5.3	Identifikasi Variabel.....	25
BAB III METODE PENELITIAN		27
3.1	Jenis Penelitian	27
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian.....	27
3.3	Metode Pengumpulan Data.....	27
3.4	Langkah – Langkah Penelitian	28
3.5	Diagram Alir Penelitian.....	29
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN		31
4.1	Gambaran Umum Perusahaan	31
4.1.1	Visi dan Misi Perusahaan.....	31
4.1.2	Struktur Organisasi Perusahaan	32
4.1.3	Produk dan Jasa Perusahaan.....	32
4.2	Pengumpulan Data.....	32
4.2.1	Informasi Proyek	33
4.2.1.1	Data Proyek	33
4.2.1.2	Pengenalan <i>Boiler</i> dan <i>Room Dryer</i>	33
4.2.1.3	Aktivitas Kerja Fabrikasi <i>Boiler</i> dan <i>Room Dryer</i>	34
4.2.1.4	Data Pekerja dan Kebijakan Kerja	34
4.2.2	Biaya Proyek	34
4.3	Pengolahan Data	36
4.3.1	Penyusunan <i>Work Breakdown Structure</i> (WBS)	36

4.3.2 Penentuan Hubungan Antar Aktivitas	37
4.3.3 Penjadwalan Proyek Sebelum Percepatan	39
4.3.3.1 Jaringan Kerja AON (<i>Activity on Node</i>) Sebelum Percepatan..	40
4.3.3.2 Penentuan Jalur Kritis (<i>Critical Path</i>) Sebelum Percepatan.....	42
4.3.3.3 Penjadwalan Pekerja Sebelum Percepatan.....	43
4.3.4 Penjadwalan Proyek Setelah Percepatan	57
4.3.4.1 Pengurangan Durasi Aktivitas Proyek	57
4.3.4.2 Jaringan Kerja AON (<i>Activity on Node</i>) Setelah Percepatan....	66
4.3.4.3 Penentuan Jalur Kritis (<i>Critical Path</i>) Setelah Percepatan	68
4.3.4.4 Penjadwalan Pekerja Setelah Percepatan.....	68
4.3.5 Perhitungan Biaya.....	83
4.3.5.1 Perhitungan Biaya Penjadwalan Proyek Sebelum Percepatan..	83
4.3.5.2 Perhitungan Biaya Proyek Setelah Percepatan	84
4.3.5.3 Analisis Biaya Sebelum dan Sesudah Percepatan Proyek	86
4.4 Analisis dan Saran untuk Proses Fabrikasi <i>Boiler</i> dan <i>Room Dryer</i>	87
BAB V PENUTUP	89
5.1 Kesimpulan.....	89
5.2 Saran.....	90
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	





(Halaman ini sengaja dikosongkan)



DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 1.1	Pengerjaan Proyek 2012 – 2015 Berdasarkan Nilai Proyek	3
Tabel 1.2	Perbandingan Waktu <i>Planning</i> dan Aktual Penyelesaian Proses Fabrikasi Proyek pada CV XYZ	4
Tabel 1.3	Tenaga Kerja pada Proses Penyelesaian Fabrikasi <i>Boiler</i> dan <i>Room Dryer</i>	5
Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian Terdahulu	11
Tabel 2.2	Simbol Jaringan Kerja AON	18
Tabel 2.3	Identifikasi Variabel	25
Tabel 4.1	Daftar Biaya Material (Bahan Baku) <i>Boiler</i> dan <i>Room Dryer</i>	35
Tabel 4.2	Daftar Biaya Tenaga Kerja.....	35
Tabel 4.3	Daftar Aktivitas Kerja Proyek “Fabrikasi <i>Boiler</i> dan <i>Room Dryer</i> ” Aktivitas I – IIE	36
Tabel 4.4	Daftar Aktivitas Kerja Proyek “Fabrikasi <i>Boiler</i> dan <i>Room Dryer</i> ” Aktivitas II F – VI	37
Tabel 4.5	Hubungan Antar Aktivitas dan Kebutuhan Sumber Daya Aktivitas A – L.....	38
Tabel 4.6	Hubungan Antar Aktivitas dan Kebutuhan Sumber Daya Aktivitas M – AC	39
Tabel 4.7	Daftar Hasil ES (<i>Early Start</i>), EF (<i>Early Finish</i>), LS (<i>Late Start</i>), LF (<i>Late Finish</i>) dan Total <i>Slack</i>	42
Tabel 4.8	Tindakan Perataan Sumber Daya Setiap Periode 12 – 13 Sebelum Percepatan	47
Tabel 4.9	Tindakan Perataan Sumber Daya Setiap Periode 13 – 14 Sebelum Percepatan	48
Tabel 4.10	Tindakan Perataan Sumber Daya Setiap Periode 14 – 15 Sebelum Percepatan	49
Tabel 4.11	Durasi Penyelesaian Berdasarkan Perencanaan, Aktual dan Penjadwalan Ulang.....	56
Tabel 4.12	Data Historis Durasi Aktivitas Proyek Fabrikasi <i>Boiler</i> dan <i>Room Dryer</i> dan Durasi Aktivitas Proyek Fabrikasi <i>Boiler</i> dan <i>Room</i>	

	<i>Dryer</i> yang dikerjakan	60
Tabel 4.13	Pengurangan Durasi Berdasarkan Penambahan SDM yang Tersedia dan Penambahan Jam Lembur Aktivitas ID B – J.....	61
Tabel 4.14	Pengurangan Durasi Berdasarkan Penambahan SDM yang Tersedia dan Penambahan Jam Lembur Aktivitas ID K – P.....	62
Tabel 4.15	Pengurangan Durasi Berdasarkan Penambahan SDM yang Tersedia dan Penambahan Jam Lembur Aktivitas ID Q – W.....	63
Tabel 4.16	Pengurangan Durasi Berdasarkan Penambahan SDM yang Tersedia dan Penambahan Jam Lembur Aktivitas X – AC	64
Tabel 4.17	Hasil Pengurangan Durasi Aktivitas.....	66
Tabel 4.18	Daftar Hasil ES (<i>Early Start</i>), EF (<i>Early Finish</i>), LS (<i>Late Start</i>), LF (<i>Late Finish</i>) dan Total <i>Slack</i> Percepatan Proyek.....	68
Tabel 4.19	Tindakan Perataan Sumber Daya Periode 12 – 13 Setelah Percepatan ...	73
Tabel 4.20	Tindakan Perataan Sumber Daya Periode 13 – 14 Setelah Percepatan ...	74
Tabel 4.21	Tindakan Perataan Sumber Daya Periode 14 – 15 Setelah Percepatan ...	75
Tabel 4.22	Perbandingan Durasi Penjadwalan Proyek dan Percepatan Proyek	82
Tabel 4.23	Penggunaan Tenaga Kerja pada Periode 18 – 20 Sebelum Percepatan.....	83
Tabel 4.24	Biaya Proyek “Fabrikasi <i>Boiler</i> dan <i>Room Dryer</i> ” Sebelum Percepatan.....	84
Tabel 4.25	Penggunaan Tenaga Kerja pada Periode 18 – 20 Setelah Percepatan.....	84
Tabel 4.26	Biaya Percepatan Proyek “Fabrikasi <i>Boiler</i> dan <i>Room Dryer</i> ”	86
Tabel 4.27	Perbandingan Biaya Sebelum dan Sesudah Percepatan Proyek	86

DAFTAR GAMBAR

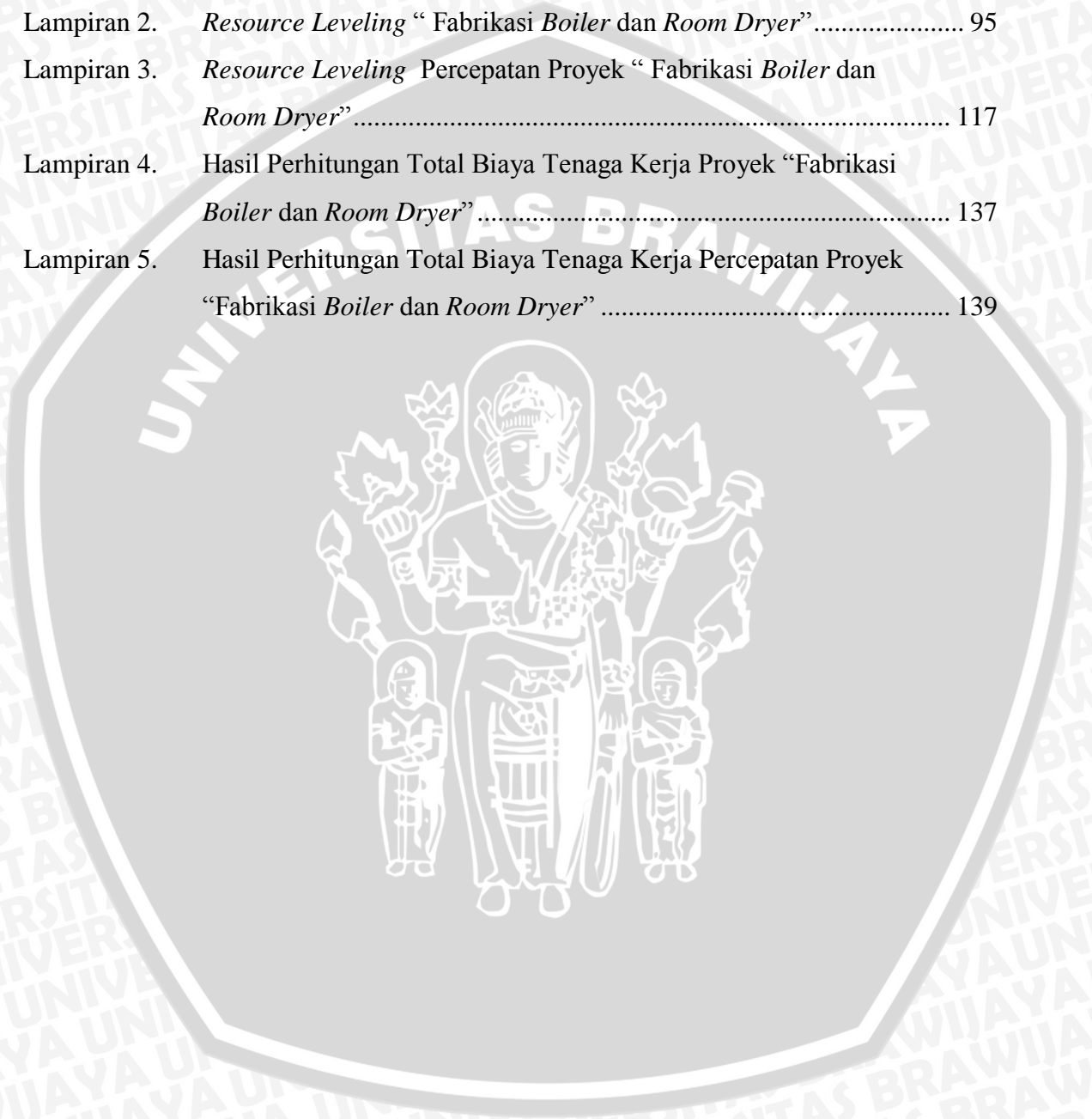
No.	Judul	Halaman
Gambar 1.1	Perbandingan Total Jumlah Proyek dan Jumlah Proyek Terlambat per Tahun.....	2
Gambar 2.1	Sasaran Proyek dan <i>Triple Constraint</i>	14
Gambar 2.2	Hirarki WBS	16
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	30
Gambar 4.1	Struktur Organisasi CV XYZ	32
Gambar 4.2	<i>Fire Tube Boiler</i> dan <i>Room Dryer</i>	33
Gambar 4.3	Jaringan Kerja AON Fabrikasi <i>Boiler</i> dan <i>Room Dryer</i>	41
Gambar 4.4	Grafik Kebutuhan Pekerja Tenaga Ahli.....	43
Gambar 4.5	Grafik Kebutuhan Pekerja Mekanis.....	44
Gambar 4.6	Grafik Kebutuhan Pekerja Semi Mekanis	45
Gambar 4.7	Grafik Kebutuhan Pekerja <i>Helper</i>	45
Gambar 4.8	Grafik Kebutuhan Pekerja <i>Welder</i>	46
Gambar 4.9	Penggunaan Sumber Daya Periode 12 – 18.....	50
Gambar 4.10	Perataan Sumber Daya Periode 12 – 13.....	51
Gambar 4.11	Perataan Sumber Daya Periode 13 – 14.....	52
Gambar 4.12	Perataan Sumber Daya Periode 14 – 15.....	53
Gambar 4.13	Grafik Kebutuhan Tenaga Ahli Setelah Perataan Sumber Daya	54
Gambar 4.14	Grafik Kebutuhan Mekanis Setelah Perataan Sumber Daya	54
Gambar 4.15	Grafik Kebutuhan Semi Mekanis Setelah Perataan Sumber Daya	55
Gambar 4.16	Grafik Kebutuhan <i>Helper</i> Setelah Perataan Sumber Daya.....	55
Gambar 4.17	Grafik Kebutuhan <i>Welder</i> Setelah Perataan Sumber Daya.....	56
Gambar 4.18	Jaringan Kerja AON Percepatan Fabrikasi <i>Boiler</i> dan <i>Room Dryer</i>	67
Gambar 4.19	Grafik Kebutuhan Pekerja Tenaga Ahli Percepatan Proyek.....	69
Gambar 4.20	Grafik Kebutuhan Pekerja Mekanis Percepatan Proyek.....	70
Gambar 4.21	Grafik Kebutuhan Pekerja Semi Mekanis Percepatan Proyek.....	71
Gambar 4.22	Grafik Kebutuhan Pekerja <i>Helper</i> Percepatan Proyek.....	71
Gambar 4.23	Grafik Kebutuhan Pekerja <i>Welder</i> Percepatan Proyek	72
Gambar 4.24	Penggunaan Sumber Daya Periode 12 – 18 Percepatan Proyek.....	76
Gambar 4.25	Perataan Sumber Daya Percepatan Proyek Periode 12 – 13.....	77

Gambar 4.26	Perataan Sumber Daya Percepatan Proyek Periode 13 – 14	78
Gambar 4.27	Perataan Sumber Daya Percepatan Proyek Periode 14 – 15	79
Gambar 4.28	Grafik Kebutuhan Tenaga Ahli Percepatan Proyek	80
Gambar 4.29	Grafik Kebutuhan Mekanis Percepatan Proyek	80
Gambar 4.30	Grafik Kebutuhan Semi Mekanis Percepatan Proyek	81
Gambar 4.31	Grafik Kebutuhan <i>Helper</i> Percepatan Proyek	81
Gambar 4.32	Grafik Kebutuhan <i>Welder</i> Percepatan Proyek	82



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1.	<i>Work Breakdown Structure</i> Proyek “Fabrikasi <i>Boiler</i> dan <i>Room Dryer</i> ”	93
Lampiran 2.	<i>Resource Leveling</i> “ Fabrikasi <i>Boiler</i> dan <i>Room Dryer</i> ”	95
Lampiran 3.	<i>Resource Leveling</i> Percepatan Proyek “ Fabrikasi <i>Boiler</i> dan <i>Room Dryer</i> ”	117
Lampiran 4.	Hasil Perhitungan Total Biaya Tenaga Kerja Proyek “Fabrikasi <i>Boiler</i> dan <i>Room Dryer</i> ”	137
Lampiran 5.	Hasil Perhitungan Total Biaya Tenaga Kerja Percepatan Proyek “Fabrikasi <i>Boiler</i> dan <i>Room Dryer</i> ”	139





(Halaman ini sengaja dikosongkan)



RINGKASAN

Ilya Ramadhania, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Januari 2016, *Penjadwalan Ulang Proses Fabrikasi Boiler dan Room Dryer dengan Kendala Tenaga Kerja dan Waktu (Studi Kasus PT CV XYZ, Sidoarjo)*, Dosen Pembimbing: Ceria Farela Mada Tantrika dan Ratih Ardia Sari.

Perkembangan perusahaan penyedia jasa konstruksi peralatan dan mesin semakin pesat. Salah satu perusahaan tersebut adalah CV XYZ. Untuk memenangkan persaingan yang ada, perusahaan harus mampu memberikan yang terbaik dalam pelaksanaan proyeknya, terutama dalam ketepatan waktu penyelesaian proyek. Penentuan durasi proyek yang telah dikerjakan sebelumnya, mengacu berdasarkan perkiraan dan pengalaman pekerjaan terdahulu. Berdasarkan beberapa proyek yang telah dikerjakan tersebut, banyak proyek yang mengalami keterlambatan, salah satu kendala yang dialami yaitu keterbatasan sumber daya, dalam hal ini adalah tenaga kerja.

Pada penelitian ini dilakukan penjadwalan ulang proyek dengan menggunakan CPM (*Critical Path Method*) dengan *resource leveling* dan penjadwalan percepatan proyek dengan *resource leveling*, pada salah satu proyek di CV XYZ. Proyek yang diteliti adalah proyek “Fabrikasi Boiler dan Room Dryer” yang berlangsung pada bulan Juli hingga November 2015. Penjadwalan ulang proyek dilakukan untuk membandingkan hasil penjadwalan tersebut dengan penyelesaian aktual proyek dan mengetahui durasi penyelesaian proyek apabila dilakukan percepatan.

Berdasarkan hasil penjadwalan proyek dengan CPM, diketahui durasi penyelesaian proyek 57 hari. Setelah dilakukan *resource leveling*, durasi penyelesaian proyek menjadi 84 hari dan aktual penyelesaian proyek diselesaikan selama 82 hari. Berdasarkan hal tersebut, hasil penjadwalan ulang dengan CPM dan *resource leveling* tidak jauh berbeda dengan hasil penyelesaian aktual. Biaya material dan tenaga kerja penyelesaian proyek berdasarkan penjadwalan ulang proyek tersebut sebesar Rp 109.790.000. Hasil penjadwalan ulang proyek dengan percepatan didapatkan durasi penyelesaian proyek 51 hari, setelah dilakukan *resource leveling* durasi penyelesaian proyek dengan percepatan menjadi 78 hari. Percepatan durasi proyek, dilakukan dengan penambahan sumber daya yang tersedia dan jam lembur. Biaya material dan tenaga kerja penyelesaian proyek dengan percepatan sebesar Rp 110.273.750. Pengurangan durasi proyek yang dicapai sebesar 7,14% dan penambahan biaya yang dibutuhkan sebesar 0,44%. Berdasarkan hal tersebut, persentase pengurangan durasi yang dapat dilakukan dengan penambahan sumber daya tersedia dan jam lembur, lebih besar dibandingkan dengan penambahan biaya langsung yang dibebankan.

Kata Kunci: CPM, percepatan proyek, *resource leveling*, penjadwalan proyek, boiler dan room dryer.



(Halaman ini sengaja dikosongkan)



SUMMARY

Ilya Ramadhania, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, January 2016, *Rescheduling of Boiler and Room Dryer Fabrication Process with the Constraints of Labor and Time (Case Study CV XYZ, Sidoarjo)*, Academic Supervisor: Ceria Farela Mada Tantrika and Ratih Ardia Sari.

The development of company who works in equipment and machinery construction has grown rapidly. One of those company is CV XYZ. To win the competition, the company must be able to provide the best in their project implementation, particularly in the time accuracy of project completion. The determination of the project duration that has been done previously is based on the estimation and their project. Based on some of the projects that have been done previously, many projects were delayed, one of the constraints experienced by this company is limited resources, in this case labor.

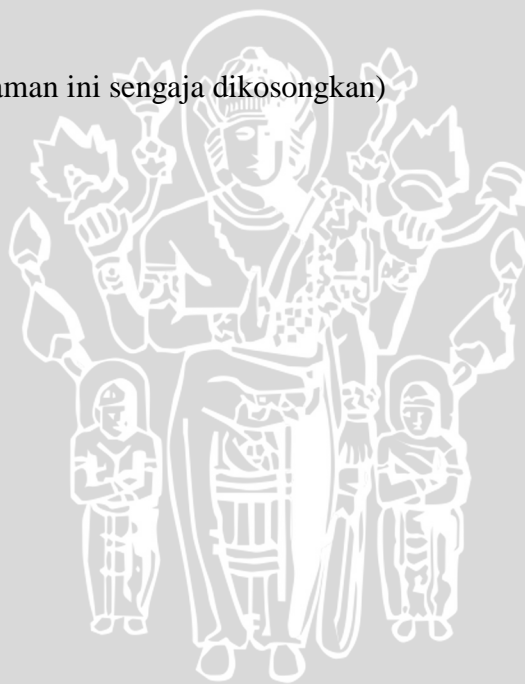
In this study, CPM (Critical Path Method) with resource leveling and project acceleration scheduling using resource leveling was used to reschedule one of the project at CV XYZ. The project under study is "The Fabrication of Boiler and Room Dryer" which took place in July until November 2015. The project rescheduling was conducted to compare the results of the scheduling with the project's actual completion and to determine the duration of the project completion with an acceleration.

Based on the results of project scheduling with CPM, it is known that the duration of project completion is 57 days. After resource leveling was conducted, the duration of project completion increased to 84 days and the actual project completion's duration was 82 days. Therefore, the result of project rescheduling using CPM and resource leveling is not much different from the actual completion result. Material and labor costs of project completion by rescheduling the project is Rp 109.790.000. The results of project rescheduling with an acceleration has obtained 51days duration of the project completion, after the completion of the duration of the project resource leveling with acceleration to 78 days. The acceleration duration of the project, carried out with the addition of available resources and overtime hours. Labor and material costs by accelerating project completion is Rp 110.273.750. Reduction of the duration of the project achieved by 7.14% and the additional costs required by 0.44%. Based on this result, the percentage reduction in the duration of which can be done by adding the resources available and overtime hours, greater than the additional direct costs were charged.

Keywords: CPM, project accelerating, resource leveling, project scheduling, boiler and room dryer.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang dilakukannya penelitian, perumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, serta batasan masalah dan asumsi yang digunakan dalam penelitian ini.

1.1 Latar Belakang

Pada era globalisasi saat ini, perkembangan industri manufaktur di Indonesia semakin pesat. Kebutuhan akan peralatan dan mesin dalam proses produksi pun kian meningkat. Dalam menunjang kegiatan produksi, suatu perusahaan manufaktur memerlukan sarana produksi seperti peralatan dan mesin yang tersedia dalam kondisi yang baik. Suatu proses dalam sistem produksi dapat didefinisikan sebagai integrasi sekuensial dari tenaga, material, informasi, metode kerja, dan mesin atau peralatan, dalam suatu lingkungan guna menghasilkan nilai tambah bagi produk agar dapat dijual dengan harga kompetitif di pasar (Ishak, 2010:3). Oleh karena itu dibutuhkan semua komponen yang diintegrasikan tersebut dalam kondisi yang baik, salah satunya adalah peralatan dan mesin yang baik, sehingga keluaran fabrikasi akan memiliki hasil yang berkualitas baik dan sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan pelanggan.

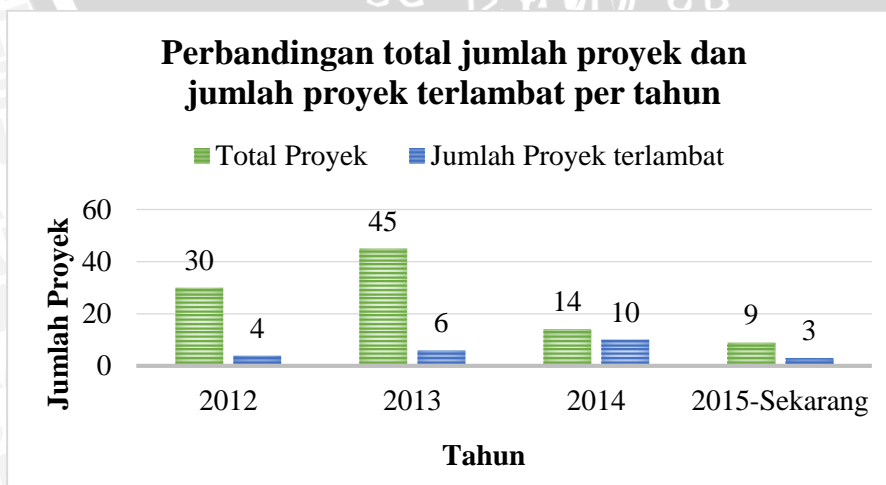
Seiring bertambahnya permintaan akan peralatan dan mesin untuk fabrikasi, perusahaan penyedia jasa konstruksi peralatan dan mesin pun semakin berkembang. Perusahaan penyedia sarana produksi tersebut yang mendorong dalam membantu perkembangan industri manufaktur secara tidak langsung. Perusahaan tersebut pada umumnya menerapkan konsep manajemen proyek dalam pengerjaan pembuatan peralatan dan mesin. Salah satunya adalah dengan melakukan perencanaan yang terperinci tentang aktivitas kegiatan, waktu dan biaya yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek yang bertujuan untuk mendapatkan hasil yang optimal.

Namun pada kenyataannya sering terjadi permasalahan dalam pengerjaan suatu proyek yaitu terjadi ketidaksesuaian antara rencana awal dengan realisasi aktual. Selain itu, adanya keterbatasan sumber daya juga perlu diperhatikan dalam melakukan perencanaan pelaksanaan proyek agar tidak menyebabkan keterlambatan dari waktu yang telah dijadwalkan. Untuk menghindari hal tersebut maka diperlukan penjadwalan kegiatan dan

pengolahan sumber daya sehingga dapat diperoleh total biaya dan waktu penyelesaian proyek yang optimal.

CV XYZ adalah perusahaan yang bergerak di bidang *mechanical and construction*. Nama perusahaan ini dituliskan sebagai CV XYZ, karena pihak perusahaan tidak berkenan untuk dipublikasikan identitasnya dalam penelitian ini. Perusahaan ini telah mengerjakan berbagai macam proyek seperti fabrikasi atau pembuatan peralatan dan mesin untuk kelengkapan perusahaan manufaktur. Selama ini konsumen perusahaan CV XYZ paling banyak berasal dari perusahaan yang memproduksi krupuk dan juga berasal dari perusahaan lainnya. Konsumen CV XYZ ini berasal dari NTT, Sumatera, Sulawesi bahkan hingga Negara India. Sebagai perusahaan fabrikasi peralatan dan mesin, CV XYZ diharapkan mampu memberikan yang terbaik dalam pelaksanaan proyeknya, terutama dalam kesesuaian permintaan konsumen akan spesifikasi produk dan jasa yang dikerjakan dan ketepatan waktu penyelesaian proyek tersebut.

Berdasarkan hasil wawancara dengan direktur CV XYZ, diketahui dalam prakteknya, perusahaan sampai saat ini sering mengalami keterlambatan dalam penyelesaian proses fabrikasi. Keterlambatan tersebut disajikan pada Gambar 1.1 yang merupakan grafik perbandingan total jumlah proyek dan jumlah proyek terlambat per tahun. CV XYZ dalam menentukan durasi penyelesaian proyek mengacu berdasarkan perkiraan dan pengalaman pekerjaan sebelumnya. Namun kenyataannya terdapat perbedaan pada setiap pesanan baik dari segi jenis mesin maupun spesifikasi. CV XYZ mengelompokkan proyek berdasarkan nilai proyek menjadi 3 jenis proyek yaitu proyek besar dengan nilai proyek lebih besar dari 100 Juta (> 100 Juta), proyek sedang dengan nilai proyek 50 Juta – 100 Juta dan proyek kecil dengan nilai proyek kurang dari 50 Juta (< 50 Juta).



Gambar 1.1 Perbandingan Total Jumlah Proyek dan Jumlah Proyek Terlambat per Tahun
Sumber: Dokumentasi CV XYZ

Berdasarkan jumlah proyek yang dikerjakan dan jumlah proyek yang terlambat, pada Tabel 1.1 dapat diketahui jenis proyek yang dikerjakan berdasarkan nilai proyek.

Tabel 1.1 Pengerjaan Proyek 2012 – 2015 Berdasarkan Nilai Proyek

No	Tahun	Total Proyek	Proyek Besar	Proyek Sedang	Proyek Kecil	Jumlah Terlambat
1	2012	30	3	9	18	• 3 Proyek Besar • 1 Proyek Sedang
2	2013	45	6	16	23	• 6 Proyek Besar
3	2014	14	7	4	3	• 7 Proyek Besar • 3 Proyek Sedang
4	2015 – Sekarang	9	3	-	6	• 3 Proyek Besar

Sumber: Dokumentasi CV XYZ

Berdasarkan Gambar 1.1 dan Tabel 1.1, dapat diketahui bahwa pada tahun 2012 jumlah proyek yang dikerjakan sebanyak 30 proyek dan mengalami keterlambatan sebanyak 4 proyek yang terdiri dari 3 proyek besar dan 1 proyek sedang. Pada tahun 2013 jumlah proyek yang dikerjakan sebanyak 45 proyek dan mengalami keterlambatan sebanyak 6 proyek yang merupakan proyek besar. Jumlah proyek yang mengalami keterlambatan tersebut terjadi peningkatan seiring dengan peningkatan jumlah proyek besar yang dikerjakan. Pada tahun 2014 jumlah proyek yang dikerjakan adalah sebanyak 14 proyek dan terjadi keterlambatan sebanyak 10 proyek. Proyek yang terlambat tersebut terdiri dari 7 proyek besar dan 3 proyek sedang. Walaupun jumlah proyek yang dikerjakan semakin berkurang dari tahun 2012, 2013 dan 2014, namun jumlah proyek yang mengalami keterlambatan semakin bertambah. Penyebab peningkatan jumlah proyek yang terlambat adalah adanya peningkatan jumlah proyek besar yang dikerjakan. Pada tahun 2015 (Januari 2015 – Juli 2015), jumlah proyek yang telah dikerjakan sebanyak 9 proyek yang terdiri dari 3 proyek besar dan 6 proyek kecil dengan jumlah keterlambatan sebanyak 3 proyek yang merupakan proyek besar. Secara keseluruhan proyek yang mengalami keterlambatan merupakan proyek besar dan beberapa proyek tersebut adalah proyek sedang. Berdasarkan hasil wawancara dengan CV XYZ, proyek besar memiliki kompleksitas yang lebih tinggi dibandingkan proyek sedang dan proyek sedang memiliki kompleksitas yang lebih tinggi dibandingkan proyek kecil. Kompleksitas yang tinggi tersebut terdiri dari jumlah aktivitas yang dikerjakan banyak, biaya yang dibutuhkan lebih tinggi dan waktu yang dibutuhkan lebih lama. Hal tersebut yang menyebabkan adanya keterlambatan yang terjadi pada proyek besar dan beberapa proyek sedang.

Tabel 1.2 adalah daftar beberapa proyek yang mengalami keterlambatan disetiap tahun.

Tabel 1.2 Perbandingan Waktu *Planning* dan Aktual Penyelesaian Proses Fabrikasi Proyek pada CV XYZ

Nama Proyek	Tahun	Waktu Penyelesaian Proses Fabrikasi (Hari)		Keterangan
		<i>Planning</i>	Aktual	
<i>Mixer Machine, Forming Machine, Screw Machine, Slicer Machine</i>	2012	105	150	Terlambat
<i>Pipe rack project, piping project</i>	2013	60	90	Terlambat
<i>Forming Machine (Kerupuk Mawar)</i>	2014	60	74	Terlambat
<i>Packet Machine</i>	2015	90	120	Terlambat

Sumber: Dokumentasi CV XYZ

Daftar proyek yang mengalami keterlambatan setiap tahun yang disajikan pada Tabel 1.2 merupakan jenis proyek besar. Pada proyek fabrikasi *Mixer Machine, Forming Machine, Screw Machine, Slicer Machine* mengalami keterlambatan selama 45 hari. Pada proyek *pipe rack project* dan *piping project* mengalami keterlambatan selama 30 hari. Proyek fabrikasi *forming machine* mengalami keterlambatan selama 14 hari dan proyek *packet machine* mengalami keterlambatan selama 30 hari. Menurut pihak CV XYZ, penyebab keterlambatan tersebut adalah jumlah sumber daya terbatas dan penentuan durasi dilakukan berdasarkan perkiraan.

Selain proyek-proyek di Tabel 1.2, di bulan Agustus 2015 CV XYZ sedang dalam proses penyelesaian fabrikasi *boiler* dan *room dryer* yang merupakan pesanan dari sebuah industri pembuatan Mie di Tarakan. Proyek ini termasuk jenis proyek besar karena memiliki nilai proyek lebih dari 100 juta. Berdasarkan informasi dari pihak CV XYZ proyek yang dimulai pada 27 Juli 2015 ini direncanakan selesai pada 6 Oktober 2015, namun hingga 22 Agustus 2015 proses fabrikasi belum mencapai progres yang sesuai rencana yaitu 30%, tetapi progres yang telah dicapai sekitar 10%. Berdasarkan wawancara dengan direktur CV XYZ, salah satu kendala yang dialami adalah keterbatasan sumber daya dalam hal ini adalah jumlah tenaga kerja yang terbatas dan keahlian yang terbatas. Tenaga kerja dalam penyelesaian fabrikasi *boiler* dan *room dryer* terdiri dari tenaga ahli, mekanis, semi mekanis, *helper* dan *welder*. Setiap jenis pekerja tersebut memiliki keahlian masing – masing yang diuraikan pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3 Tenaga Kerja pada Proses Penyelesaian Fabrikasi *Boiler* dan *Room Dryer*

No	Pekerja	Keahlian	Jumlah
1	Tenaga Ahli	<ul style="list-style-type: none"> • Memahami tentang alur pekerjaan dan mesin yang akan diselesaikan • <i>Marking and measurement</i> • <i>Set up</i> • <i>Welding</i> 	2
3	Mekanis	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Set up</i> • <i>Cutting</i> 	1
2	Semi Mekanis	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Drilling</i> • Membantu dalam <i>set up</i> 	1
4	<i>Helper</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Membantu semua aktivitas 	3
5	<i>Welder</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Melakukan pengelasan (<i>welding</i>) 	1 (<i>Outsource</i>)
Jumlah			8

Sumber : Dokumentasi CV XYZ

Berdasarkan Tabel 1.3, dapat diketahui jumlah sumber daya tenaga kerja pada proyek “Fabrikasi *Boiler* dan *Room Dryer*” dan masing – masing spesialisasi keahlian setiap pekerja. Menurut CV XYZ, jumlah tenaga kerja tersebut terbatas, karena memiliki jumlah tenaga kerja yang cukup sedikit. Selain itu berdasarkan keahlian yang dimiliki juga terbatas (bukan keahlian umum). Sedangkan dalam penyelesaian aktivitas proyek membutuhkan keahlian yang bervariasi, sehingga setiap pekerja proyek CV XYZ memiliki tugas sesuai keahlian yang dimiliki oleh setiap pekerja tersebut. Selain itu dalam prakteknya, pihak CV XYZ masih menggunakan estimasi secara umum (tidak detail) dalam penentuan biaya dan durasi waktu. CV XYZ juga belum melakukan penentuan hubungan antar aktivitasnya. Pada pengerjaan proyek sebelumnya, CV XYZ pernah menyelesaikan proyek fabrikasi *boiler* dan mengalami keterlambatan dalam penyelesaiannya. Menurut hasil wawancara dengan pihak CV XYZ, salah satu aktivitas yang mengalami penyelesaian yang tidak sesuai estimasi adalah aktivitas *welding*. Keterlambatan aktivitas ini juga disebabkan karena sumber daya yang mampu menyelesaikannya terbatas.

Berdasarkan hal tersebut perlu dilakukan *breakdown* aktivitas dalam hal ini disebut WBS (*Work Breakdown Structure*). Menurut Gray & Larson (2007:96), WBS membantu membuat rencana, jadwal dan anggaran. WBS memberi suatu kerangka untuk menelusuri biaya dan kinerja. Selain itu juga perlu dilakukan penjadwalan proyek dengan memperhatikan keterbatasan sumber daya (tenaga kerja) dan keterbatasan keahlian sumber daya. Beberapa metode penjadwalan proyek yang dapat digunakan adalah Bagan Balok, Jaringan Kerja, Metode Jalur Kritis (*Critical Path Method*), Teknik Evaluasi dan Review Proyek (*Program Evaluation and Review Technique*) dan Metode Preseden Diagram (*Precedence Diagram Method*) (Soeharto, 1997:125).

Penjadwalan proyek pada penelitian ini menggunakan metode CPM (*Critical Path Method*). Menurut Soeharto (1997:230), penggunaan metode CPM dapat mempersingkat waktu total pengerjaan proyek dan mengurangi biaya yang digunakan dalam pengerjaan proyek. Penjadwalan dengan metode CPM ini dilakukan berdasarkan keterbatasan sumber daya (*resource constraint*). Selain itu, penjadwalan dengan menggunakan metode CPM juga dilakukan dengan percepatan waktu sebagai penentuan tambahan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan untuk memperpendek durasi proyek. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan perbandingan antara hasil penyelesaian proyek aktual dan hasil penjadwalan ulang sebelum dan sesudah percepatan, sebagai evaluasi dan perbaikan penjadwalan proyek agar dapat meminimalkan adanya keterlambatan pada proyek selanjutnya.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka identifikasi masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Terjadinya ketidaksesuaian perencanaan jadwal proyek dengan penyelesaian aktual.
2. Terjadinya keterlambatan penyelesaian proyek pada beberapa periode tahun sebelumnya.
3. Belum dilakukan *breakdown* hubungan elemen-elemen pekerjaan proyek.
4. Jumlah tenaga kerja dan keahlian yang dimiliki terbatas.

1.3 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah diatas, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek fabrikasi *boiler* dan *room dryer* dengan memperhatikan keterbatasan sumber daya (tenaga kerja) ?
2. Berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mempercepat durasi proyek berdasarkan penambahan sumber daya (tenaga kerja) yang tersedia ?
3. Bagaimana perbandingan biaya proyek sebelum dan sesudah percepatan proyek?

1.4 Batasan Masalah

Setelah melakukan perumusan masalah, untuk mendapatkan hasil yang optimal dan sesuai dengan permasalahan yang ada, maka pada penelitian ini batasan masalah yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan pada proses fabrikasi *boiler* dan *room dryer*.
2. Penelitian ini tidak membahas kendala eksternal, misalnya keterlambatan material proyek.
3. Sumber daya yang dibahas hanya sumber daya manusia.
4. Penelitian ini hanya memperhitungkan biaya material dan tenaga kerja.
5. Semua *sparepart boiler* dibuat saat pengerjaan proyek.

1.5 Asumsi Penelitian

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin yang digunakan selama proses fabrikasi berlangsung tidak mengalami *downtime*.

1.6 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dibuat, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Melakukan penjadwalan proyek fabrikasi *boiler* dan *room dryer* untuk mengetahui lama waktu penyelesaian proyek dengan menggunakan metode CPM (*Critical Path Method*) dengan sumber daya terbatas.
2. Melakukan penjadwalan proyek fabrikasi *boiler* dan *room dryer* dengan percepatan untuk mengetahui lama waktu penyelesaian proyek dengan menggunakan metode CPM (*Critical Path Method*) dengan percepatan proyek berdasarkan sumber daya terbatas.
3. Mengetahui hasil perbandingan biaya proyek sebelum dan sesudah percepatan proyek.

1.7 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan dari penelitian, maka manfaat yang akan didapatkan dari penelitian ini adalah:

1. Dapat diketahui alternatif penjadwalan proyek CPM (*Critical Path Method*) dan penjadwalan sumber daya terbatas dengan perataan sumber daya (*resource leveling*) agar tidak terjadi keterlambatan untuk proyek selanjutnya.
2. Dapat menemukan tambahan jumlah tenaga kerja tersedia yang dibutuhkan untuk melakukan percepatan proyek.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam penelitian yang akan dilaksanakan diperlukan dasar-dasar argumentasi ilmiah yang berhubungan dengan konsep-konsep yang diperlukan dalam penelitian dan akan dipakai dalam analisis. Dalam bab ini akan dijelaskan beberapa dasar-dasar argumentasi atau teori yang digunakan dalam penelitian.

2.1 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian telah dilakukan yang berhubungan dengan metode *Critical Path Method* (CPM), percepatan proyek, penjadwalan sumber daya terbatas dan perataan sumber daya, yang dapat dijadikan referensi dalam penelitian ini. Berikut ini merupakan *review* dari beberapa penelitian sebelumnya:

1. Almahdy & Prianto (2008) menggunakan metode CPM dan *Slope Calculation* dalam melakukan penjadwalan pada suatu gedung. Berdasarkan hasil pembahasan didapatkan bahwa dengan menggunakan CPM dapat diketahui durasi pelaksanaan proyek selama 190 hari dengan jalur kritis terletak pada pekerjaan pemancangan, *pile cap*, kolom baja, lantai untuk tingkat 1, pekerjaan atap, dinding, pekerjaan lantai, pintu & jendela dan pekerjaan kanopi & pemasangan batu tempel. Dengan menggunakan CPM dan perhitungan *slope* biaya diketahui bahwa melakukan percepatan jadwal proyek menjadi 155 hari akan meningkatkan biaya pelaksanaan proyek menjadi Rp 2.534.384.981 dari biaya awal sebesar Rp 2.480.287.710.
2. Elmabrouk (2012) membahas tentang konsep *Linear Programming* dan *Critical Path Method* dalam menganalisis perencanaan proyek dengan masalah percepatan dan memperhatikan dua hal, yaitu *time* dan *cost*. Hasil pembahasan yang diperoleh yaitu data yang dibutuhkan dalam percepatan aktivitas proyek dengan cara teknik *Linear Programming* adalah waktu dan biaya untuk setiap aktivitas jika dilakukan penjadwalan secara normal dan penjadwalan dengan percepatan. Penggunaan konsep *Linear Programming*, dapat membantu manajer proyek untuk mengetahui pengaruh biaya total dari perubahan estimasi durasi untuk berbagai alternatif. Manajer proyek juga dapat menentukan berapa banyak percepatan setiap aktivitas untuk meminimalkan total biaya dan memenuhi target waktu yang ditentukan.

Penggunaan *Linear Programming* dapat digunakan apabila terdapat banyak parameter untuk mensimulasikan kondisi proyek dan dapat berguna untuk pengambilan keputusan pada penjadwalan proyek.

3. Ridho & Syahrizal (2014) menggunakan PERT dan CPM sebagai *tools* penjadwalan proyek. Dimana didapatkan hasil penjadwalan dengan metode PERT yaitu proyek paling cepat dapat diselesaikan selama 95 hari dengan kemungkinan 0,28%, paling lambat dapat diselesaikan selama 114 hari dengan kemungkinan 99,98% dan paling mungkin diselesaikan selama 104 hari dengan kemungkinan 47,21%. Sedangkan berdasarkan metode CPM didapatkan durasi penyelesaian selama 112 hari. Selain melakukan penjadwalan proyek, dilakukan juga percepatan proyek untuk meminimalkan keterlambatan dengan menentukan penambahan jam kerja yang dibutuhkan yaitu dengan penambahan 1 jam waktu kerja maka proyek dapat diselesaikan selama 100 hari atau dapat dipercepat selama 12 hari dengan penambahan biaya sebesar Rp 5.013.158,81 dan besar *cost slope* Rp 417.763,23/hari. Dengan alternatif penambahan 3 jam waktu kerja maka proyek dapat diselesaikan selama 87 hari atau dapat dipercepat selama 25 hari dengan penambahan biaya sebesar Rp 24.661.803,25 dan besar *cost slope* Rp 986.472,13/hari.
4. Febriyanti (2014) menggunakan metode perataan penuh (*Full Leveling*) dan *overlocated (Leveling)* untuk melakukan penjadwalan pada proyek yang mengalami keterbatasan sumber daya. Berdasarkan hasil analisa didapatkan bahwa total durasi penyelesaian yaitu selama 404,67 hari yang awalnya adalah 168 hari, sehingga menghasilkan waktu keterlambatan 236,67 hari yang disebabkan pada pekerjaan ME.
5. Laksana (2014) menggunakan CPM dan *Crash Program* sebagai *tools* untuk mengoptimalkan waktu dan biaya proyek. Berdasarkan analisa didapatkan bahwa pada pekerjaan Pelindung Tebing Sungai Randu Gunting, Kabupaten Pati, diperoleh kesimpulan pada penjadwalan proyek yang dianggap paling optimal untuk pelaksanaan proyek selama 147 hari dengan biaya sebesar Rp 436.591.926,14. Sedangkan pada pekerjaan Sungai Bodri III Kabupaten Kendal, diperoleh kesimpulan pada penjadwalan proyek yang dianggap paling optimal untuk pelaksanaan proyek selama 156 hari dengan biaya Rp 2.630.378.619,24.

Dari kelima penelitian di atas yang menjadi dasar perbedaan antara penelitian ini dengan penelitian terdahulu dapat ditunjukkan pada Tabel 2.1. Pada Tabel 2.1 dapat diketahui bahwa beberapa objek penelitian pada penelitian terdahulu adalah konstruksi bangunan, sedangkan pada penelitian ini adalah fabrikasi *boiler* dan *room dryer*.

Sedangkan untuk metode penelitian yang digunakan terdapat persamaan pada beberapa penelitian terdahulu, namun pada penelitian ini terdapat dua batasan kendala penjadwalan, yaitu sumber daya (tenaga kerja) dan waktu. Oleh karena itu dilakukan penjadwalan ulang dengan memperhatikan sumber daya dan dilakukan percepatan proyek berdasarkan sumber daya yang tersedia. *Tools* penjadwalan yang digunakan menggunakan Ms Excel.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Penulis	Objek Penelitian	Metode Penjadwalan	<i>Tools</i> Penjadwalan	Hasil
Almahdy & Prianto (2008)	Konstruksi Bangunan	CPM dan <i>Slope Calculation</i>	Ms Excel	<ul style="list-style-type: none"> Durasi penyelesaian 190 hari dengan biaya Rp 2.480.287.710 Durasi percepatan 155 hari dengan biaya Rp 2.534.384.981.
Elmabrouk (2012)	Konstruksi Bangunan	CPM, Crash Program dengan <i>Linear Programming</i>	LINDO Program	<ul style="list-style-type: none"> Konsep <i>Linear Prograaming</i> dapat mengetahui pengaruh biaya total dari perubahan estimasi durasi untuk berbagai alternatif.
Ridho & Syahrizal (2014)	Konstruksi Bangunan	PERT dan CPM dengan <i>Crash Program</i>	Ms Excel	<ul style="list-style-type: none"> Hasil metode PERT proyek paling cepat dapat diselesaikan selama 95 hari dengan kemungkinan 0,28%, paling lambat dapat diselesaikan selama 114 hari dengan kemungkinan 99,98% dan paling mungkin diselesaikan selama 104 hari dengan kemungkinan 47,21%. Hasil metode CPM didapatkan durasi penyelesaian selama 112 hari. Percepatan proyek menghasilkan durasi penyelesaian selama 100 hari dengan 3 alternatif penambahan jam waktu kerja.
Febriyanti (2014)	Konstruksi Bangunan	CPM dengan <i>Full Leveling</i>	Ms Excel Ms Project	<ul style="list-style-type: none"> Total durasi penyelesaian yaitu selama 404.67 hari yang awalnya 168 hari sehingga menghasilkan waktu keterlambatan 236.67 hari.
Laksana (2014)	Konstruksi Pengairan	CPM dengan <i>Crash Program</i>	Ms Excel	<ul style="list-style-type: none"> Durasi pelaksanaan proyek Pelindung Tebing Sungai Randu Gunting, Kabupaten Pati adalah 147 hari dengan biaya sebesar Rp 436.591.926,14. Durasi pelaksanaan proyek Sungai Bodri III Kabupaten Kendal adalah 156 hari dengan biaya Rp 2.630.378.619,24.
Penelitian ini	Fabrikasi <i>Boiler</i> dan <i>Room Dryer</i>	CPM, perataan sumber daya, percepatan proyek	Ms Excel	<ul style="list-style-type: none"> Durasi penyelesaian proyek dengan perataan sumber daya. Durasi percepatan penyelesaian proyek dengan perataan sumber daya. Perbandingan biaya sebelum dan sesudah percepatan proyek.

2.2 Proyek

Berikut adalah penjelasan mengenai proyek, meliputi definisi proyek, karakteristik proyek, siklus hidup proyek dan manajemen proyek.

2.2.1 Definisi Proyek

Menurut Gray & Larson (2007:3), proyek adalah usaha yang kompleks, tidak rutin, yang dibatasi oleh waktu, anggaran, sumber daya dan spesifikasi kinerja yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan pelanggan. Seperti kebanyakan organisasi, tujuan utama sebuah proyek adalah untuk memuaskan kebutuhan seorang pelanggan.

2.2.2 Karakteristik Proyek

Menurut Gray & Larson (2007:4), karakteristik utama sebuah proyek adalah sebagai berikut:

1. Punya sasaran.
2. Ada rentang waktu tertentu, ada awal dan akhirnya.
3. Biasanya melibatkan beberapa departemen dan profesional.
4. Umumnya melakukan sesuatu yang sebelumnya tidak pernah dilakukan.
5. Waktu, biaya dan persyaratan kinerja yang spesifik.

Menurut Soeharto (1997:1) ciri-ciri pokok proyek adalah sebagai berikut:

1. Memiliki tujuan yang khusus, produk akhir, atau hasil kerja akhir.
2. Jumlah biaya, sasaran jadwal serta kriteria mutu dalam proses mencapai tujuan telah ditentukan.
3. Bersifat sementara, dalam arti umumnya dibatasi oleh selesainya tugas, titik awal dan akhirnya ditentukan dengan jelas.
4. Non rutin, tidak berulang-ulang, jenis dan intensitas kegiatan berubah sepanjang proyek berlangsung.

2.2.3 Siklus Hidup Proyek

Menurut Gray & Larson (2007:5), siklus hidup proyek umumnya melewati empat tahap berurutan, yaitu:

1. Tahap penentuan (*defining*)

Tahap dimana dilakukan aktivitas menentukan spesifikasi proyek, menetapkan sasaran proyek, membentuk tim, dan menetapkan berbagai tanggung jawab.

2. Tahap Perencanaan (*planning*)

Tahap dimana tingkat usaha bertambah, mengembangkan rencana untuk menentukan proyek apa yang akan bertahan, kapan proyek akan dijadwalkan, siapa yang akan memetik manfaat, tingkat kualitas apa yang harus dijaga, dan anggaran apa yang diperlukan.

3. Tahap Eksekusi (*executting*)

Tahap dimana bagian utama dari kerja proyek terjadi, baik fisik maupun mental. Produk fisik dihasilkan. Waktu, biaya dan ukuran spesifikasi digunakan untuk pengendalian.

4. Tahap Pengiriman (*delivering*)

Tahap dimana mencakup dua aktivitas, yakni mengirim produk proyek kepada pelanggan dan menyebarkan sumber daya proyek. Pengiriman proyek dapat mencakup pelatihan pelanggan dan transfer dokumen. Penyebaran biasanya melibatkan penyerahan perlengkapan atau material proyek kepada proyek lain dan menetapkan berbagai penugasan baru kepada para anggota tim.

2.2.4 Manajemen Proyek

Menurut Husen (2009:5), manajemen proyek adalah semua perencanaan, pelaksanaan, pengendalian dan koordinasi suatu proyek dari awal (gagasan) hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat biaya dan tepat mutu.

Menurut Gray & Larson (2007:6), semakin banyak usaha perusahaan yang digarap sebagai proyek menyebabkan kepentingan dan proyek di masa mendatang akan semakin memberikan kontribusi bagi arah strategis perusahaan. Beberapa alasan pentingnya manajemen proyek adalah sebagai berikut:

1. Menyusutnya siklus hidup proyek.
2. Persaingan global.
3. Ledakan pengetahuan.
4. Perampangan korporat.
5. Meningkatnya fokus pada pelanggan.
6. Cepatnya perkembangan negara ketiga dan ekonomi tertutup.
7. Proyek kecil menimbulkan masalah besar.

2.2.5 Unsur-Unsur Proyek

Menurut Wulfram (2004), pihak yang terlibat dalam proyek antara lain:

1. Pemilik Proyek

Pemilik proyek atau pemberi tugas atau pengguna jasa adalah orang atau badan yang memiliki proyek dan memberikan pekerjaan atau menyuruh memberikan pekerjaan

kepada pihak penyedia jasa dapat berupa perseorangan, badan atau lembaga atau instansi pemerintah maupun swasta.

2. Konsultan

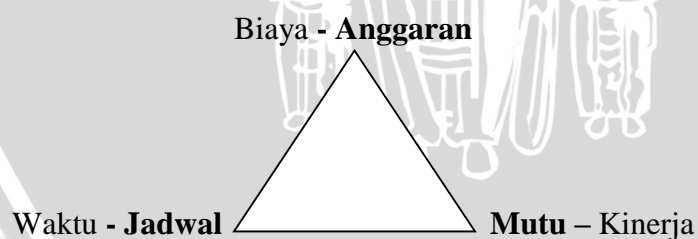
Pihak atau badan yang disebut konsultan dapat dibedakan menjadi dua, yaitu konsultan perencana dan konsultan pengawas. Konsultan perencana adalah orang atau badan yang membuat perencanaan. Konsultan perencana dapat dipisahkan menjadi beberapa jenis berdasarkan spesialisasinya, yaitu konsultan yang menangani bidang arsitektur, bidang sipil, bidang mekanikal atau elektrik dan lain sebagainya. Sedangkan, konsultan pengawas adalah orang atau badan yang ditunjuk pengguna jasa untuk membantu dalam pengelolaan pelaksanaan pekerjaan pembangunan mulai awal hingga berakhirnya pekerjaan tersebut.

3. Kontraktor

Kontraktor adalah orang atau badan yang menerima pekerjaan dan menyelenggarakan pelaksanaan pekerjaan sesuai biaya yang telah ditetapkan berdasarkan gambar rencana dan peraturan serta syarat-syarat yang ditetapkan.

2.2.6 Sasaran Proyek dan Tiga Kendala (*Triple Constraint*)

Menurut Soeharto (1997:2), dalam proses mencapai tujuan proyek telah ditentukan batasan yaitu berupa biaya (anggaran) yang dialokasikan, dan jadwal serta mutu yang harus dipenuhi. Ketiga batasan disebut tiga kendala (*triple constraint*). Ketiga batasan tersebut berhubungan dengan sasaran proyek seperti ditunjukkan dalam gambar 2.1.



Gambar 2.1 Sasaran Proyek dan *Triple Constraint*
Sumber: Soeharto (1997:2)

Ketiga batasan tersebut bersifat tarik menarik, yang artinya jika ingin meningkatkan kinerja produk yang telah disepakati dalam kontrak maka umumnya harus diikuti dengan menaikkan mutu, yang selanjutnya berakibat pada naiknya biaya melebihi anggaran. Dari segi teknis, ukuran keberhasilan proyek dikaitkan dengan sejauh mana ketiga sasaran tersebut dapat dipenuhi.

2.3 Perencanaan Proyek

Menurut Husen (2009:85) secara umum definisi perencanaan adalah suatu tahapan dalam manajemen proyek yang mencoba meletakkan dasar tujuan dan sasaran sekaligus menyiapkan segala program teknis dan administratif agar dapat diimplementasikan. Tujuan dari perencanaan adalah melakukan usaha untuk memenuhi persyaratan spesifikasi proyek yang ditentukan dalam batasan biaya, mutu dan waktu ditambah dengan terjaminnya faktor keselamatan (*safety*). Hasil dari perencanaan adalah dasar acuan bagi kegiatan selanjutnya seperti pelaksanaan dan pengendalian.

2.3.1 Sistematika Perencanaan Proyek

Menurut Soeharto (1997:108) penyusunan perencanaan yang lengkap minimal meliputi:

1. Menentukan Tujuan

Tujuan (*goal*) organisasi atau perusahaan dapat diartikan sebagai pedoman yang memberikan arah gerak segala kegiatan yang hendak dilakukan.

2. Menentukan Sasaran

Sasaran adalah titik-titik tertentu yang perlu dicapai bila organisasi tersebut ingin tercapai tujuannya.

3. Mengkaji Posisi Awal Terhadap Tujuan

Mengkaji posisi dan situasi awal terhadap tujuan atau sasaran dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana kesiapan dan posisi organisasi pada saat awal terhadap sasaran yang telah ada.

4. Memilih Alternatif

Dalam usaha meraih tujuan atau sasaran, tersedia berbagai pilihan tindakan atau cara mencapainya. Umumnya ditempuh pilihan yang menjanjikan cara yang paling efisien dan ekonomis dari segi biaya.

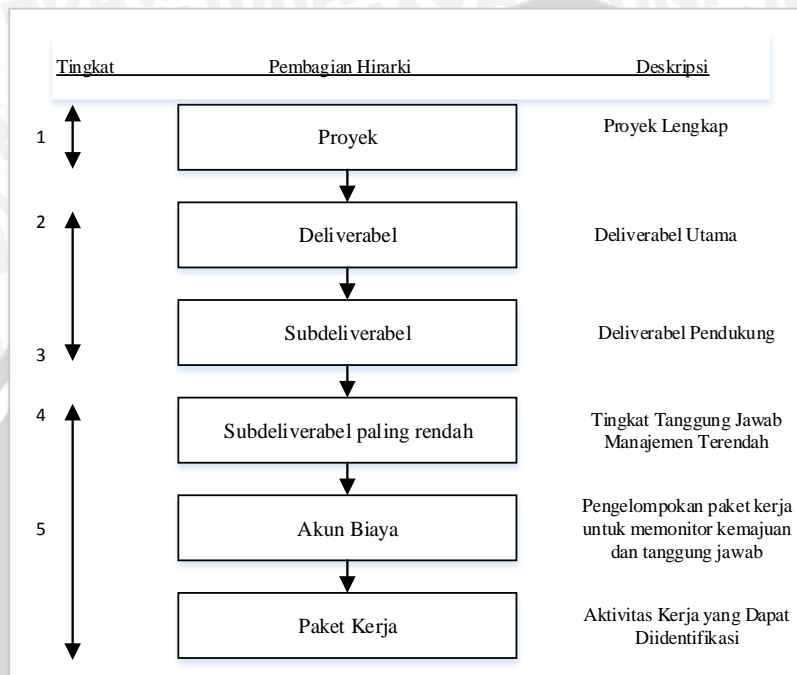
5. Menyusun Rangkaian Langkah Mencapai Tujuan

Proses ini terdiri dari penetapan langkah terbaik yang mungkin dapat dilaksanakan setelah memperhatikan berbagai batasan. Kemudian menyusunnya menjadi urutan dan rangkaian menuju sasaran dan tujuan.

2.3.2 Perancangan *Work Breakdown Structure* (WBS)

WBS (*Work Breakdown Structure*) menggambarkan semua elemen proyek dalam sebuah kerangka hirarki dan menetapkan hubungan mereka dengan item akhir dari

proyek. Struktur hirarki ini memudahkan evaluasi biaya, waktu dan kinerja teknis di semua tingkat di dalam organisasi. WBS juga membantu dalam membuat rencana, jadwal dan anggaran. Gambar 2.2 menunjukkan pengelompokan utama yang biasanya digunakan di lapangan untuk membuat hierarkis WBS. WBS dimulai dengan identifikasi deliverabel atau sistem kerja proyek hingga paket kerja.



Gambar 2.2 Hirarki WBS
Sumber: Gray & Larson (2007:98)

Tingkat paling rendah WBS disebut paket kerja. Paket kerja adalah tugas-tugas dengan durasi pendek yang memiliki titik mulai (*start*) dan titik berhenti (*stop*), menggunakan sumber daya dan memakan biaya. Jadi paket kerja adalah unit dasar yang digunakan untuk perencanaan, penjadwalan dan pengendalian proyek. Menurut Gray & Larson (2007:100) untuk mengkaji ulang masing-masing paket kerja dalam WBS perlu:

1. Menentukan pekerjaan (apa).
2. Mengidentifikasi waktu untuk menyelesaikan sebuah paket kerja (berapa lama).
3. Mengidentifikasi anggaran *time-phased* untuk menyelesaikan sebuah paket kerja (biaya).
4. Mengidentifikasi sumber daya yang diperlukan untuk menyelesaikan sebuah paket kerja (berapa banyak).
5. Mengidentifikasi satu orang yang bertanggung jawab untuk unit-unit kerja (siapa).
6. Mengidentifikasi titik-titik monitoring untuk mengukur kemajuan.

2.3.3 Penjadwalan Proyek

Penjadwalan proyek merupakan salah satu elemen hasil perencanaan yang dapat memberikan informasi tentang jadwal rencana dan kemajuan proyek dalam hal kinerja sumber daya berupa biaya, tenaga kerja, peralatan dan material serta rencana durasi proyek dan progres waktu untuk penyelesaian proyek. Menurut Husen (2009:149) secara umum penjadwalan memiliki manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan pedoman terhadap unit pekerjaan atau kegiatan mengenai batas-batas waktu untuk mulai dan akhir dari masing-masing tugas.
2. Memberikan sarana bagi manajemen untuk koordinasi secara sistematis dan realistis dalam penentuan alokasi prioritas terhadap sumber daya dan waktu.
3. Memberikan sarana untuk menilai kemajuan proyek.
4. Menghindari pemakaian sumber daya yang berlebihan, dengan harapan proyek dapat selesai sebelum waktu ditetapkan.
5. Memberikan kepastian waktu pelaksanaan proyek.
6. Merupakan sarana penting dalam pengendalian proyek.

Menurut Soeharto (1997:177) terdapat beberapa metode perencanaan proyek yang dapat digunakan antara lain:

1. Bagan Balok (*Bar Chart*)

Bagan balok disusun dengan maksud mengidentifikasi unsur waktu dan urutan dalam merencanakan suatu kegiatan, yang terdiri dari waktu mulai, waktu penyelesaian, dan pada saat pelaporan. Keunggulan dari bagan balok adalah metode bagan balok sangat mudah dibuat dan dipahami. Kelemahan dari bagan balok antara lain, tidak menunjukkan spesifik hubungan ketergantungan kegiatan, tidak dapat dilakukan pembaharuan, dan susah diterapkan untuk proyek yang kompleks, karena banyaknya kegiatan dalam proyek.

2. Jaringan Kerja

Jaringan kerja dipandang sebagai suatu langkah penyempurnaan bagan balok. Dalam jaringan kerja dapat dilakukan penyusunan urutan kegiatan proyek yang memiliki sejumlah besar komponen dengan hubungan ketergantungan yang kompleks, membuat perkiraan jadwal proyek yang paling ekonomis, dan mengusahakan fluktuasi minimal penggunaan sumber daya.

3. Metode Jalur Kritis (*Critical Path Method/CPM*).

Pada CPM, perencanaan dilakukan menggunakan jaringan kerja. Tetapi pada jaringan kerja dalam CPM, terdapat jalur kritis, yaitu jalur yang memiliki rangkaian

komponen-komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek yang tercepat.

4. Teknik Evaluasi dan Review Proyek (*Program Evaluation and Review Technique/PERT*).

Pada CPM memperkirakan waktu komponen kegiatan proyek dengan pendekatan deterministik satu angka yang mencerminkan adanya kepastian, maka PERT direkayasa untuk menghadapi situasi dengan kadar ketidakpastian yang tinggi pada aspek kurun waktu kegiatan. PERT lebih berorientasi ke terjadinya peristiwa (*event oriented*) sedangkan CPM condong ke orientasi kegiatan (*activity oriented*).

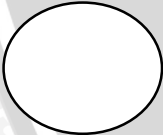

5. Metode Preseden Diagram (*Precedence Diagram Method/PDM*).

Salah satu metode jaringan kerja yang menggunakan AON (*activity on node*). Berbeda dari CPM maupun PERT, PDM mengenal adanya konstrain antara kegiatan yang memungkinkan menggambarkan kegiatan tumpang tindih lebih sederhana dan tidak memerlukan *dummy*.

2.3.4 Simbol – Simbol pada Jaringan Kerja AON

Berikut ini merupakan simbol – simbol yang digunakan dalam menggambarkan suatu jaringan kerja dalam suatu proyek.

Tabel 4.2 Simbol – Simbol dalam Jaringan Kerja AON

Simbol	Keterangan									
<p>Node</p>  <table border="1" data-bbox="209 1453 604 1637"> <tr> <td>Early Start</td> <td>Duration</td> <td>Early Finish</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Task Name</td> </tr> <tr> <td>Late Start</td> <td>Slack</td> <td>Late Finish</td> </tr> </table>	Early Start	Duration	Early Finish	Task Name			Late Start	Slack	Late Finish	<p>Mewakili sebuah kegiatan atau aktivitas yaitu tugas yang dibutuhkan oleh proyek. Kegiatan di sini didefinisikan sebagai hal yang memerlukan <i>duration</i> (jangka waktu) dalam pemakaian sejumlah <i>resources</i> (sumber tenaga, peralatan, material, biaya). Simbol aktivitas ini terdapat dua jenis yaitu lingkaran atau kotak. Namun saat ini yang paling sering digunakan adalah simbol kotak karena lebih informatif.</p>
Early Start	Duration	Early Finish								
Task Name										
Late Start	Slack	Late Finish								
<p>Arrow</p> 	<p>Menunjukkan hubungan antar aktivitas.</p>									

Sumber: Gray & Larson (2007:143)

2.3.5 Penyusunan Jadwal Proyek dengan Metode Jalur Kritis

Menurut Soeharto (1997:197), pada metode jaringan kerja dikenal 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 proyek.

Menurut Soeharto (1997:194), CPM umumnya dipakai pada proyek konstruksi yang menitik beratkan pada aspek perencanaan dan pengendalian waktu dan biaya. Pada CPM, dipakai cara deterministik, yaitu memakai satu angka estimasi. Jadi kurun waktu untuk menyelesaikan pekerjaan dianggap diketahui dan nanti pada tahap berikutnya, diadakan pengkajian lebih lanjut apakah kurun waktu tersebut dapat diperpendek.

2.3.5.1 Terminologi dan Perhitungan Waktu Penyelesaian Proyek

Menurut Soeharto (1997:197), dalam proses identifikasi jalur kritis, dikenal beberapa terminologi dan rumus perhitungan sebagai berikut:

1. $TE = E$ (*Earliest Time of Occurance*), yaitu waktu paling awal suatu kegiatan dapat terjadi, karena menurut jaringan kerja, suatu kegiatan baru dapat dimulai bila kegiatan terdahulu telah selesai.
2. $TL = L$ (*Latest Allowable Event/Occurance Time*), yaitu waktu paling lambat yang masih diperbolehkan bagi suatu peristiwa terjadi.
3. ES (*Earliest Start Time*), yaitu waktu mulai paling awal suatu kegiatan.
4. EF (*Earliest Finish Time*), yaitu waktu selesai paling awal suatu kegiatan.
5. LS (*Latest Allowable Start Time*), yaitu waktu paling akhir kegiatan boleh dimulai tanpa memperlambat proyek secara keseluruhan.
6. LF (*Latest Finish Time*), yaitu waktu paling akhir kegiatan boleh selesai tanpa memperlambat proyek secara keseluruhan.
7. D (*Duration*), yaitu kurun waktu suatu kegiatan. Umumnya dalam satuan waktu hari, minggu, bulan dan lain-lain.

Terdapat dua macam perhitungan untuk mendapatkan kurun waktu penyelesaian proyek, antara lain sebagai berikut:

1. Hitungan Maju

Menurut Soeharto (1997:211), hitungan maju digunakan untuk mengetahui kurun waktu penyelesaian proyek tercepat. Menurut Gray & Larson (2007:148), dalam perhitungan maju, untuk menghitung waktu aktivitas awal, perlu diingat tiga hal sebagai berikut:

- a. Menambahkan waktu aktivitas sepanjang masing-masing jalur di dalam jaringan.

- b. Membawa *finish* awal (EF) ke aktivitas berikutnya dimana ia menjadi *start* awal (ES).
- c. Kecuali aktivitas berikutnya adalah aktivitas gabungan, dalam hal ini memilih angka *finish* awal (EF) paling besar dari semua aktivitas pendahulunya.

Sehingga, waktu selesai paling awal suatu kegiatan adalah sama dengan waktu mulai paling awal, ditambah kurun waktu kegiatan yang bersangkutan.

$$EF(i-j) = ES(i-j) + D(i-j) \quad (2-1)$$

Sumber: Soeharto (1997:198)

Keterangan:

EF(i-j) = Waktu paling cepat selesai dari kegiatan terdahulu (i) sampai kegiatan yang sedang ditinjau (j)

ES(i-j) = Waktu paling cepat mulai dari kegiatan terdahulu (i) sampai kegiatan yang sedang ditinjau (j)

D(i-j) = Kurun waktu kegiatan terdahulu (i) sampai kegiatan yang sedang ditinjau (j)

2. Hitungan Mundur

Menurut Soeharto (1997:199), perhitungan mundur dimaksudkan untuk mengetahui waktu atau tanggal paling akhir dapat memulai dan mengakhiri masing-masing kegiatan tanpa menunda kurun waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan, yang telah dihasilkan dari perhitungan maju. Perhitungan mundur dimulai dari ujung kanan (hari terakhir penyelesaian proyek) suatu jaringan kerja. Menurut Gray & Larson (2007:149), dalam perhitungan mundur perlu diingat tiga hal sebagai berikut:

- a. Mengurangi waktu aktivitas sepanjang masing-masing jalur mulai dengan aktivitas terakhir dari proyek.
- b. Membawa LS ke aktivitas mendahului berikutnya untuk menetapkan LF
- c. Kecuali aktivitas mendahului berikutnya adalah aktivitas menggelembung (*burst activity*), dalam hal ini memilih LS terkecil dari semua aktivitas pengganti berikutnya untuk menetapkan LF.

Sehingga waktu mulai paling akhir suatu kegiatan adalah sama dengan waktu selesai paling akhir dikurangi kurun waktu berlangsungnya kegiatan bersangkutan.

$$LS(i) = LF(i) - D(i) \quad (2-2)$$

Sumber: Soeharto (1997:200)

Keterangan:

LS = Waktu paling akhir kegiatan boleh mulai

LF = Waktu paling akhir kegiatan boleh selesai

D = Kurun saktu suatu kegiatan

2.3.5.2 Perhitungan Waktu Penyelesaian Proyek

Menurut Gray & Larson (2007:150), jika perhitungan maju dan mundur telah dihitung, maka aktivitas mana yang dapat ditunda dapat ditentukan dengan menghitung *slack* atau *float*. *Slack* atau *float* untuk sebuah aktivitas adalah perbedaan antara LS dan ES atau antara LF dan EF. Setelah *slack* untuk setiap aktivitas dihitung, maka jalur kritis dengan mudah dapat dikenali. Jalur kritis dapat dikenali sebagai aktivitas yang juga memiliki *slack* nol ($LF - EF = 0$ atau $LS - ES = 0$). Jalur kritis adalah jalur jaringan yang memiliki *slack* paling sedikit.

$$TF = LF - EF = LS - ES \quad (2-3)$$

Sumber: Soeharto (1997:201)

Keterangan:

TF = Total float

LF = Waktu paling akhir kegiatan boleh selesai

EF = Waktu paling cepat selesai dari kegiatan

LS = Waktu paling akhir kegiatan boleh mulai

ES = Waktu paling cepat mulai dari kegiatan

Menurut Soeharto (1997:202), pada perencanaan dan penyusunan jadwal proyek, arti penting dari *float* total adalah menunjukkan jumlah waktu yang diperkenankan suatu kegiatan boleh ditunda, tanpa mempengaruhi jadwal penyelesaian proyek secara keseluruhan.

2.3.6 Penjadwalan Sumber Daya

Menurut Husen (2009:169), tujuan penjadwalan sumber daya adalah memastikan jumlah atau jenis sumber daya dapat diketahui sejak awal dan tersedia bila dibutuhkan. Tetapi bila ketersediaan sumber daya terbatas, maka biasanya durasi proyek menjadi lebih lambat dari yang direncanakan. Sebaliknya, dengan menambah jumlah sumber daya, durasi proyek dapat dipercepat.

Bila ketersediaan sumber daya cukup tetapi distribusi selama berlangsungnya proyek berfluktuasi, maka hal ini akan mengurangi tingkat efektivitas dan efisiensi penggunaan sumber daya. Bila jumlah sumber daya yang dimiliki terbatas dan ketersediaannya tidak mencukupi, sedangkan durasi adalah batasan kurun waktu proyek, maka penjadwalan dapat dilakukan dengan perataan sumber daya (*resource leveling*).

2.3.6.1 Penjadwalan Sumber Daya yang Terbatas

Sumber daya yang terbatas adalah salah satu alasan mengapa penjadwalan diperlukan. Penjadwalan dimaksudkan supaya pelaksanaan proyek tetap dapat berlangsung, caranya dengan mengoptimalkan penggunaan sumber daya yang terbatas tersebut yang diusahakan juga durasi proyeknya tidak menjadi terlalu terlambat.

Sumber daya yang terbatas karena ketersediaannya yang memang langka dapat membuat masalah besar bagi pelaksanaan proyek, karena hal ini akan mempengaruhi durasi proyek. Makin sedikit jumlah ketersediaannya, durasi proyek akan semakin lama karena banyak kegiatan yang tidak dapat dilakukan. Akibatnya adalah adanya sangsi dari pemilik proyek yang berupa denda atau pemutusan hubungan kerja sepihak karena keterlambatan proyek. Oleh karena itu, perencanaan sumber daya yang langka seperti peralatan/mesin dengan teknologi tinggi, tukang dan material yang harus diimpor, peralatan yang memerlukan impor dari luar negeri, harus dibuat sebaik mungkin agar durasi kegiatannya tidak terganggu.

Menurut Husen (2009:170), ada dua jenis batasan yang harus diperhatikan dalam penjadwalan proyek, karena batasan tersebut berpengaruh terhadap waktu kerja dari suatu kegiatan. Dua batasan tersebut adalah:

1. Batasan hubungan kegiatan, batasan yang diakibatkan oleh hubungan antar kegiatan pada beberapa kegiatan.
2. Batasan kondisi sumber daya, batasan yang diakibatkan oleh ketidakterediaan sumber daya.

Menurut Gray & Larson (2007:228), metode heuristik dapat digunakan untuk mengalokasikan beberapa sumber daya ke beberapa aktivitas untuk meminimalkan penundaan proyek. Penjadwalan heuristik berikut ini secara konsisten meminimalkan penundaan proyek pada berbagai proyek besar. Aktivitas-aktivitas jadwal menggunakan aturan prioritas heuristik dengan urutan sebagai berikut :

1. Slack minimum
2. Durasi terkecil
3. Nomer ID terkecil dari aktivitas.

Metode paralel adalah pendekatan yang paling luas digunakan untuk menerapkan heuristik. Metode paralel adalah pendekatan iteratif yang *start* pada periode pertama dari proyek dan menjadwalkan sembarang aktivitas (*period-by-period*) yang dapat dipilih untuk *start*. Dalam sembarang periode, ketika dua atau lebih aktivitas membutuhkan sumber daya yang sama, aturan prioritas diterapkan. Sebagai contoh jika dalam periode

5 ada tiga aktivitas yang dapat dipilih untuk *start* (yaitu, memiliki ES yang sama) dan memerlukan sumber daya yang sama, maka aktivitas pertama ditempatkan didalam jadwal akan menjadi aktivitas dengan *slack* paling sedikit (aturan 1). Akan tetapi, jika semua aktivitas mempunyai *slack* yang sama, aturan berikutnya akan diinvokasi (aturan 2), dan aktivitas dengan durasi terkecil akan ditempatkan pertama kali didalam jadwal. Dalam kasus sangat jarang terjadi ketika semua aktivitas yang dapat dipilih mempunyai *slack* yang sama dan durasi yang sama, ikatan dipatahkan dengan nomor ID aktivitas yang paling rendah (aturan 3) karena masing-masing aktivitas memiliki nomer ID yang unik.

2.3.7 Pengurangan Durasi Proyek

Terdapat berbagai pilihan untuk mempercepat penyelesaian proyek. Menurut Gray & Larson (2007:262), beberapa metode efektif untuk menghancurkan (*crashing*) beberapa aktivitas proyek yang spesifik ketika sumber daya yang tersedia terbatas. Beberapa metode tersebut adalah sebagai berikut:

1. Menambah Sumber Daya

Metode yang paling umum untuk memperpendek waktu proyek adalah menugaskan staf tambahan dan peralatan pada aktivitas.

2. *Outsourcing* Kerja Proyek

Sebuah metode umum untuk memperpendek waktu proyek adalah subkontrak sebuah aktivitas. Subkontraktor mungkin punya akses ke keahlian atau teknologi unggulan yang akan mempercepat penyelesaian aktivitas.

3. Penjadwalan Lembur

Cara paling mudah untuk menambahkan lebih banyak tenaga kerja pada sebuah proyek bukanlah dengan menambahkan lebih banyak orang, tetapi dengan menjadwalkan lembur.

4. Membangun Tim Proyek Inti

Salah satu keuntungan menciptakan tim inti khusus untuk menyelesaikan sebuah proyek adalah kecepatan.

2.4 Fabrikasi

Proses fabrikasi atau pengubahan merupakan proses mengubah barang mentah menjadi barang yang siap pakai, biasanya menggunakan alat seperti mesin, dan hasil keluaran (output) dapat bervariasi. Misalnya proses menjahit kain hingga menjadi pakaian, proses pembuatan sepatu, pembuatan mesin dan lain sebagainya.

2.4.1 Boiler dan Room Dryer

Boiler adalah bejana tertutup dimana panas yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar dipindahkan pada *feed water* untuk menghasilkan uap. *Boiler* juga disebut sebagai penukar panas (*heat exchanger*). Sebuah *boiler* yang baik harus memiliki beberapa kualitas penting, yaitu sebagai berikut:

1. Mampu untuk memenuhi fluktuasi beban besar.
2. Bahan bakar efisien atau untuk menghasilkan uap maksimum dengan konsumsi bahan bakar minimal.
3. Mampu cepat untuk *start up*.
4. Mudah untuk pemeliharaan dan inspeksi.
5. Menempati sedikit ruang.
6. Sedikit adanya kerugian gesekan dalam air dan gas buang sirkuit.
7. Membutuhkan sedikit perhatian untuk operasi dan pemeliharaan.

Sebuah *boiler* memiliki beberapa sistem sebagai berikut:

1. *Feed water system*
2. *Steam System*
3. *Air system*
4. *Flue Gas System*
5. *Fuel Handling System*
6. *Ash Handling System*

Sedangkan *Room Dryer* dimanfaatkan untuk pengeringan produk pertanian dalam jumlah besar.

2.5 Kerangka Berfikir

Berdasarkan latar belakang dan tinjauan pustaka, sajian masalah – masalah yang ada dari latar belakang dan gambaran penyelesaian dari tinjauan pustaka merupakan satu kesatuan yang bersifat saling bergantung satu sama lain.

2.5.1 Analisis Masalah

Secara garis besar, permasalahan yang ada pada objek amatan adalah sebagai berikut:

1. Terjadinya keterlambatan penyelesaian proyek yang dikerjakan. Keterlambatan proyek ini dipengaruhi oleh perencanaan dan penjadwalan yang dilakukan. Selain

itu, mempertimbangkan sumber daya yang tersedia juga perlu dilakukan untuk melakukan estimasi penjadwalan.

2. Belum dilakukan identifikasi hubungan antar elemen pekerjaan proyek. Apabila elemen atau aktivitas dalam proyek telah diidentifikasi hubungannya, maka dapat mempermudah dalam melakukan penjadwalan dan dapat meminimalkan keterlambatan ataupun ketidaksesuaian antara rencana awal dengan aktual.

2.5.2 Metode yang Relevan

Metode yang relevan digunakan sebagai gambaran dari konsep aplikasi apabila penelitian terapan benar – benar dilakukan. Untuk penanganan keterlambatan proyek perlu dilakukan penjadwalan ulang dengan keterbatasan sumber daya yang tersedia dengan metode *Critical Path Method* dan *resource leveling*. Untuk melakukan percepatan proyek perlu dilakukan dengan metode percepatan proyek.

2.5.3 Identifikasi Variabel

Tabel 2.3 adalah identifikasi variabel dalam penyelesaian permasalahan.

Tabel 2.3 Identifikasi Variabel

No	Variabel	Satuan
1	Jumlah tenaga kerja tersedia	Orang
2	Durasi per aktivitas	Hari
3	Biaya Material	Rupiah / komponen
4	Biaya Tenaga Kerja	Rupiah / hari
5	Biaya lembur	Rupiah / jam

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB III

METODE PENELITIAN

Bab ini berisi tentang metodologi yang digunakan dalam penelitian, tempat dan waktu penelitian, juga tentang tahapan-tahapan dilakukannya penelitian agar proses penelitian dapat terarah, terstruktur dan sistematis.

3.1 Jenis Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan metode penelitian deksriptif. Hal ini dikarenakan peneliti akan melakukan deksripsi dan analisa permasalahan dari keadaan nyata objek penelitian sehingga didapatkan solusi permasalahan berupa usulan strategi perbaikan. menurut Nazir (2005:54), metode deskriptif adalah suatu metode dalam meneliti status sekelompok manusia, suatu obyek, suatu set kondisi, suatu sistem pemikiran, ataupun suatu kelas peristiwa pada masa sekarang.

3.2 Tempat Dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di CV XYZ, Sidoarjo pada bulan September 2015 sampai Januari 2016 dengan proyek “Pembuatan *Boiler* dan *Room Dryer*” sebagai objek penelitian.

3.3 Metode Pengumpulan Data

Berikut adalah metode pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini:

1. *Interview* atau Wawancara

Suatu metode yang digunakan untuk memperoleh data dengan cara mengajukan pertanyaan secara langsung dengan pihak yang berhubungan langsung dengan objek penelitian. Data yang diperoleh dari teknik wawancara ini adalah informasi proyek dan faktor penyebab ketidaksesuaian jadwal aktual proyek.

2. *Observasi*

Suatu metode yang digunakan untuk memperoleh data dengan cara mengadakan pengamatan langsung terhadap keadaan yang sebenarnya. Data yang diperoleh dari teknik observasi ini adalah kemajuan pengerjaan proyek.

3. Dokumentasi

Suatu metode yang digunakan untuk memperoleh data dengan cara menelusuri arsip-arsip atau catatan yang ada yang berkaitan dengan permasalahan yang sedang diteliti. Data yang diperoleh dari teknik dokumentasi ini adalah biaya proyek yaitu biaya material dan biaya tenaga kerja.

3.4 Langkah-Langkah Penelitian

Langkah-langkah penelitian dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Lapangan

Studi lapangan dilakukan untuk memahami kondisi objek penelitian dan permasalahan yang terjadi.

2. Studi Kepustakaan

Studi kepustakaan atau studi literatur digunakan untuk mempelajari teori yang berkaitan dengan kondisi objek penelitian ataupun permasalahan objek penelitian yang terjadi, berdasarkan studi lapangan yang dilakukan.

3. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dilakukan berdasarkan studi lapangan terhadap objek penelitian dan studi literatur tentang permasalahan yang dihadapi. Identifikasi masalah awal diperoleh dari wawancara dengan direktur CV XYZ. Berdasarkan wawancara tersebut diperoleh permasalahan yang terjadi yang kemudian dapat dilakukan identifikasi untuk tiap-tiap permasalahannya. Selain itu, juga dilakukan studi literatur untuk memilih metode yang tepat untuk memecahkan permasalahan.

4. Perumusan Masalah

Setelah mengidentifikasi masalah dengan seksama, lalu dilanjutkan dengan merumuskan masalah sesuai dengan kenyataan di lapangan.

5. Penetapan Tujuan Penelitian

Setelah merumuskan permasalahan, selanjutnya adalah penetapan tujuan penelitian, dimana tujuan ditentukan berdasarkan perumusan masalah yang telah dijabarkan. Tujuan dalam penelitian ini kemudian digunakan sebagai ukuran tingkat keberhasilan penelitian.

6. Pengumpulan Data

Setelah menetapkan tujuan penelitian, dimulai tahap pengumpulan data. Jenis data yang dikumpulkan adalah data informasi proyek dan biaya proyek.

7. Pengolahan Data

Setelah mengumpulkan data-data yang diperlukan, maka dimulai tahap pengolahan data dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Pembuatan *Work Breakdown Structure* (WBS) untuk mengidentifikasi seluruh elemen kerja dan hubungan antar aktivitas.
- b. Pendefinisian aktivitas dan hubungan antar aktivitas yang selanjutnya melakukan pembuatan jaringan kerja AON (*Activity on Node*).
- c. Penentuan jalur kritis (*Critical Path*) dengan menggunakan CPM (*Critical Path Method*).
- d. Penjadwalan sumber daya yang terbatas berdasarkan kompetensi setiap pekerja dan kebutuhan dari aktivitas yang akan dilakukan serta melakukan perataan sumber daya (*resource leveling*).
- e. Pengurangan durasi aktivitas proyek untuk mempercepat penyelesaian berdasarkan penambahan sumber daya (tenaga kerja) yang tersedia.
- f. Pembuatan jaringan kerja AON (*Activity on Node*) setelah percepatan durasi aktivitas proyek.
- g. Pemeriksaan ulang alokasi sumber daya setelah percepatan proyek dengan melakukan penjadwalan pekerja serta perataan sumber daya (*resource leveling*).
- h. Perhitungan biaya total (material dan tenaga kerja) berdasarkan hasil penjadwalan proyek sebelum dan sesudah percepatan proyek
- i. Perbandingan biaya antara biaya sebelum dan sesudah percepatan proyek.

8. Analisa dan Pembahasan

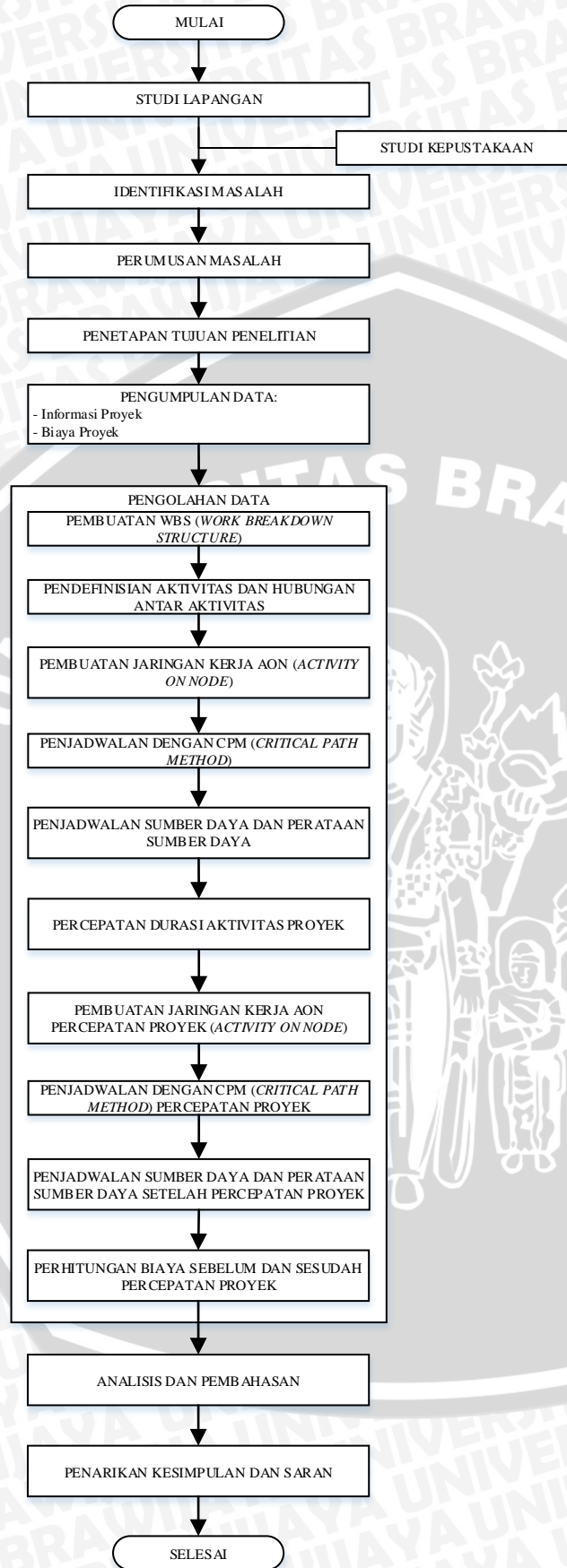
Setelah melakukan pengolahan data, kemudian hasil dari pengolahan data tersebut dianalisa dan dibahas. Hasil pengolahan data dipakai sebagai acuan dalam memunculkan solusi yang tepat untuk permasalahan.

9. Penarikan Kesimpulan dan Saran

Setelah melakukan seluruh tahapan sebelumnya, kemudian menarik kesimpulan berdasarkan hasil pengumpulan, pengolahan dan analisis data. Kesimpulan yang didapatkan diharapkan akan menjawab tujuan penelitian. Saran yang diberikan ditujukan kepada objek penelitian dan penelitian selanjutnya.

3.5 Diagram Alir Penelitian

Berdasarkan uraian langkah – langkah penelitian, berikut Gambar 3.1 adalah diagram alir penelitian dari penelitian yang dilakukan.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang gambaran umum perusahaan dan proyek sebagai objek penelitian, pengumpulan data yang terdiri dari informasi proyek dan biaya proyek, dan pengolahan data yang terdiri dari pembuatan *Work Breakdown Structure* (WBS), pendefinisian aktivitas dan hubungan antar aktivitas, penjadwalan proyek sebelum dan sesudah percepatan serta perhitungan biaya proyek.

4.1 Gambaran Umum Perusahaan

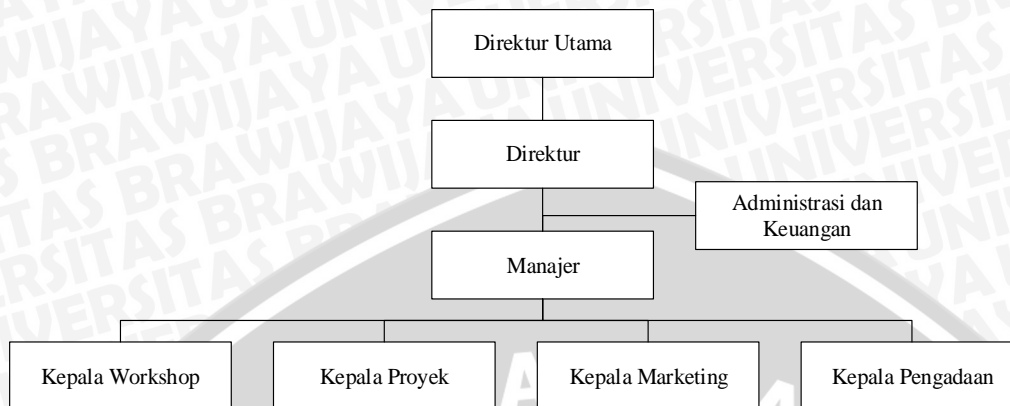
CV XYZ adalah salah satu perusahaan yang bergerak di bidang *mechanical and construction*. Berdiri sejak tahun 2005, CV XYZ telah mengerjakan berbagai macam proyek pengadaan sarana prasarana dan konstruksi yang terspesialisasi di bidang pekerjaan mekanik. CV XYZ berusaha mengutamakan kepuasan kepada konsumennya dalam hal kualitas, pelayanan maupun nilai. CV XYZ juga memiliki beberapa fasilitas penunjang, yaitu kantor dan *workshop* fabrikasi.

4.1.1 Visi dan Misi Perusahaan

1. Visi
Menjadi perusahaan konstruksi mesin yang terdepan dalam memenuhi kebutuhan.
2. Misi
 - a. Memberikan kualitas dan layanan yang kompetitif.
 - b. Meluaskan jaringan koneksi pelanggan.
 - c. Selalu meningkatkan kemampuan sumber daya.

4.1.2 Struktur Organisasi Perusahaan

Struktur organisasi pada CV XYZ ditunjukkan pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Struktur Organisasi CV XYZ
Sumber: CV XYZ (2015)

4.1.3 Produk dan Jasa Perusahaan

CV XYZ bergerak di bidang konstruksi dan penyedia sarana dan prasarana produksi, dengan kegiatan utama perusahaan adalah penyedia jasa sebagai berikut.

1. Fabrikasi *Boiler*
2. *Food Processing Machine*
 - a. Fabrikasi *forming machine*
 - b. Fabrikasi *screw machine*
 - c. Fabrikasi *slicer machine*
 - d. Fabrikasi *mixer machine*
3. Fabrikasi *Room Dryer*
4. *Piping Project*
5. *Pipe Rack Project*
6. *Steel Construction*
7. *Electrical Installation*

4.2 Pengumpulan Data

Terdapat beberapa data yang dikumpulkan untuk dilakukan pengolahan data. Data yang dikumpulkan tersebut terdiri dari informasi proyek dan biaya proyek.

4.2.1 Informasi Proyek

Informasi proyek yang dikumpulkan terdiri dari data proyek, pengenalan *boiler*, aktivitas kerja fabrikasi *boiler* dan *room dryer* dan data pekerja dan kebijakan kerja.

4.2.1.1 Data Proyek

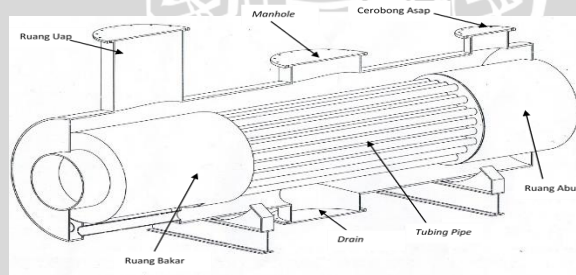
Berikut merupakan data umum dari proyek “Fabrikasi *Boiler* dan *Room Dryer*”.

Nama Proyek : “Fabrikasi *Boiler* dan *Room Dryer*”
 Waktu Pelaksanaan : 60 Hari kerja setelah serah terima
 Nilai Kontrak : Rp 150.000.000 (Belum termasuk PPN 10%)

4.2.1.2 Pengenalan *Boiler* dan *room Dryer*

Pada proyek “Fabrikasi *Boiler* dan *Room Dryer*”, jenis *boiler* yang dibuat adalah *boiler* jenis *fire tube*. *Boiler* tersebut memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- Tipe *Boiler* : *Fire Tube*
- Dimensi *Boiler* : \varnothing 1200 mm, panjang 4000 mm
- Bahan : Pipa *seamless*, pipa SCH 40 & 80, pipa air (galvanis), plat *mild Steel*
- Tekanan : 4 bar
- Diameter pipa api: 2”
- Kapasitas : 1800 – 2000 kg uap/jam



Gambar 4.2 *Fire Tube Boiler* dan *Room Dryer*
 Sumber: CV XYZ

4.2.1.3 Aktivitas Kerja Fabrikasi *Boiler* dan *Room Dryer*

Proyek “Fabrikasi *Boiler* dan *Room Dryer*” memiliki beberapa aktivitas utama dalam pengerjaannya, antara lain sebagai berikut:

1. Persiapan

Aktivitas ini meliputi pembelian material dan persiapan sumber daya.

2. Pengerjaan *Boiler*

Pengerjaan ini meliputi *marking and measurement, cutting, grinding, rolling, drilling, set up* dan *welding*.

3. Pengerjaan *Header*

Pengerjaan ini meliputi *marking and measurement, cutting, grinding, drilling, set up* dan *welding*.

4. Pengerjaan *Room Dryer*

Pengerjaan ini meliputi *marking and measurement, cutting, grinding*.

4.2.1.4 Data Pekerja dan Kebijakan Kerja

Proyek “Fabrikasi *Boiler* dan *Room Dryer*” diselesaikan dengan menggunakan sumber daya manusia sejumlah 8 orang dengan spesialisasi keahlian masing-masing. Terdapat 5 jenis pekerja yang menyelesaikan proyek tersebut, yaitu tenaga ahli, mekanis, semi mekanis, *helper*, dan *welder*. Tenaga ahli yang tersedia sebanyak 2 orang, mekanis sebanyak 1 orang, semi mekanis sebanyak 1 orang, *helper* sebanyak 3 orang dan *welder* sebanyak 1 orang.

Pada proyek ini, CV XYZ menetapkan hari kerja per minggu selama 6 hari yaitu hari Senin sampai hari Sabtu. Jam kerja per hari pada proyek ini yaitu 8 jam/hari dengan 7 jam kerja dan 1 jam istirahat. Berdasarkan kebijakan perusahaan, maksimal lembur per hari yaitu 3 jam.

4.2.2 Biaya Proyek

Biaya proyek “Fabrikasi *Boiler* dan *Room Dryer*” yang diperhitungkan pada proyek ini terdiri dari biaya tenaga kerja dan biaya material (bahan baku). Biaya material dibagi menjadi dua yaitu biaya material *Boiler* dan biaya material *Room Dryer*. Sedangkan biaya tenaga kerja dibagi menjadi dua yaitu biaya regular per hari dan biaya lembur per jam. Tabel 4.1 adalah daftar biaya material *Boiler* dan *Room Dryer*.

Tabel 4.1 Daftar Biaya Material (Bahan Baku) *Boiler* dan *Room Dryer*

No	Bahan Baku	Biaya
1	<i>Boiler</i>	Rp 60.500.000
2	<i>Room Dryer</i>	Rp 29.500.000
Total Biaya		Rp 90.000.000

Sumber: CV XYZ

Jumlah biaya material, tidak dipengaruhi oleh perubahan durasi proyek. Berdasarkan Tabel 4.1 biaya material (bahan baku) *boiler* yaitu 60.500.000, biaya material (bahan baku) *Room Dryer* yaitu 29.500.000. Sehingga total biaya material sebanyak 90.000.000.

Tabel 4.2 adalah biaya tenaga kerja per hari berdasarkan jenis pekerja.

Tabel 4.2 Daftar Biaya Tenaga Kerja

No	Tenaga Kerja	Biaya Tenaga Kerja / Hari
1	Tenaga Ahli	Rp 100.000
2	Mekanis	Rp 80.000
3	Semi Mekanis	Rp 60.000
4	<i>Helper</i>	Rp 50.000
5	<i>Welder</i>	Rp 100.000

Sumber: CV XYZ

Jumlah biaya tenaga kerja dipengaruhi oleh perubahan durasi proyek. Maksimal lembur yang dalam satu hari adalah 3 jam, dengan perhitungan biaya lembur sebagai berikut.

1. Perhitungan Lembur tenaga ahli, mekanis, semi mekanis dan *helper*

$$\text{Biaya Lembur / jam} = \frac{\text{biaya tenaga kerja (Tenaga ahli/ mekanis / semi mekanis / helper)}}{8}$$

2. Perhitungan Lembur *welder*

$$\text{Biaya Lembur Jam Pertama} = \frac{1.5 \times \text{biaya tenaga kerja welder}}{8}$$

$$\text{Biaya Lembur Jam Kedua} = \text{biaya lembur jam pertama} + \frac{2 \times \text{biaya tenaga kerja welder}}{8}$$

$$\text{Biaya Lembur Jam Ketiga} = \text{biaya lembur jam kedua} + \frac{2 \times \text{biaya tenaga kerja welder}}{8}$$

Perhitungan biaya lembur *welder* berbeda perlakuan dengan pekerja lainnya, dikarenakan tenaga *welder* merupakan tenaga *outsorce* yang telah memiliki kesepakatan kontrak diawal proyek dengan pihak CV XYZ mengenai penetapan biaya lembur. Sedangkan untuk pekerja tenaga ahli, mekanis, semi mekanis dan *helper* merupakan tenaga kerja tetap. Selain itu, keahlian yang paling membutuhkan tingkat ketelitian dan jaminan kualitas yang paling tinggi adalah pengelasan (*welding*).

CV XYZ juga mengeluarkan biaya konsumsi untuk pekerja tenaga ahli, mekanis, semi mekanis dan *helper* ketika lembur. Biaya konsumsi tersebut sebesar 15,000 per orang saat lembur selama 3 jam.

4.3 Pengolahan Data

Pengolahan data terdiri dari pembuatan *Work Breakdown Structure* (WBS), pendefinisian aktivitas dan hubungan antar aktivitas, penjadwalan proyek dengan menggunakan CPM, penjadwalan proyek dengan percepatan proyek dan perhitungan biaya proyek.

4.3.1 Penyusunan *Work Breakdown Structure* (WBS)

Penyusunan *Work Breakdown Structure* (WBS) digunakan untuk menggambarkan semua elemen proyek dalam sebuah kerangka hierarkis. *Work Breakdown Structure* (WBS) proyek “Fabrikasi *Boiler* dan *Room Dryer*” terlampir pada Lampiran 1. Setelah melakukan penyusunan *Work Breakdown Structure* (WBS), maka didapatkan paket kerja yang akan digunakan untuk menyusun aktivitas kerja. Pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 disajikan daftar aktivitas kerja berdasarkan *Work Breakdown Structure* (WBS).

Tabel 4.3 Daftar Aktivitas Kerja Proyek “Fabrikasi *Boiler* dan *Room Dryer*” Aktivitas I – IIE

No	Aktivitas Kerja
I	Pembelian Material
1	Pembelian material <i>boiler</i> , <i>header</i> dan <i>room dryer</i>
II	Fabrikasi Boiler
IIA	Penandaan (<i>marking</i>) dan pengukuran <i>boiler</i>
1	Penandaan (<i>marking</i>) dan pengukuran <i>tubing pipe</i>
2	Penandaan (<i>marking</i>) dan pengukuran pipa <i>boiler</i>
3	Penandaan (<i>marking</i>) dan pengukuran <i>drum boiler</i> dan plat hitam depan belakang
4	Penandaan (<i>marking</i>) dan pengukuran <i>man hole</i> , tutup <i>man hole</i> , tandon uap, <i>control cleaning</i> , tutup <i>control cleaning</i> , sambungan cerobong, cerobong asap, <i>water level</i> , <i>jacksel</i> , tutup <i>jacksel</i> dan <i>mounting</i> .
IIB	Pemotongan (<i>cutting</i>) boiler
1	Pemotongan Pipa Boiler
2	Pemotongan <i>man hole</i> , tutup <i>man hole</i> , tandon uap, <i>control cleaning</i> , tutup <i>control cleaning</i> , sambungan cerobong, cerobong asap, <i>water level</i> , <i>jacksel</i> , tutup <i>jacksel</i> dan <i>mounting</i> .
3	Pemotongan <i>tubing pipe</i>
4	Pemotongan <i>drum boiler</i> dan plat hitam depan belakang
IIC	<i>Drilling</i>
1	<i>Drilling</i> tutup <i>jacksel</i> , tutup <i>man hole</i> , <i>frame</i> cerobong asap dan <i>flange water level</i>
IID	<i>Rolling</i>
1	<i>Rolling</i> cerobong asap
IIE	<i>Set up</i> dan pengelasan boiler bagian I
1	<i>Set up tubing pipe</i> dan pipa boiler
2	<i>Set up drum boiler</i>
3	<i>Assembly</i> dan <i>set up tubing pipe</i> dan pipa boiler dengan <i>drum boiler</i>
4	<i>Welding drum boiler</i>

Tabel 4.4 Daftar Aktivitas Kerja Proyek “Fabrikasi *Boiler dan Room Dryer*” Aktivitas IIF – VI

No	Aktivitas Kerja
IIF	Set up dan pengelasan boiler bagian II
1	Set up mounting
2	Welding Mounting
IIG	Set up dan pengelasan boiler bagian III
1	Set up water level dan frame cerobong asap
2	Welding water level dan frame cerobong asap
III	Fabrikasi Header
IIIA	Penandaan (<i>marking</i>) dan pengukuran header
1	Penandaan (<i>marking</i>) dan pengukuran pipa header, tutup depan belakang header, flange dan tutup flange, dan sambungan header
IIIB	Pemotongan (<i>cutting</i>) header
1	Pemotongan (<i>cutting</i>) pipa header, tutup depan belakang header, flange dan tutup flange, dan sambungan header
IIIC	Set up dan pengelasan header
1	Set up dan welding komponen komponen header
IV	Fabrikasi Room Dryer
IVA	Penandaan (<i>marking</i>) dan pengukuran Room Dryer
1	Penandaan (<i>marking</i>) dan pengukuran rangka ruangan dan frame motor
2	Penandaan (<i>marking</i>) dan pengukuran coil condenser
IVB	Pemotongan (<i>cutting</i>) Room Dryer
1	Pemotongan (<i>cutting</i>) rangka ruangan dan frame motor
2	Pemotongan (<i>cutting</i>) coil condenser
V	Grinding
1	Gerinda hasil pemotongan
VI	Finishing & test
1	Pengecatan
2	Tes kebocoran

4.3.2 Penentuan Hubungan Antar Aktivitas

Setelah aktivitas kerja telah ditentukan, tahap selanjutnya adalah melakukan penentuan hubungan antar aktivitas kerja. Penentuan hubungan antar aktivitas kerja ditentukan berdasarkan diskusi oleh direktur dan kepala *workshop*. Berikut Tabel 4.3 merupakan daftar aktivitas beserta hubungan antar aktivitas dan jumlah sumber daya yang dibutuhkan di setiap aktivitas.

Tabel 4.5 Hubungan Antar Aktivitas dan Kebutuhan Sumber Daya Aktivitas A - L

No	Simbol	Aktivitas	Jumlah Sumber Daya	Durasi (Hari)	Predecessor
1	A	Pembelian Material	-	12	-
2	B	<i>Marking and Measurement tubing pipe</i>	1 Tenaga Ahli	3	A
3	C	<i>Marking and Measurement pipa boiler</i>	1 Tenaga Ahli	1	A
4	D	<i>Marking and measurement drum boiler dan plat hitam depan belakang</i>	1 Tenaga Ahli	1	A
5	E	<i>Marking and Measurement man hole, tutup man hole, tandon uap, control cleaning, tutup control cleaning, sambungan cerobong, cerobong asap, water level, jacksel, tutup jacksel dan mounting</i>	1 Tenaga Ahli	6	A
6	F	<i>Marking and measurement pipa header, tutup depan belakang header, flange dan tutup flange, dan sambungan header</i>	1 Tenaga Ahli	3	A
7	G	<i>Marking and Measurement rangka ruangan dan frame motor</i>	1 Tenaga Ahli	2	A
8	H	<i>Marking and Measurement coil condenser</i>	1 Tenaga Ahli	6	A
9	I	Pemotongan Pipa Boiler	1 Mekanis, 2 Helper	4	C
10	J	Pemotongan <i>man hole</i> , tutup <i>man hole</i> , tandon uap, <i>control cleaning</i> , tutup <i>control cleaning</i> , sambungan cerobong, cerobong asap, <i>water level</i> , <i>jacksel</i> , tutup <i>jacksel</i> dan <i>mounting</i>	1 Mekanis, 3 Helper	4	E
11	K	Pemotongan <i>tubing pipe</i>	1 Mekanis, 2 Helper	4	B
12	L	Pemotongan <i>drum boiler</i> dan plat hitam depan belakang	1 Mekanis, 2 Helper	2	D

Tabel 4.6 Hubungan Antar Aktivitas dan Kebutuhan Sumber Daya Aktivitas M - AC

No	Simbol	Aktivitas	Jumlah Sumber Daya	Durasi (Hari)	Predecessor
13	M	Pemotongan pipa <i>header</i> , tutup depan belakang <i>header</i> , <i>flange</i> , tutup <i>flange</i> dan sambungan <i>header</i>	1 Mekanis, 2 <i>Helper</i>	3	F
14	N	Pemotongan rangka ruangan dan <i>frame motor</i>	1 Mekanis, 2 <i>Helper</i>	2	G
15	O	Pemotongan <i>coil condenser</i>	1 Mekanis, 2 <i>Helper</i>	6	H
16	P	<i>Grinding</i>	3 <i>Helper</i>	3	I, J, K, L, M, N, O
17	Q	<i>Drilling</i> tutup <i>jacksel</i> , tutup <i>man hole</i> , <i>frame</i> cerobong asap dan <i>flange water level</i>	1 Semi mekanis, 1 <i>Helper</i>	2	J, P
18	R	<i>Rolling</i> cerobong asap	2 <i>Helper</i>	1	J, P
19	S	<i>Set up tubing pipe</i> dan pipa <i>boiler</i>	1 tenaga ahli, 1 mekanis, 1 semi mekanis	5	I, K, P
20	T	<i>Set up drum boiler</i>	1 tenaga ahli, 2 <i>helper</i>	5	J, L, P
21	U	<i>Assembly</i> dan <i>Set up tubing pipe</i> dan pipa <i>boiler</i> dengan <i>drum boiler</i>	2 tenaga ahli, 1 mekanis, 1 semi mekanis	4	Q, R, S, T
22	V	<i>Welding</i>	1 <i>welder</i> , 1 tenaga ahli, 3 <i>helper</i>	12	U
23	W	<i>Set up Mounting</i>	1 tenaga ahli, 3 <i>helper</i>	3	J, P, V
24	X	<i>Welding Mounting</i>	1 <i>welder</i> , 3 <i>helper</i>	3	W
25	Y	<i>Set up water level</i> , dan <i>frame</i> cerobong asap	1 tenaga ahli, 3 <i>helper</i>	3	J, P, Q, V
26	Z	<i>Welding water level</i> dan <i>frame</i> cerobong asap	1 <i>welder</i> , 3 <i>helper</i>	3	Y
27	AA	<i>Set up</i> dan <i>welding header</i>	1 tenaga ahli, 1 <i>welder</i> , 1 semi mekanis	3	M, P
28	AB	Pengecatan	3 <i>helper</i>	2	X, Z, AA
29	AC	Tes Kebocoran	2 tenaga ahli, 1 mekanis	1	AB

4.3.3 Penjadwalan Proyek Sebelum Percepatan

Penjadwalan proyek “Fabrikasi *Boiler* dan *Room Dryer*” dilakukan dengan menggunakan CPM (*Critical Path Method*). Penjadwalan ini terdiri dari pembuatan jaringan kerja AON (*Activity on Node*), penentuan jalur kritis (*Critical Path*) dan melakukan penjadwalan pekerja.

4.3.3.1 Jaringan Kerja AON (*Activity on Node*) Sebelum Percepatan

Jaringan kerja adalah diagram alur visual dari sekuensi, interelasi dan ketergantungan dari semua aktivitas yang harus dilakukan untuk menyelesaikan proyek. Jaringan kerja AON proyek “Fabrikasi *Boiler* dan *Room Dryer*” ditunjukkan pada Gambar 4.3. Berikut salah satu contoh perhitungan ES, EF, LS, LF dan *slack* pada jaringan kerja AON.

Misalnya pada aktivitas P dengan kegiatan pendahulu I, J, K, L, M, N, O. ES (*Early Start*) untuk aktivitas P diperoleh dari waktu paling cepat selesai (EF) dari kegiatan terdahulu. EF aktivitas I = 17, J= 22, K=19, L=15, M=18, N=16 dan O=24. Berdasarkan EF kegiatan pendahulu yang paling lama, maka ES aktivitas P adalah 24.

Sedangkan untuk EF (*Early Finish*) dapat dihitung sebagai berikut:

$$EF(i-j) = ES(i-j) + D(i-j)$$

$$EF_P = 24 + 3 = 27$$

LF (*Late Finish*) untuk aktivitas P didapatkan dari waktu paling lambat mulai (LS) dari kegiatan yang mengikutinya yaitu aktivitas Q, R, S dan T. LS aktivitas Q = 30, R=31, S=27, dan T=27. Berdasarkan LS kegiatan yang mengikutinya yang paling cepat, maka LF aktivitas P adalah 27.

Sedangkan untuk LS (*Late Start*) dapat dihitung sebagai berikut:

$$LS(i) = LF(i) - D(i)$$

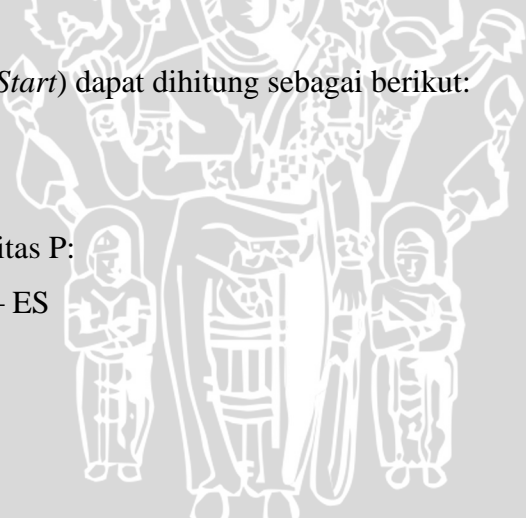
$$LS_P = 27 - 3 = 24$$

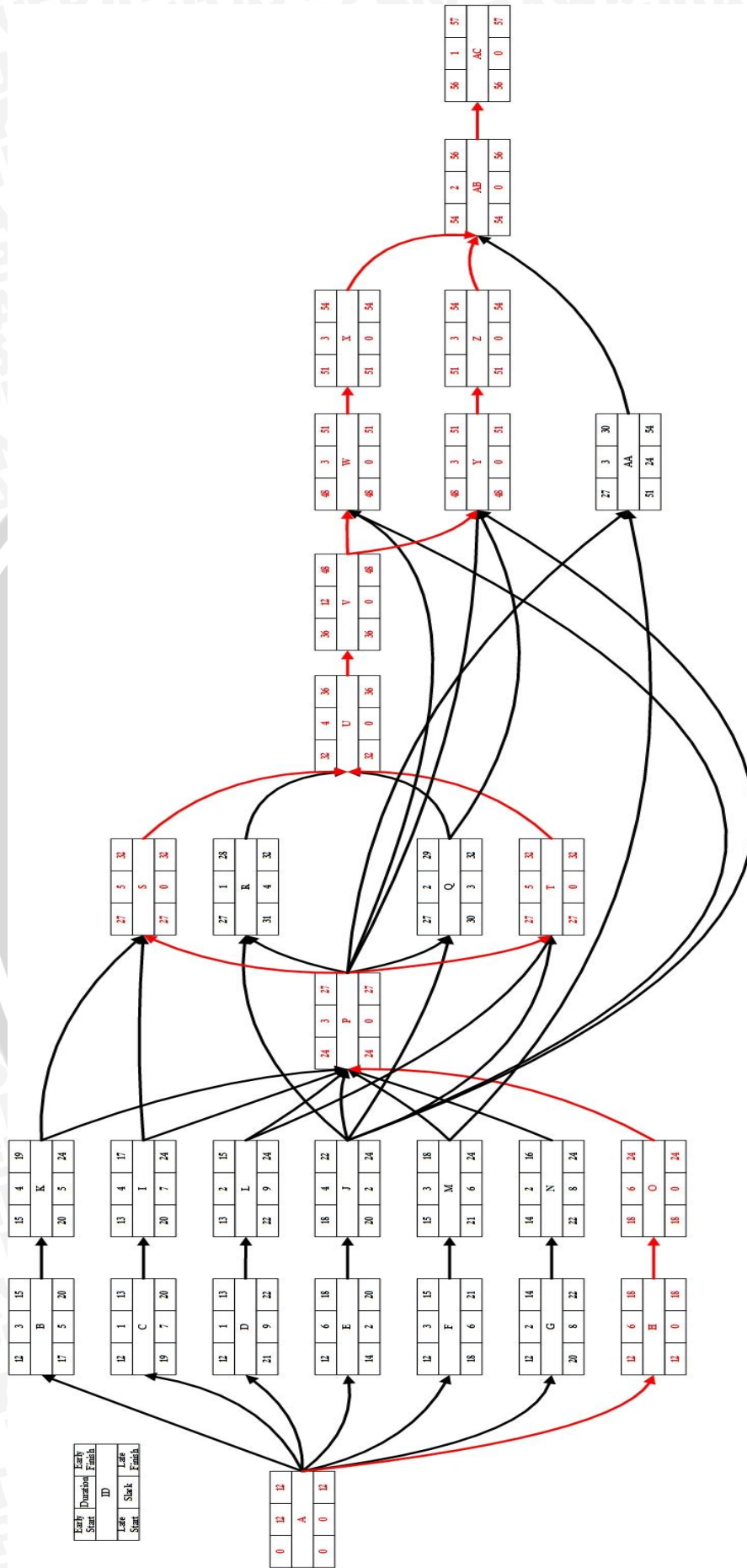
Total *Float* atau *slack* aktivitas P:

$$TF = LF - EF = LS - ES$$

$$TF_P = 27 - 27 = 24 - 24$$

$$= 0$$





Gambar 4.3 Jaringan Kerja AON Fabrikasi Boiler dan Room Dryer

4.3.3.2 Penentuan Jalur Kritis (*Critical Path*) Sebelum Percepatan

Setelah membuat jaringan kerja AON, maka dapat diketahui jalur kritis pada proyek “Fabrikasi *Boiler* dan *Room Dryer*”. Menurut Gray & Larson (2007:150), jalur kritis adalah jalur jaringan yang memiliki *slack* paling sedikit. Tabel 4.4 merupakan daftar aktivitas beserta ES (*Early Start*), EF (*Early Finish*), LS (*Late Start*), LF (*Late Finish*) dan total *slack*.

Tabel 4.7 Daftar Hasil ES (*Early Start*), EF (*Early Finish*), LS (*Late Start*), LF (*Late Finish*) dan Total *Slack*

ID	DUR	ES	EF	LS	LF	TS
A	12	0	12	0	12	0
B	3	12	15	17	20	5
C	1	12	13	19	20	7
D	1	12	13	21	22	9
E	6	12	18	14	20	2
F	3	12	15	18	21	6
G	2	12	14	20	22	8
H	6	12	18	12	18	0
I	4	13	17	20	24	7
J	4	18	22	20	24	2
K	4	15	19	20	24	5
L	2	13	15	22	24	9
M	3	15	18	21	24	6
N	2	14	16	22	24	8
O	6	18	24	18	24	0
P	3	24	27	24	27	0
Q	2	27	29	30	32	3
R	1	27	28	31	32	4
S	5	27	32	27	32	0
T	5	27	32	27	32	0
U	4	32	36	32	36	0
V	12	36	48	36	48	0
W	3	48	51	48	51	0
X	3	51	54	51	54	0
Y	3	48	51	48	51	0
Z	3	51	54	51	54	0
AA	3	27	30	51	54	24
AB	2	54	56	54	56	0
AC	1	56	57	56	57	0

Berdasarkan tabel diatas maka dapat diketahui lintasan kritis berdasarkan aktivitas yang memiliki *slack* 0 (nol) adalah sebagai berikut:

A – H – O – P – S – U – V – W – X – AB – AC

A – H – O – P – S – U – V – Y – Z – AB – AC

A – H – O – P – T – U – V – W – X – AB – AC

A – H – O – P – T – U – V – Y – Z – AB – AC

Durasi penyelesaian proyek tercepat dapat dihitung dengan penjumlahan durasi dari keseluruhan aktivitas kritis.

$$\text{Waktu Penyelesaian Proyek} = \sum \text{durasi aktivitas kritis}$$

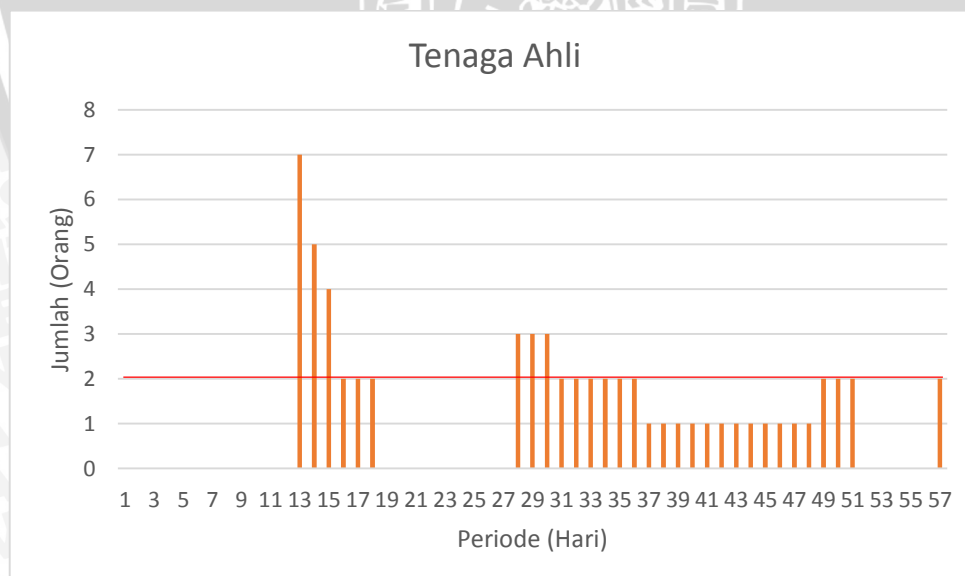
$$\text{Waktu Penyelesaian Proyek} = 12 + 6 + 6 + 3 + 5 + 4 + 12 + 3 + 3 + 2 + 1$$

$$\text{Waktu Penyelesaian Proyek} = 57 \text{ Hari}$$

Dari hasil penjumlahan durasi dari keseluruhan aktivitas kritis pada proyek “Fabrikasi *Boiler* dan *Room Dryer*” didapatkan waktu tercepat untuk penyelesaian proyek adalah 57 hari.

4.3.3.3 Penjadwalan Pekerja Sebelum Percepatan

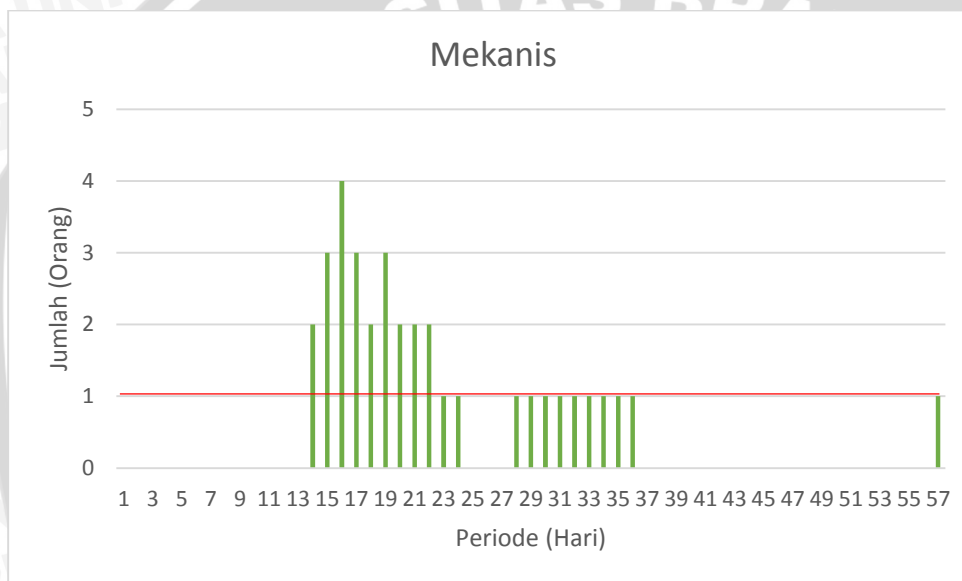
Setelah dilakukan penjadwalan, tahap selanjutnya adalah melakukan penjadwalan pekerja. Terdapat 5 jenis pekerja yaitu tenaga ahli, mekanis, semi mekanis, *helper* dan *welder*. Setiap pekerja tersebut memiliki keahlian masing-masing. Grafik kebutuhan pekerja tenaga ahli pada proyek “Fabrikasi *Boiler* dan *Room Dryer*” ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Grafik Kebutuhan Pekerja Tenaga Ahli

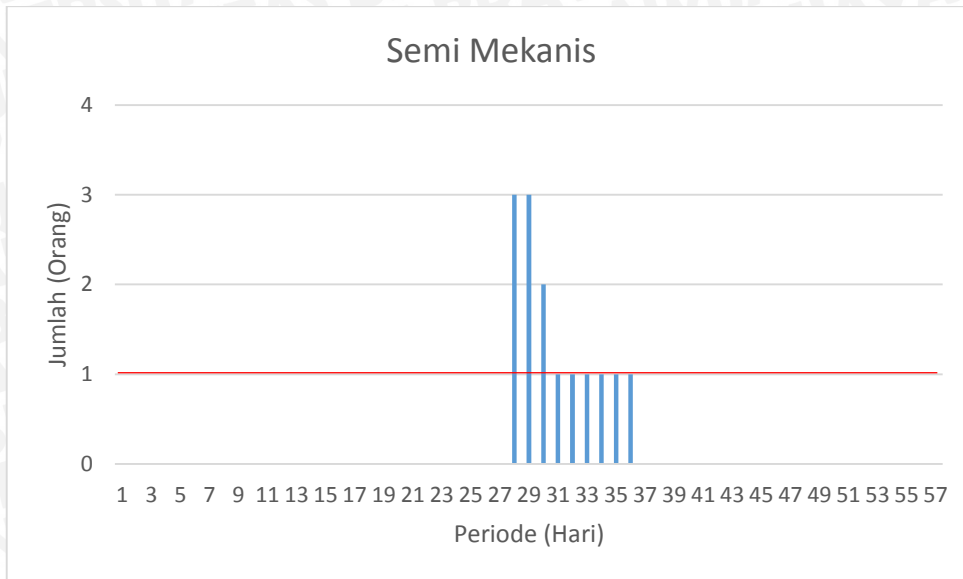
Berdasarkan Gambar 4.4 menunjukkan bahwa pada periode 13 sampai 15, dan 28 sampai 30 mengalami kelebihan alokasi sumber daya tenaga ahli. Tenaga ahli yang

tersedia hanya 2 orang yang ditunjukkan dengan batas garis merah pada Gambar 4.4, sedangkan pada periode 13 jumlah kebutuhan sumber daya yang dibutuhkan sebanyak 7 orang, periode 14 sebanyak 5 orang, periode 15 sebanyak 4 orang, periode 28 sebanyak 3 orang, periode 29 sebanyak 3 orang dan periode 30 sebanyak 3 orang. Kelebihan alokasi sumber daya terjadi bila pendelegasian tugas pada suatu sumber daya melebihi kemampuan untuk menyelesaikan tugas tersebut. Penjadwalan dengan kelebihan alokasi jumlah pekerja sebagai salah satu sumber daya ini tidak dapat direalisasikan. Sehingga, perlu dilakukan leveling untuk meratakan jumlah kebutuhan sumber daya yang diperlukan.



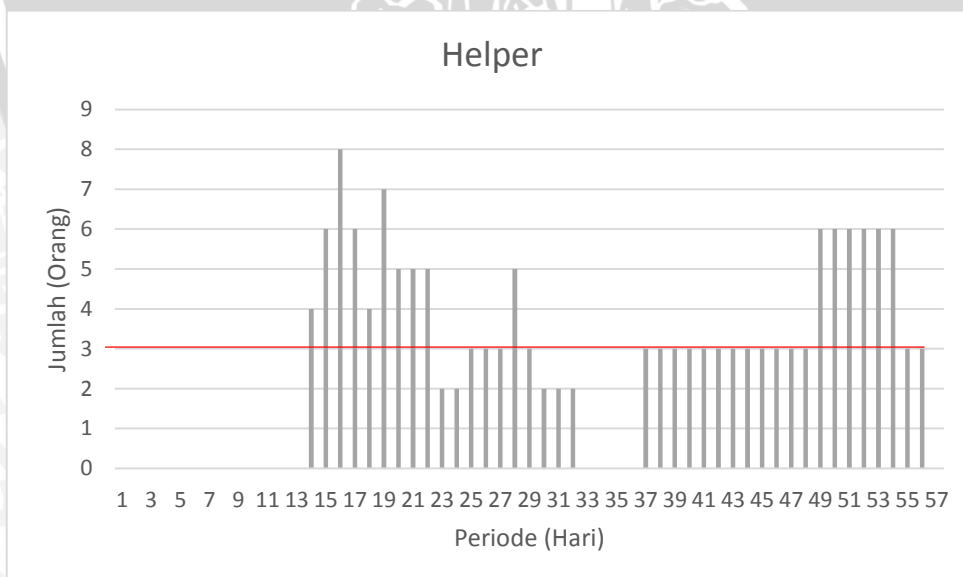
Gambar 4.5 Grafik Kebutuhan Pekerja Mekanis

Berdasarkan Gambar 4.5 dapat diketahui bahwa pada periode 14 sampai 22 mengalami kelebihan alokasi sumber daya mekanis. Sumber daya mekanis yang tersedia hanya 1 orang yang ditunjukkan dengan batas garis merah pada Gambar 4.5. Pada periode 14 jumlah pekerja mekanis yang dibutuhkan sebanyak 2 orang, periode 15 sebanyak 3 orang, periode 16 sebanyak 4 orang, periode 17 sebanyak 3 orang, periode 18 sebanyak 2 orang, periode 19 sebanyak 3 orang, periode 20 sebanyak 2 orang, periode 21 sebanyak 2 orang dan periode 22 sebanyak 2 orang. Sehingga, perlu dilakukan leveling untuk meratakan jumlah kebutuhan sumber daya yang diperlukan.



Gambar 4.6 Grafik Kebutuhan Pekerja Semi Mekanis

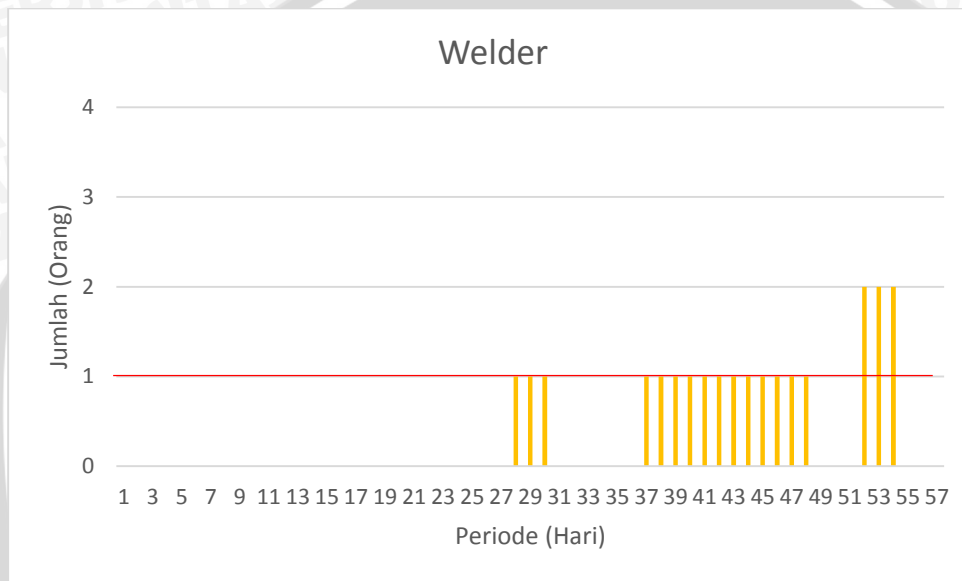
Gambar 4.6 merupakan grafik penggunaan sumber daya semi mekanis pada proyek “Fabrikasi *Boiler* dan *Room Dryer*”. Berdasarkan gambar tersebut dapat diketahui bahwa pada periode 28 sampai 30 mengalami kelebihan alokasi sumber daya semi mekanis. Tenaga semi mekanis yang tersedia hanya 1 orang yang ditunjukkan dengan batas garis merah pada Gambar 4.6. Kelebihan alokasi tersebut terjadi pada periode 28 sebanyak 3 orang, periode 29 sebanyak 3 orang dan periode 30 sebanyak 2 orang. Sehingga, perlu dilakukan leveling untuk meratakan jumlah kebutuhan sumber daya yang diperlukan.



Gambar 4.7 Grafik Kebutuhan Pekerja *Helper*

Kebutuhan sumber daya *helper* mengalami kelebihan alokasi, hal tersebut dapat diketahui pada Gambar 4.7. Berdasarkan Gambar 4.7 dapat diketahui bahwa sumber daya

yang mengalami kelebihan alokasi terjadi periode 14 sampai 22, periode 28, dan periode 49 sampai 54. Sumber daya *helper* yang tersedia hanya 3 orang yang ditunjukkan dengan batas garis merah pada Gambar 4.7. Kelebihan alokasi tersebut terjadi pada periode 14 dan 18 sebanyak 4 orang, periode 15, 17, 49, 50, 51, 52, 53 dan 54 sebanyak 6 orang, periode 16 sebanyak 8 orang, periode 19 sebanyak 7 orang dan periode 20, 21, 22 dan 28 sebanyak 5 orang. Oleh karena itu perlu dilakukan leveling untuk meratakan jumlah kebutuhan sumber daya yang diperlukan.



Gambar 4.8 Grafik Kebutuhan Pekerja *Welder*

Gambar 4.8 menunjukkan grafik kebutuhan sumber daya *welder*. Berdasarkan gambar tersebut dapat diketahui bahwa pada periode 52 sampai 54 mengalami kelebihan alokasi sumber daya *welder*. Alokasi sumber daya *welder* yang tersedia sebanyak 1 orang yang ditunjukkan dengan batas garis merah pada Gambar 4.8. Kelebihan alokasi tersebut terjadi pada periode 52, 53 dan 54 sebanyak 2 orang. Sehingga, perlu dilakukan leveling untuk meratakan jumlah kebutuhan sumber daya yang diperlukan.

Karena semua jenis pekerja mengalami *overlocated* maka perlu dilakukan *resource leveling*. Berdasarkan penjadwalan yang dilakukan dengan metode CPM, selanjutnya dilakukan pembuatan *gant chart* yang dilengkapi dengan kebutuhan sumber daya per periode. Gambar 4.9 adalah *gant chart* aktivitas A – O yang dilengkapi kebutuhan sumber daya di setiap periode mulai periode 12 – 18. Periode pengerjaan setiap ID aktivitas dan *slack* yang tersedia ditunjukkan melalui baris yang berwarna kuning. Sedangkan untuk jumlah sumber daya yang dibutuhkan di setiap periode dan setiap keahlian ditunjukkan pada baris hijau. Misalnya untuk aktivitas B, *resource* yang

dibutuhkan terdiri dari 1 tenaga ahli (1TA). Aktivitas ini dapat diselesaikan dengan durasi selama 3 hari. *Early Start* aktivitas B adalah 12, menunjukkan bahwa aktivitas B dimulai paling cepat saat periode ke 12, sedangkan *Latest Finish* aktivitas B adalah 20 yang menunjukkan bahwa aktivitas B paling lambat dapat diselesaikan pada periode ke 20, tanpa mempengaruhi durasi akhir penyelesaian proyek. Sehingga *slack* aktivitas B adalah 5 yang artinya aktivitas B dapat ditunda 5 periode (hari) namun tidak mempengaruhi durasi akhir penyelesaian proyek. Kebutuhan sumber daya aktivitas B yaitu 1 tenaga ahli (1TA) dituliskan pada baris kuning yang menunjukkan durasi dan periode penyelesaian aktivitas B. Jumlah sumber daya yang dituliskan pada baris kuning, disesuaikan dengan durasi lama penyelesaian aktivitas tersebut dan jenis keahlian yang dibutuhkan. Setelah semua sumber daya setiap aktivitas dituliskan pada baris kuning, selanjutnya dilakukan penjumlahan sumber daya setiap keahlian per periode. Misalnya untuk periode 12 – 13 dengan aktivitas A – O, pekerja tenaga ahli yang dibutuhkan sebanyak 7 orang, sedangkan yang tersedia hanya 2 orang. Oleh karena itu perlu dilakukan perataan sumber daya dengan langkah-langkah yang diuraikan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Tindakan Perataan Sumber Daya Setiap Periode 12 – 13 Sebelum Percepatan

Periode	Tindakan
12 – 13	<p>Aktivitas B, C, D, E, F, G, H melebihi batasan 2 TA (Tenaga Ahli). Aktivitas H memiliki <i>slack</i> paling rendah (0) – Terapkan aturan 1. Masukkan aktivitas H ke dalam jadwal.</p> <p>Tersisa 1 Tenaga Ahli, aktivitas E memiliki <i>slack</i> = 2 (paling rendah setelah aktivitas H) – Terapkan aturan 1. Masukkan aktivitas E ke dalam jadwal.</p> <p>Tunda aktivitas B. Perbarui ES = 13, <i>slack</i> = 4</p> <p>Tunda aktivitas K yang memiliki aktivitas pendahulu B. Perbarui ES = 16, <i>slack</i> = 4</p> <p>Tunda aktivitas C. Perbarui ES = 13, <i>slack</i> = 6</p> <p>Tunda aktivitas I yang memiliki aktivitas pendahulu C. Perbarui ES = 14, <i>slack</i> = 6</p> <p>Tunda aktivitas D. Perbarui ES = 13, <i>slack</i> = 8</p> <p>Tunda aktivitas L yang memiliki aktivitas pendahulu D. Perbarui ES = 14, <i>slack</i> = 8</p> <p>Tunda aktivitas F. Perbarui ES = 13, <i>slack</i> = 5</p> <p>Tunda aktivitas M yang memiliki aktivitas pendahulu F. Perbarui ES = 16, <i>slack</i> = 5</p> <p>Tunda aktivitas G. Perbarui ES = 13, <i>slack</i> = 7</p> <p>Tunda aktivitas N yang memiliki aktivitas pendahulu G. Perbarui ES = 15, <i>slack</i> = 7</p> <p>(Hasil pada Gambar 4.10)</p>

Setelah dilakukan perataan sumber daya pada periode 12 – 13, hasil dari perataan sumber daya tersebut disajikan pada Gambar 4.10. Pada gambar 4.10 dapat diketahui

bahwa pada aktivitas B terjadi penundaan jadwal, sehingga aktivitas B dimulai pada periode 13 dan *slack* yang tersedia berkurang menjadi 4 periode (hari). Begitu pula pada aktivitas C, D, F dan G juga mengalami penundaan, sehingga *slack* dari setiap aktivitas tersebut berkurang satu periode (hari). Total sumber daya yang dibutuhkan pada periode 12 – 13 untuk pekerja tenaga ahli sebanyak 2 orang dan untuk jenis pekerja lainnya tidak ada yang dibutuhkan pada periode tersebut, sehingga pada periode 12 – 13 tidak terjadi kelebihan sumber daya. Selanjutnya perlu dilakukan perataan sumber daya pada periode 13 – 14 karena terjadi kelebihan alokasi sumber daya. Langkah-langkah perataan tersebut diuraikan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Tindakan Perataan Sumber Daya Setiap Periode 13 – 14 Sebelum Percepatan

Periode	Tindakan
13 – 14	Aktivitas H layak, masukkan aktivitas H ke dalam jadwal. Aktivitas E layak, masukkan aktivitas E ke dalam jadwal. Tunda aktivitas B. Perbarui ES = 14, <i>slack</i> = 3 Tunda aktivitas K yang memiliki aktivitas pendahulu B. Perbarui ES = 17, <i>slack</i> = 3 Tunda aktivitas C. Perbarui ES = 14, <i>slack</i> = 5 Tunda aktivitas I yang memiliki aktivitas pendahulu C. Perbarui ES = 15, <i>slack</i> = 5 Tunda aktivitas D. Perbarui ES = 14, <i>slack</i> = 7 Tunda aktivitas L yang memiliki aktivitas pendahulu D. Perbarui ES = 15, <i>slack</i> = 7 Tunda aktivitas F. Perbarui ES = 14, <i>slack</i> = 4 Tunda aktivitas M yang memiliki aktivitas pendahulu F. Perbarui ES = 17, <i>slack</i> = 4 Tunda aktivitas G. Perbarui ES = 14, <i>slack</i> = 6 Tunda aktivitas N yang memiliki aktivitas pendahulu G. Perbarui ES = 16, <i>slack</i> = 6 (Hasil pada Gambar 4.11)

Gambar 4.11 merupakan hasil perataan sumber daya pada periode 13 – 14. Setelah dilakukan perataan sumber daya pada periode 13 – 14, aktivitas B mengalami penundaan jadwal sehingga aktivitas B dimulai pada periode 14 dan *slack* yang tersedia berkurang menjadi 3 periode (hari). Begitu juga pada aktivitas C, D, F dan G mengalami penundaan, sehingga *slack* dari setiap aktivitas tersebut berkurang satu periode (hari). Setelah dilakukan perataan sumber daya pada periode 13 – 14, jumlah sumber daya yang dibutuhkan pada periode 13 – 14 yaitu 2 tenaga ahli. Kebutuhan tersebut dapat dipenuhi karena jumlah tenaga ahli yang tersedia sebanyak 2 orang. Sehingga tidak terjadi kelebihan alokasi sumber daya pada periode 13 – 14. Selanjutnya perlu dilakukan perataan sumber daya pada periode 14 – 15 karena terjadi kelebihan alokasi sumber daya. Langkah – langkah perataan tersebut diuraikan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Tindakan Perataan Sumber Daya Setiap Periode Periode 14 – 15 Sebelum Percepatan

Periode	Tindakan
14 – 15	Aktivitas H layak, masukkan aktivitas H ke dalam jadwal. Aktivitas E layak, masukkan aktivitas E ke dalam jadwal. Tunda aktivitas B. Perbarui ES = 15, <i>slack</i> = 2 Tunda aktivitas K yang memiliki aktivitas pendahulu B. Perbarui ES = 18, <i>slack</i> = 2 Tunda aktivitas C. Perbarui ES = 15, <i>slack</i> = 4 Tunda aktivitas I yang memiliki aktivitas pendahulu C. Perbarui ES = 16, <i>slack</i> = 4 Tunda aktivitas D. Perbarui ES = 15, <i>slack</i> = 6 Tunda aktivitas L yang memiliki aktivitas pendahulu D. Perbarui ES = 16, <i>slack</i> = 6 Tunda aktivitas F. Perbarui ES = 15, <i>slack</i> = 3 Tunda aktivitas M yang memiliki aktivitas pendahulu F. Perbarui ES = 18, <i>slack</i> = 3 Tunda aktivitas G. Perbarui ES = 15, <i>slack</i> = 5 Tunda aktivitas N yang memiliki aktivitas pendahulu G. Perbarui ES = 17, <i>slack</i> = 7 (Hasil pada Gambar 4.12)

Setelah dilakukan perataan sumber daya pada periode 14 – 15, hasil perataan tersebut disajikan pada Gambar 4.12. Berdasarkan Gambar 4.12 dapat diketahui bahwa aktivitas B mengalami penundaan jadwal, sehingga aktivitas B dapat dimulai pada periode 15 dan *slack* yang tersedia berkurang menjadi 2 periode (hari). Begitu pula untuk aktivitas C, D, F dan G juga mengalami penundaan jadwal sehingga aktivitas tersebut dimulai pada periode 15. Jumlah sumber daya yang dibutuhkan pada periode 14 – 15 yaitu 2 tenaga ahli. Kebutuhan tersebut dapat dipenuhi karena jumlah tenaga ahli yang tersedia sebanyak 2 orang. Sehingga tidak terjadi kelebihan alokasi sumber daya pada periode 14 – 15.

Setelah itu, perlu dilakukan perataan sumber daya pada periode 15 dan seterusnya hingga jumlah sumber daya yang dialokasikan tidak melebihi batas yang tersedia. Perataan sumber daya (*Resource Leveling*) untuk keseluruhan aktivitas dilampirkan pada Lampiran 2. Berdasarkan hasil perataan sumber daya seluruh aktivitas pada Lampiran 2, dihasilkan bahwa durasi penyelesaian proyek “Fabrikasi *Boiler* dan *Room Dryer*” dapat diselesaikan selama 84 hari.

ID	RES	DUR	ES	LF	TS	13				14				15				16				17				18										
						TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W						
A	-	12	0	12	0																															
B	1TA	3	12	20	5	1					1																									
C	1TA	1	12	20	7	1																														
D	1TA	1	12	22	9	1																														
E	1TA	6	12	20	2	1					1											1														
F	1TA	3	12	21	6	1					1																									
G	1TA	2	12	22	8	1					1																									
H	1TA	6	12	18	0	1					1											1														
I	1M,2H	4	13	24	7						1																									
J	1M,3H	4	18	24	2																															
K	1M,2H	4	15	24	5																															
L	1M,2H	2	13	24	9						1																									
M	1M,2H	3	15	24	6																															
N	1M,2H	2	14	24	8																															
O	1M,2H	6	18	24	0																															
JUMLAH SUMBER DAYA (ORANG)						7	0	0	0	0	5	2	0	4	0	4	3	0	6	0	6	0	2	4	0	8	0	2	3	0	2	2	0	4	0	

Gambar 4.9 Penggunaan Sumber Daya Periode 12 – 18

ID	RES	DUR	ES	LF	TS	13			14			15			16			17			18															
						TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W											
A	-	12	0	12	0																															
B	1TA	3	13	20	4	1				1																										
C	1TA	1	13	20	6	1																														
D	1TA	1	13	22	8	1																														
E	1TA	6	12	20	2	1				1													1													
F	1TA	3	13	21	5	1				1																										
G	1TA	2	13	22	7	1				1																										
H	1TA	6	12	18	0	1				1													1													
I	1M,2H	4	14	24	6					1			2									1			2											
J	1M,3H	4	18	24	2																															
K	1M,2H	4	16	24	4																															
L	1M,2H	2	14	24	8					1			2									1		2												
M	1M,2H	3	16	24	5																															
N	1M,2H	2	15	24	7																															
O	1M,2H	6	18	24	0																															
JUMLAH SUMBER DAYA (ORANG)						2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Gambar 4.10 Perataan Sumber Daya Periode 12 – 13

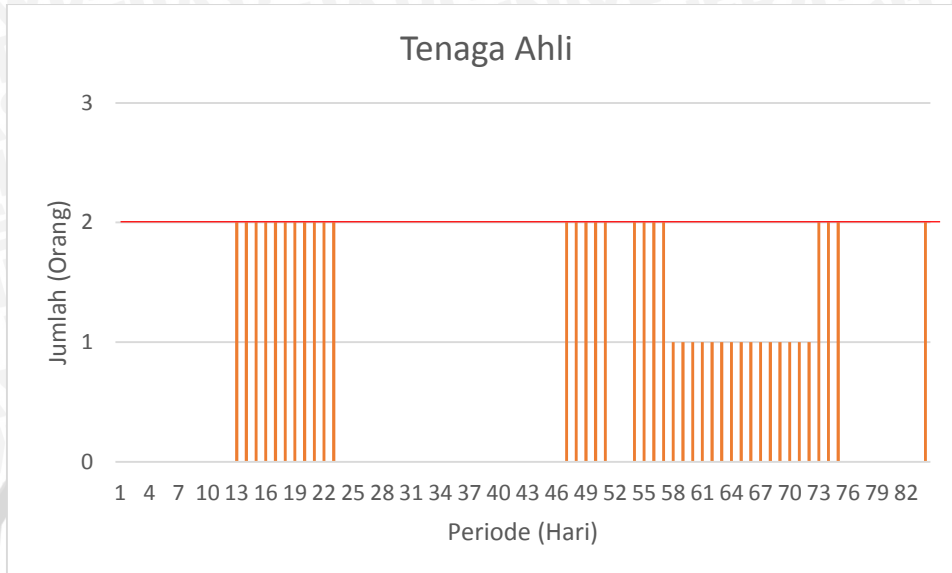
ID	RES	DUR	ES	LF	TS	14			15			16			17			18			19													
						TA	M	SM	H	W	W	W	TA	M	SM	H	W	W	W	TA	M	SM	H	W	W	W								
A	-	12	0	12	0																													
B	1TA	3	14	20	3	1							1																					
C	1TA	1	14	20	5	1																												
D	1TA	1	14	22	7	1																												
E	1TA	6	12	20	2	1						1										1												
F	1TA	3	14	21	4	1						1																						
G	1TA	2	14	22	6	1						1																						
H	1TA	6	12	18	0	1						1																						
I	1M,2H	4	15	24	5					1		2															1	2						
J	1M,3H	4	18	24	2																						1	3						
K	1M,2H	4	17	24	3																						1	2						
L	1M,2H	2	15	24	7					1		2																1	2					
M	1M,2H	3	17	24	4																						1	2						
N	1M,2H	2	16	24	6																						1	2						
O	1M,2H	6	18	24	0																						1	2						
JUNLAH SUMBERDAYA (ORANG)						2	0	0	0	0	7	0	0	0	5	2	0	4	0	4	0	4	0	6	0	6	0	2	4	0	5	0	11	0

Gambar 4.11 Perataan Sumber Daya Periode 13 – 14

ID	RES	DUR	ES	LF	TS	15			16			17			18			19			20																			
						TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W															
A	-	12	0	12	0																																			
B	1TA	3	15	20	2					1																														
C	1TA	1	15	20	4					1																														
D	1TA	1	15	22	6					1																														
E	1TA	6	12	20	2	1				1																														
F	1TA	3	15	21	3					1																														
G	1TA	2	15	22	5					1																														
H	1TA	6	12	18	0	1				1																														
I	1M,2H	4	16	24	4							1		2																										
J	1M,3H	4	18	24	2																																			
K	1M,2H	4	18	24	2																																			
L	1M,2H	2	16	24	6							1		2																										
M	1M,2H	3	18	24	3																																			
N	1M,2H	2	17	24	5																																			
O	1M,2H	6	18	24	0																																			
JUMLAH SUMBER DAYA (ORANG)						2	0	0	0	0	0	7	0	0	0	5	2	0	4	0	4	0	3	0	6	0	6	0	0	4	0	0	4	0	0	8	0			

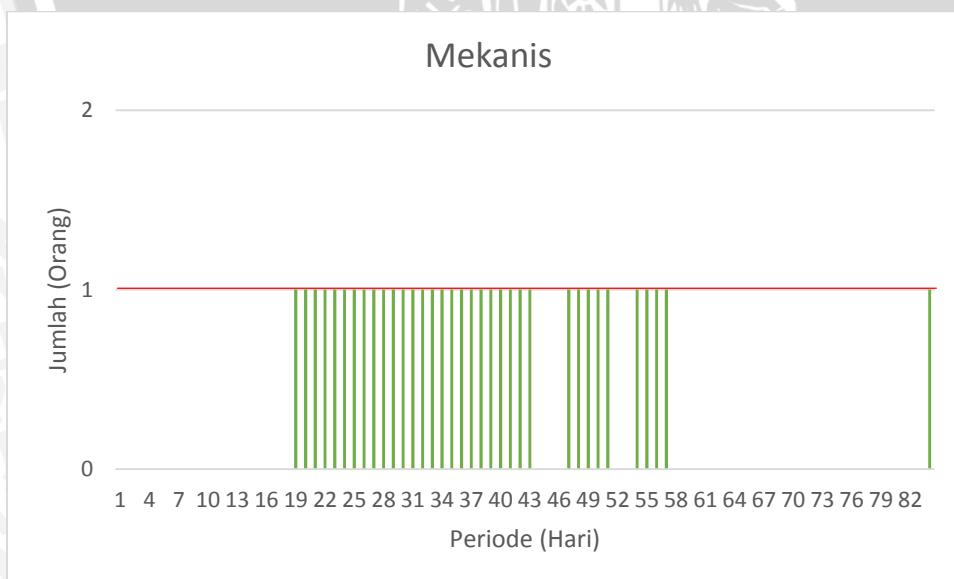
Gambar 4.12 Perataan Sumber Daya Periode 14 – 15

Setelah dilakukan perataan sumber daya, selanjutnya disajikan grafik kebutuhan sumber daya setiap jenis pekerja. Gambar 4.13 menunjukkan grafik kebutuhan tenaga ahli setelah dilakukan perataan sumber daya (*Resource Leveling*).



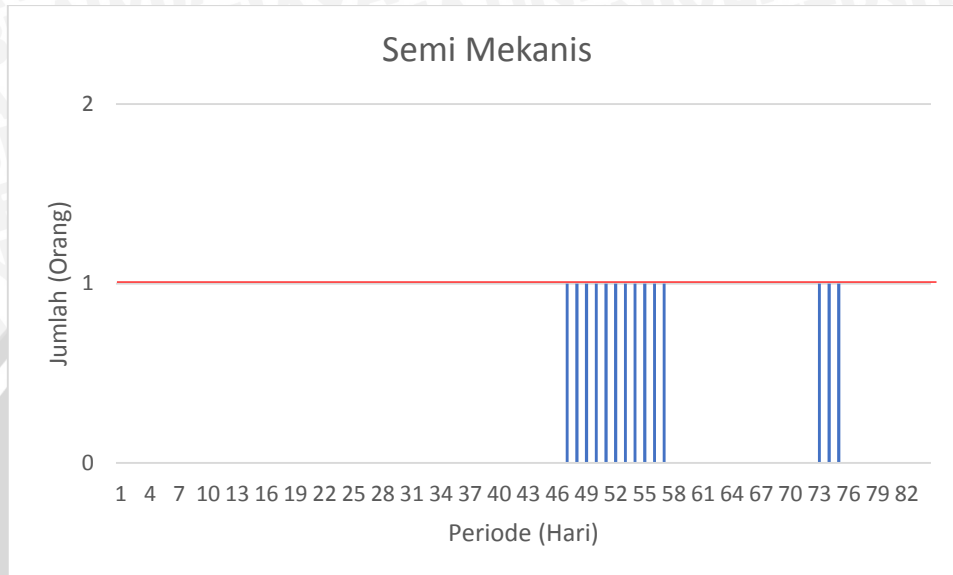
Gambar 4.13 Grafik Kebutuhan Tenaga Ahli Setelah Perataan Sumber Daya

Jumlah pekerja tenaga ahli yang tersedia sebanyak 2 orang. Berdasarkan Gambar 4.13 dapat diketahui bahwa penjadwalan pekerja tenaga ahli tidak mengalami kelebihan alokasi atau tidak ada yang melebihi 2 orang yang tersedia di setiap periode.



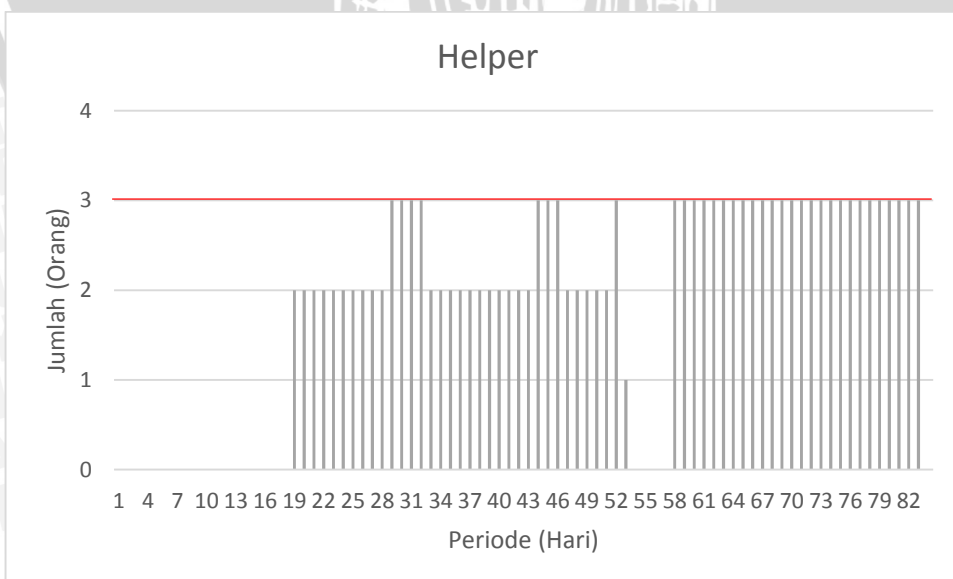
Gambar 4.14 Grafik Kebutuhan Mekanis Setelah Perataan Sumber Daya

Gambar 4.14 merupakan grafik kebutuhan pekerja mekanis setelah dilakukan perataan sumber daya (*Resource Leveling*). Jumlah pekerja mekanis yang tersedia sebanyak 1 orang. Berdasarkan grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa penjadwalan pekerja mekanis tidak mengalami kelebihan alokasi atau melebihi 1 orang.



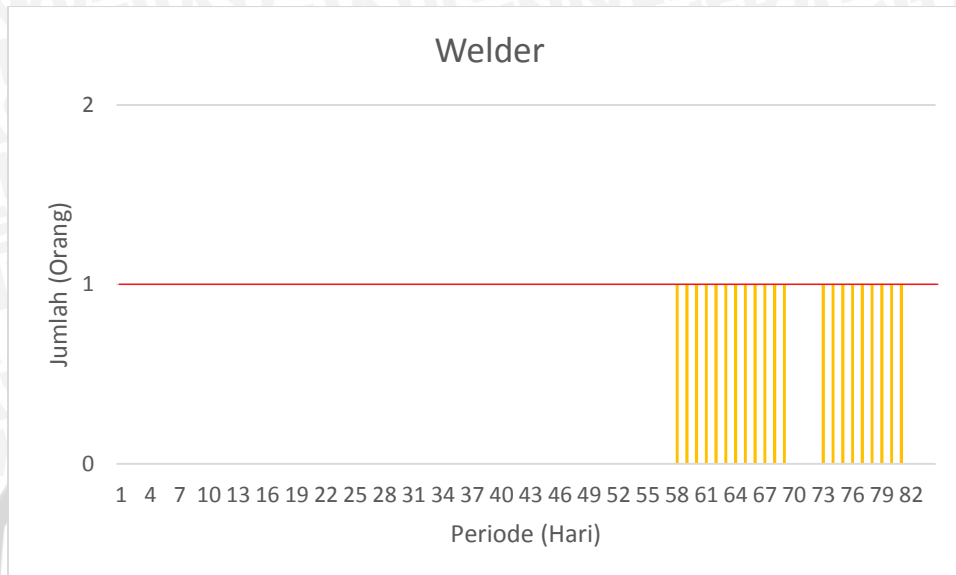
Gambar 4.15 Grafik Kebutuhan Semi Mekanis Setelah Perataan Sumber Daya

Gambar 4.15 adalah grafik kebutuhan tenaga kerja semi mekanis. Jumlah sumber daya semi mekanis yang tersedia sebanyak 1 orang. Berdasarkan grafik tersebut, dapat diketahui bahwa penjadwalan pekerja semi mekanis tidak mengalami kelebihan alokasi.



Gambar 4.16 Grafik Kebutuhan *Helper* Setelah Perataan Sumber Daya

Berdasarkan Gambar 4.16, tidak ada sumber daya *helper* yang melebihi jumlah batas maksimum yang tersedia yaitu 3 orang. Sehingga tidak ada sumber daya *helper* yang mengalami kelebihan alokasi.



Gambar 4.17 Grafik Kebutuhan *Welder* Setelah Perataan Sumber Daya

Gambar 4.17 merupakan grafik kebutuhan pekerja *welder* setelah dilakukan perataan sumber daya (*Resource Leveling*). Jumlah pekerja *welder* yang tersedia maksimum sebanyak 1 orang. Berdasarkan grafik tersebut menunjukkan bahwa penjadwalan pekerja *welder* tidak mengalami kelebihan alokasi.

Tabel 4.11 menunjukkan hasil perbedaan perencanaan penyelesaian proyek “Fabrikasi *Boiler* dan *Room Dryer*”, aktual penyelesaian dan penjadwalan ulang dengan metode CPM dengan *Resource Leveling*.

Tabel 4.11 Durasi Penyelesaian Berdasarkan Perencanaan, Aktual dan Penjadwalan Ulang

Perencanaan Kontrak	Aktual	Penjadwalan Ulang dengan Metode CPM dengan <i>Resource Leveling</i>
60 Hari	82 Hari	84 Hari

Berdasarkan Tabel 4.11 dapat diketahui bahwa perencanaan penyelesaian proyek “Fabrikasi *Boiler* dan *Room Dryer*” direncanakan diselesaikan selama 60 hari, sedangkan aktual penyelesaian proyek diselesaikan selama 82 hari. Maka proyek tersebut mengalami keterlambatan selama 22 hari. Berdasarkan hasil penjadwalan ulang dengan metode CPM dengan *resource leveling* durasi penyelesaian proyek “Fabrikasi *Boiler* dan *Room Dryer*” diselesaikan selama 84 hari. Durasi penjadwalan ulang tersebut tidak jauh berbeda dengan hasil penyelesaian proyek aktual. Sehingga penjadwalan dengan metode

CPM dapat digunakan untuk menjadwalkan proyek. Perbedaan penjadwalan ulang dengan metode CPM dengan *resource leveling* dan aktual diakibatkan karena pada penyelesaian aktual, aktivitas pengadaan material lebih cepat dua hari dari estimasi durasi aktivitas.

4.3.4 Penjadwalan Proyek Setelah Percepatan

Percepatan proyek “Fabrikasi *Boiler* dan *Room Dryer*” dilakukan dengan pengurangan durasi aktivitas berdasarkan penambahan sumber daya yang tersedia atau penambahan jam kerja (lembur). Percepatan proyek ini terdiri dari pengurangan durasi aktivitas, pembuatan jaringan kerja AON (*Activity on Node*), penentuan jalur kritis (*Critical Path*) dan penjadwalan pekerja.

4.3.4.1 Pengurangan Durasi Aktivitas Proyek

Pengurangan durasi aktivitas dilakukan berdasarkan data durasi aktivitas proyek sebelumnya (historis) untuk mempertimbangkan penambahan sumber daya yang masih tersedia atau penambahan jam kerja (lembur). Tabel 4.12 merupakan data beberapa aktivitas dari proyek fabrikasi *boiler* sebelumnya dengan kombinasi dan jumlah pekerja yang berbeda. Sedangkan untuk aktivitas lainnya tidak mempengaruhi durasi karena keterbatasan peralatan atau beban kerja.

Berdasarkan Tabel 4.12 aktivitas I dapat dipercepat dari 4 hari menjadi 2 hari apabila ditambahkan 1 pekerja mekanis. Namun karena jumlah pekerja mekanis yang tersedia hanya 1 orang, maka tidak dapat ditambahkan dan dipercepat. Selain itu aktivitas J, K, L, M, N, dan O juga dapat dipercepat dengan penambahan 1 pekerja mekanis, namun karena jumlah pekerja mekanis yang tersedia hanya 1 orang, maka tidak dapat ditambahkan dan dipercepat. Aktivitas P dapat dipercepat apabila menambah 1 *helper* menjadi 4 *helper*. Namun jumlah *helper* yang tersedia hanya 3 *helper* maka aktivitas ini tidak dapat dipercepat. Aktivitas S dapat dipercepat dengan menambahkan 1 *helper*. Pada periode penyelesaian aktivitas S, sumber daya *helper* masih tersedia. Sehingga aktivitas S dapat dipercepat dengan penambahan sumber daya *helper*. Sedangkan pada aktivitas T, dapat dipercepat dengan penambahan 1 semi mekanis. Namun tidak ada tenaga semi mekanis yang tersedia pada periode penyelesaian aktivitas T, karena tenaga semi mekanis telah digunakan oleh aktivitas S, dimana aktivitas S dikerjakan bersamaan dengan aktivitas T. Sehingga aktivitas T tidak dapat dipercepat dengan penambahan sumber daya semi mekanis. Pada aktivitas V dapat dipercepat apabila ditambahkan 1 *welder*,

sedangkan jumlah *welder* yang tersedia hanya 1 pekerja yang telah digunakan pada aktivitas V. Aktivitas W dapat dipercepat dengan menambahkan 1 semi mekanis. Berdasarkan sisa tenaga kerja yang tersedia, masih terdapat sumber daya semi mekanis yang dapat dialokasikan. Sehingga aktivitas W dapat dipercepat dengan penambahan sumber daya semi mekanis. Aktivitas X dapat dipercepat dengan menambahkan 1 *welder*, sedangkan jumlah yang tersedia pekerja *welder* hanya 1 orang dan telah digunakan pada aktivitas lainnya, sehingga aktivitas X tidak dapat dipercepat. Hasil pengurangan durasi berdasarkan penambahan sumber daya yang tersedia diuraikan pada Tabel 4.13 – 4.16.

Durasi aktivitas yang tidak dapat dipercepat dengan penambahan sumber daya tersedia, dapat dipercepat dengan penambahan jam kerja (lembur). Pengurangan 1 hari penyelesaian aktivitas, sama dengan penambahan jam lembur selama 7 jam yang dibatasi maksimal lembur per hari adalah 3 jam. Pengurangan durasi berdasarkan penambahan jam kerja (lembur) dapat dilihat pada Tabel 4.13 – 4.16. Berdasarkan Tabel 4.13, aktivitas B tidak dapat ditambah jam kerja lembur karena jam lembur yang dibutuhkan pada aktivitas tersebut adalah 7 jam dengan durasi penyelesaian 2 hari, sehingga jam lembur melebihi batas jam maksimal lembur yaitu 3 jam per hari. Aktivitas C dan D tidak dapat dipercepat karena durasi pada aktivitas tersebut sudah maksimal yaitu masing – masing 1 hari. Durasi aktivitas E dapat dipercepat dengan penambahan jam kerja (lembur), dari 6 hari menjadi 5 hari dengan penambahan jam lembur 7 jam (hari ke – 1 = 3 jam, hari ke – 2 = 3 jam dan hari ke – 3 = 1 jam). Durasi aktivitas F dan G tidak dapat dipercepat dengan penambahan jam kerja (lembur) karena penambahan jam lembur yang dibutuhkan melebihi batas jam lembur yang diizinkan. Durasi aktivitas H dapat dipercepat dengan penambahan jam kerja (lembur), dari 6 hari menjadi 5 hari dengan penambahan jam lembur 7 jam (hari ke – 1 = 3 jam, hari ke – 2 = 3 jam dan hari ke – 3 = 1 jam). Durasi aktivitas I, J dan K dapat dipercepat dengan penambahan jam kerja (lembur), dari 4 hari menjadi 3 hari dengan penambahan jam lembur 7 jam (hari ke – 1 = 3 jam, hari ke – 2 = 3 jam dan hari ke – 3 = 1 jam). Durasi aktivitas L, M dan N tidak dapat dipercepat dengan penambahan jam kerja (lembur) karena penambahan jam lembur yang dibutuhkan melebihi batas jam lembur yang diizinkan. Durasi aktivitas O dapat dipercepat dengan penambahan jam kerja (lembur), dari 6 hari menjadi 5 hari dengan penambahan jam lembur 7 jam (hari ke – 1 = 3 jam, hari ke – 2 = 3 jam dan hari ke – 3 = 1 jam). Durasi aktivitas P dan Q tidak dapat dipercepat dengan penambahan jam kerja (lembur) karena penambahan jam lembur yang dibutuhkan melebihi batas jam lembur yang diizinkan. Aktivitas R tidak dapat dipercepat karena durasi pada aktivitas tersebut

sudah maksimal yaitu 1 hari. Pada aktivitas S tidak perlu dilakukan penambahan jam kerja (lembur) karena durasi aktivitas tersebut dapat dipercepat dengan penambahan sumber daya yang tersedia pada periode tersebut. Durasi aktivitas T dapat dipercepat dengan penambahan jam kerja (lembur), dari 5 hari menjadi 4 hari dengan penambahan jam lembur 7 jam (hari ke $-1 = 3$ jam, hari ke $-2 = 3$ jam dan hari ke $-3 = 1$ jam). Durasi aktivitas U dapat dipercepat dengan penambahan jam kerja (lembur), dari 4 hari menjadi 3 hari dengan penambahan jam lembur 7 jam (hari ke $-1 = 3$ jam, hari ke $-2 = 3$ jam dan hari ke $-3 = 1$ jam). Durasi aktivitas V dapat dipercepat dengan penambahan jam kerja (lembur), dari 12 hari menjadi 10 hari dengan penambahan jam lembur 14 jam (hari ke $-1 = 3$ jam, hari ke $-2 = 3$ jam, hari ke $-3 = 3$ jam, hari ke $-4 = 3$ jam dan hari ke $-5 = 2$ jam). Durasi aktivitas W tidak perlu dilakukan penambahan jam kerja (lembur) karena durasi aktivitas tersebut dapat dipercepat dengan penambahan sumber daya yang tersedia pada periode tersebut. Durasi aktivitas X, Y, Z, AA dan AB tidak dapat dipercepat dengan penambahan jam kerja (lembur) karena penambahan jam lembur yang dibutuhkan melebihi batas jam lembur yang diizinkan. Durasi aktivitas AC tidak dapat dipercepat karena durasi pada aktivitas tersebut sudah maksimal yaitu 1 hari.



Tabel 4.12 Data Historis Durasi Aktivitas Proyek Fabrikasi Boiler dan Room Dryer dan Durasi Aktivitas Proyek Fabrikasi Boiler dan Room Dryer yang dikerjakan

No	Data Historis Aktivitas Proyek Fabrikasi Boiler			Data Aktivitas Proyek Fabrikasi Boiler			
	Aktivitas	Sumber Daya	Durasi	ID	Aktivitas	Sumber Daya	Durasi
1	Pemotongan Pipa Boiler Pemotongan man hole, tutup man hole, tandon uap, control cleaning, tutup control cleaning, sambungan cerobong, cerobong asap, water level, jacksel, tutup jacksel dan mounting	2 Mekanis, 2 Helper 2 Mekanis, 3 Helper	2	I	Pemotongan Pipa Boiler	1 Mekanis, 2 Helper	4
2			2	J	hole, tandon uap, control cleaning, tutup control cleaning, sambungan cerobong, cerobong asap, water level, jacksel, tutup jacksel dan mounting	1 Mekanis, 3 Helper	4
3	Pemotongan tubing pipe	2 Mekanis, 2 Helper	2	K	Pemotongan tubing pipe	1 Mekanis, 2 Helper	4
4	Pemotongan drum boiler dan plat hitam belakang	2 Mekanis, 2 Helper	1	L	Pemotongan drum boiler dan plat hitam depan belakang	1 Mekanis, 2 Helper	2
5	Pemotongan pipa header, tutup depan belakang header, flange, tutup flange dan sambungan header	2 Mekanis, 2 Helper	1.5	M	Pemotongan pipa header, tutup depan belakang header, flange, tutup flange dan sambungan header	1 Mekanis, 2 Helper	3
6	Pemotongan rangka ruangan dan frame motor	2 Mekanis, 2 Helper	1	N	Pemotongan rangka ruangan dan frame motor	1 Mekanis, 2 Helper	2
7	Pemotongan coil condensor	2 Mekanis, 2 Helper	3	O	Pemotongan coil condensor	1 Mekanis, 2 Helper	6
8	Grinding	4 Helper	2	P	Grinding	3 Helper	3
9	Set up tubing pipe dan pipa boiler	1 tenaga ahli, 1 mekanis, 1 semi mekanis, 1 Helper	4	S	Set up tubing pipe dan pipa boiler	1 tenaga ahli, 1 mekanis, 1 semi mekanis	5
10	Set up drum boiler	1 tenaga ahli, 2 Helper, 1 semi mekanis	4	T	Set up drum boiler	1 tenaga ahli, 2 Helper	5
11	Welding	2 welder, 1 tenaga ahli, 2 helper	9	V	Welding	1 welder, 1 tenaga ahli, 3 Helper	12
12	Set up Mounting	1 tenaga ahli, 3 Helper, 1 semi mekanis	2	W	Set up Mounting	1 tenaga ahli, 3 Helper	3
13	Welding Mounting	2 welder, 3 Helper	1.5	X	Welding Mounting	1 welder, 3 Helper	3

Tabel 4.13 Pengurangan Durasi Berdasarkan Penambahan SDM yang Tersedia dan Penambahan Jam Lembur Aktivitas ID B – J

ID	SDM	Durasi (Hari)	Sisa Pekerja Tersedia	Ket	Penambahan Pekerja	Jam Kerja (Jam)	Pengurangan Durasi		Ket	Pengurangan Durasi		Ket	Hasil Durasi
							Durasi	Durasi (+) Jam		Durasi	Durasi (+) Jam		
B	1 TA	3	1 TA, 1M, 1SM, 3H, 1W	Penambahan pekerja tidak mempengaruhi durasi	-	21	2	7	Melebihi batas lembur				3
C	1 TA	1	1 TA, 1M, 1SM, 3H, 1W	Penambahan pekerja tidak mempengaruhi durasi	-	7							1
D	1 TA	1	1 TA, 1M, 1SM, 3H, 1W	Penambahan pekerja tidak mempengaruhi durasi	-	7							1
E	1 TA	6	1 TA, 1M, 1SM, 3H, 1W	Penambahan pekerja tidak mempengaruhi durasi	-	42	5	7	3 Jam, 3 Jam, 1 Jam	4	14	Melebihi batas lembur	5
F	1 TA	3	1 TA, 1M, 1SM, 3H, 1W	Penambahan pekerja tidak mempengaruhi durasi	-	21	2	7	Melebihi batas lembur				3
G	1 TA	2	1 TA, 1M, 1SM, 3H, 1W	Penambahan pekerja tidak mempengaruhi durasi	-	14	1	7	Melebihi batas lembur				2
H	1 TA	6	1 TA, 1M, 1SM, 3H, 1W	Penambahan pekerja tidak mempengaruhi durasi	-	42	5	7	3 Jam, 3 Jam, 1 Jam				5
I	1M, 2H	4	2 TA, 1SM, 1W, 1H	Berdasarkan historis, berpengaruh terhadap durasi apabila menambah mekanis	Overlocated	28	3	7	3 Jam, 3 Jam, 1 Jam	2	14	Melebihi batas lembur	3
J	1M, 3H	4	2 TA, 1SM, 1W	Berdasarkan historis, berpengaruh terhadap durasi apabila menambah mekanis	Overlocated	28	3	7	3 Jam, 3 Jam, 1 Jam	2	14	Melebihi batas lembur	3

Tabel 4.14 Pengurangan Durasi Berdasarkan Penambahan SDM yang Tersedia dan Penambahan Jam Lembur Aktivitas ID K - P

ID	SDM	Durasi (Hari)	Sisa Pekerja Tersedia	Ket	Penambahan Pekerja	Jam Kerja (Jam)	Pengurangan Durasi (+) Jam		Ket	Pengurangan Durasi (+) Jam		Ket	Hasil Durasi
							Durasi	Durasi		Durasi	Durasi		
K	1 M, 2 H	4	2 TA, 1 SM, 1 W, 1 H	Berdasarkan historis, berpengaruh terhadap durasi apabila menambah mekanis	<i>Overloaded</i>	28	3	7	3 Jam, 3 Jam, 1 Jam	2	14	Melebihi batas lembur	3
L	1 M, 2 H	2	2 TA, 1 SM, 1 W, 1 H	Berdasarkan historis, berpengaruh terhadap durasi apabila menambah mekanis	<i>Overloaded</i>	14	1	7	Melebihi batas lembur				2
M	1 M, 2 H	3	2 TA, 1 SM, 1 W, 1 H	Berdasarkan historis, berpengaruh terhadap durasi apabila menambah mekanis	<i>Overloaded</i>	21	2	7	Melebihi batas lembur				3
N	1 M, 2 H	2	2 TA, 1 SM, 1 W, 1 H	Berdasarkan historis, berpengaruh terhadap durasi apabila menambah mekanis	<i>Overloaded</i>	14	1	7	Melebihi batas lembur				2
O	1 M, 2 H	6	2 TA, 1 SM, 1 W, 1 H	Berdasarkan historis, berpengaruh terhadap durasi apabila menambah mekanis	<i>Overloaded</i>	42	5	7	3 Jam, 3 Jam, 1 Jam	4	14	Melebihi batas lembur	5
P	3 H	3	2 TA, 1 SM, 1 W, 1 M	Berdasarkan historis, berpengaruh terhadap durasi apabila menambah <i>helper</i>	<i>Overloaded</i>	21	2	7	Melebihi batas lembur				3

Tabel 4.15 Pengurangan Durasi Berdasarkan Penambahan SDM yang Tersedia dan Penambahan Jam Lembur Aktivitas ID Q – W

ID	SDM	Durasi (Hari)	Sisa Pekerja Tersedia	Ket	Penambahan Pekerja	Jam Kerja (Jam)	Pengurangan Durasi		Ket	Pengurangan Durasi (+)		Ket	Hasil Durasi
							Durasi	Durasi (+) Jam		Durasi	Durasi (+) Jam		
Q	1 SM, 1 H	2	2TA, 1M, 1W, 2H	Penambahan pekerja tidak mempengaruhi durasi	-	14	1	7	Melebihi batas lembur				2
R	2 H	1	2TA, 1M, 1SM, 1W, 1H	Penambahan pekerja tidak mempengaruhi durasi	-	7							1
S	1 TA, 1 M, 1 SM	5	1 TA, 3H, 1W	Berdasarkan historis penambahan 1 helper durasi menjadi 4 hari	1 H (Located)	35							4
T	1 TA, 2 H	5	1 TA, 1M, 1SM, 1W, 1H	Berdasarkan historis penambahan 1 semi mekanis durasi menjadi 4 hari	Over/located (digunakan aktivitas S)	35	4	7	3 Jam, 3 jam, 1 jam	3	14	Melebihi batas lembur	4
U	2 TA, 1 M, 1 SM	4	3H, 1W	Penambahan pekerja tidak mempengaruhi durasi	-	28	3	7	3 Jam, 3 Jam, 1 Jam	2	14	Melebihi batas lembur	3
V	1W, 1 TA, 3 H	12	1TA, 1M, 1SM	Berdasarkan historis, berpengaruh terhadap durasi apabila menambah <i>welder</i>	Over/located	84	11	7	3 Jam, 3 Jam, 1 Jam	10	14	3 jam, 3 jam, 3 jam, 2 jam	10
W	1 TA, 3 H	3	1TA, 1M, 1SM, 1W	Berdasarkan historis penambahan 1 semi mekanis durasi menjadi 2 hari	1SM (Located)	21							2

Tabel 4.16 Pengurangan Durasi Berdasarkan Penambahan SDM yang Tersedia dan Penambahan Jam Lembur Aktivitas ID X – AC

ID	SDM	Durasi (Hari)	Sisa Pekerja Tersedia	Ket	Penambahan Pekerja	Jam Kerja (Jam)	Pengurangan Durasi		Ket	Pengurangan Durasi (+)		Ket	Hasil Durasi
							Durasi	Durasi (+) Jam		Durasi	Durasi (+) Jam		
X	1W, 3 H	3	2TA, 1M, 1SM	Berdasarkan historis, berpengaruh terhadap durasi apabila menambah welder	Overloaded	21	2	7	Melebihi batas lembur				3
Y	1 TA, 3 H	3	1TA, 1SM, 1W, 1W	Penambahan pekerja tidak mempengaruhi durasi	-	21	2	7	Melebihi batas lembur				3
Z	1W, 3 H	3	2TA, 1M, 1SM	Penambahan pekerja tidak mempengaruhi durasi	-	21	2	7	Melebihi batas lembur				3
AA	1 TA, 1W, 1 SM	3	1TA, 1M, 3H	Penambahan pekerja tidak mempengaruhi durasi	-	21	2	7	Melebihi batas lembur				3
AB	3 H	2	2TA, 1M, 1SM, 1W	Penambahan pekerja tidak mempengaruhi durasi	-	14	1	7	Melebihi batas lembur				2
AC	2 TA, 1 M	1	1SM, 1W, 3H	Penambahan pekerja tidak mempengaruhi durasi	-	7							1

Berdasarkan tabel 4.13, 4.14, 4.15 dan 4.16, aktivitas yang dapat dipercepat yaitu aktivitas E dengan penambahan jam kerja (lembur), aktivitas H dengan penambahan jam kerja (lembur), aktivitas I dengan penambahan jam kerja (lembur), aktivitas J dengan penambahan jam kerja (lembur), aktivitas K dengan penambahan jam kerja (lembur), aktivitas O dengan penambahan jam kerja (lembur), aktivitas S dengan penambahan pekerja yang tersedia yaitu *helper*, aktivitas T dengan penambahan jam kerja (lembur), aktivitas U dengan penambahan jam kerja (lembur), aktivitas V dengan penambahan jam kerja (lembur) dan aktivitas W dengan penambahan pekerja yang tersedia yaitu semi mekanis.

Penambahan tenaga kerja *helper* pada aktivitas S, disesuaikan dengan keahlian *helper* yang memiliki spesialisasi kerja membantu semua aktivitas proyek. Begitu juga pada aktivitas W yang merupakan aktivitas *set up mounting*, dilakukan penambahan pekerja *semi mekanis* pada aktivitas tersebut. Tenaga kerja *semi mekanis* tersebut ditambahkan berdasarkan spesialisasi keahlian yang dimiliki yaitu membantu dalam melakukan *set up*.

Percepatan durasi dilakukan pada aktivitas kritis. Berikut adalah aktivitas kritis berdasarkan penjadwalan sebelum percepatan.

A – H – O – P – S – U – V – W – X – AB – AC

A – H – O – P – S – U – V – Y – Z – AB – AC

A – H – O – P – T – U – V – W – X – AB – AC

A – H – O – P – T – U – V – Y – Z – AB – AC

Apabila aktivitas E dipercepat tidak berpengaruh pada durasi penyelesaian karena aktivitas E bukan merupakan aktivitas kritis. Oleh karena itu aktivitas E tidak perlu untuk dilakukan percepatan. Sedangkan aktivitas H dapat dipercepat karena merupakan aktivitas kritis. Aktivitas I, J dan K tidak perlu dilakukan percepatan karena bukan aktivitas kritis sehingga tidak mempengaruhi durasi penyelesaian proyek. Aktivitas O merupakan aktivitas kritis, oleh karena itu aktivitas O dapat dipercepat. Aktivitas S, T, U dan V dapat dipercepat karena aktivitas tersebut merupakan aktivitas kritis. Sedangkan aktivitas W merupakan aktivitas kritis namun tidak mempengaruhi durasi penyelesaian karena aktivitas W merupakan aktivitas yang diselesaikan secara paralel dengan aktivitas Y, sedangkan aktivitas Y tidak dapat dilakukan percepatan. Oleh karena itu aktivitas W tidak perlu untuk dilakukan percepatan.

Berikut Tabel 4.17 adalah aktivitas-aktivitas yang dipercepat pada proyek “Fabrikasi *Boiler dan Room Dryer*”.

Tabel 4.17 Hasil Pengurangan Durasi Aktivitas

ID	Durasi Awal (Hari)	Durasi Percepatan (Hari)
H	6	5
O	6	5
S	5	4
T	5	4
U	4	3
V	12	10

4.3.4.2 Jaringan Kerja AON (*Activity on Node*) Setelah Percepatan

Jaringan kerja AON percepatan proyek “Fabrikasi *Boiler* dan *Room Dryer*” ditunjukkan pada Gambar 4.18. Berikut salah satu contoh perhitungan ES, EF, LS, LF dan *slack* pada jaringan kerja AON.

Misalnya pada aktivitas P dengan kegiatan pendahulu I, J, K, L, M, N, O. ES (*Early Start*) untuk aktivitas P diperoleh dari waktu paling cepat selesai (EF) dari kegiatan terdahulu. EF aktivitas I = 17, J= 22, K=19, L=15, M=18, N=16 dan O=22. Berdasarkan EF kegiatan pendahulu yang paling lama, maka ES aktivitas P adalah 22.

Sedangkan untuk EF (*Early Finish*) dapat dihitung sebagai berikut:

$$EF(i-j) = ES(i-j) + D(i-j)$$

$$EF_P = 22 + 3 = 25$$

LF (*Late Finish*) untuk aktivitas P didapatkan dari waktu paling lambat mulai (LS) dari kegiatan mendahuluinya yaitu aktivitas Q, R, S dan T. ES aktivitas Q = 27, R=28, S=25, dan T=25. Berdasarkan LS kegiatan mendahuluinya yang paling cepat, maka LF aktivitas P adalah 25.

Sedangkan untuk LS (*Late Start*) dapat dihitung sebagai berikut:

$$LS(i) = LF(i) - D(i)$$

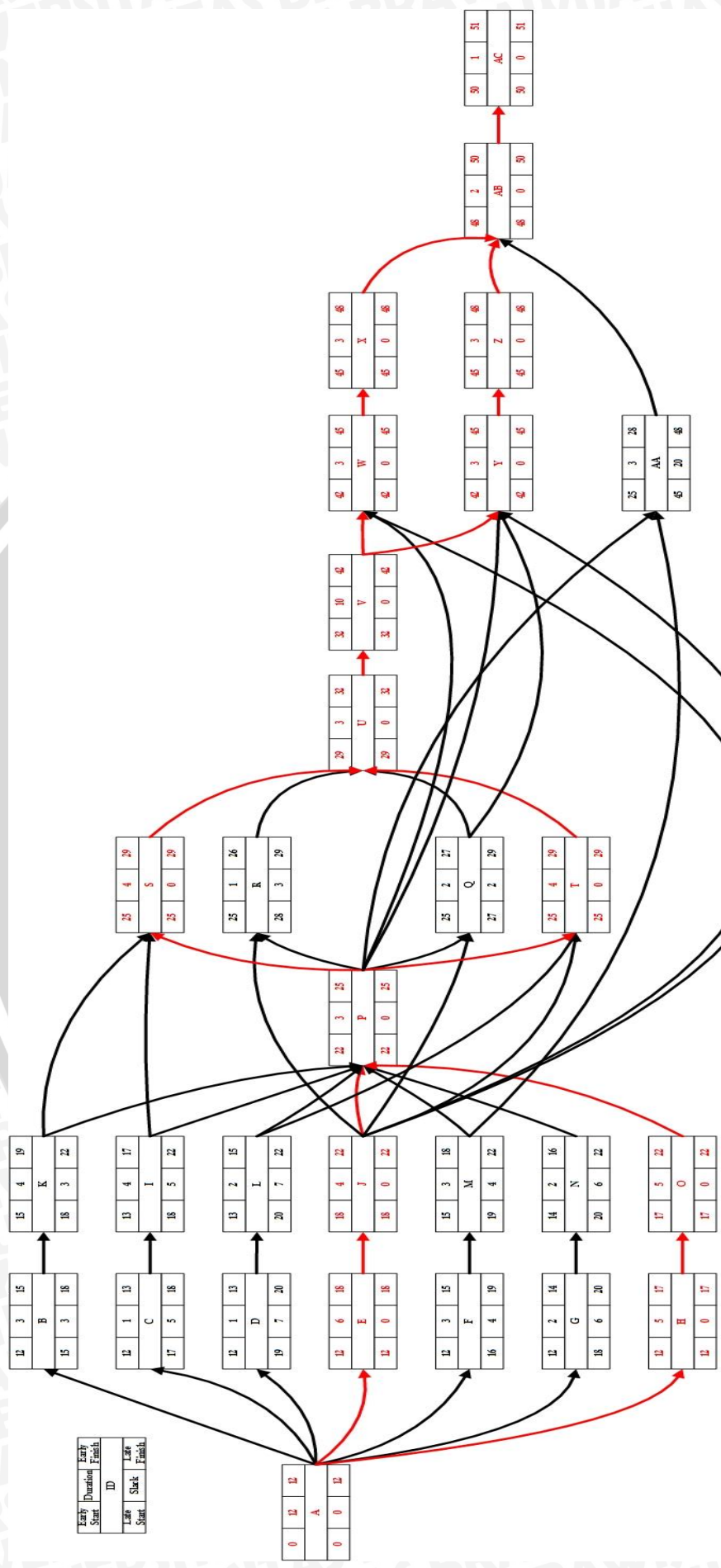
$$LS_P = 25 - 3 = 22$$

Total *Float* atau *slack* aktivitas P:

$$TF = LF - EF = LS - ES$$

$$TF_P = 25 - 25 = 22 - 22$$

$$= 0$$



Gambar 4.18 Jaringan Kerja AON Percepatan Fabrikasi Boiler dan Room Dryer

4.3.4.3 Penentuan Jalur Kritis (*Critical Path*) Setelah Percepatan

Setelah membuat jaringan kerja, maka dapat diketahui jalur kritis pada percepatan proyek “Fabrikasi *Boiler* dan *Room Dryer*”. Tabel 4.18 merupakan daftar aktivitas beserta ES (*Early Start*), EF (*Early Finish*), LS (*Late Start*), LF (*Late Finish*) dan total *slack*.

Tabel 4.18 Daftar Hasil ES (*Early Start*), EF (*Early Finish*), LS (*Late Start*), LF (*Late Finish*) dan Total *Slack* Percepatan Proyek

ID	DUR	ES	EF	LS	LF	TS
A	12	0	12	0	12	0
B	3	12	15	15	18	3
C	1	12	13	17	18	5
D	1	12	13	19	20	7
E	6	12	18	12	18	0
F	3	12	15	12	19	4
G	2	12	14	16	20	6
H	5	12	17	18	17	0
I	4	13	17	12	22	5
J	4	18	22	18	22	0
K	4	15	19	18	22	3
L	2	13	15	20	22	7
M	3	15	18	19	22	4
N	2	14	16	20	22	6
O	5	17	22	17	22	0
P	3	22	25	22	25	0
Q	2	25	27	27	29	2
R	1	25	26	28	29	3
S	4	25	29	25	29	0
T	4	25	29	25	29	0
U	3	29	32	29	32	0
V	10	32	42	32	42	0
W	3	42	45	42	45	0
X	3	45	48	45	48	0
Y	3	42	45	42	45	0
Z	3	45	48	45	48	0
AA	3	25	28	45	48	20
AB	2	48	50	48	50	0
AC	1	50	51	50	51	0

Berdasarkan tabel diatas maka dapat diketahui lintasan kritis berdasarkan aktivitas yang memiliki *slack* 0 (nol) adalah sebagai berikut:

A – E – J – P – S – U – V – W – X – AB – AC

A – E – J – P – S – U – V – Y – Z – AB – AC

A – E – J – P – T – U – V – W – X – AB – AC

A – E – J – P – T – U – V – Y – Z – AB – AC

A – H – O – P – S – U – V – W – X – AB – AC

A – H – O – P – S – U – V – Y – Z – AB – AC

A – H – O – P – T – U – V – W – X – AB – AC

A – H – O – P – T – U – V – Y – Z – AB – AC

Dari semua lintasan kritis baru yang dihasilkan tersebut, tidak ada aktivitas yang dapat dipercepat lagi. Durasi penyelesaian proyek tercepat dapat di hitung dengan penjumlahan durasi dari keseluruhan aktivitas kritis.

$$\text{Waktu Penyelesaian Proyek} = \sum \text{durasi aktivitas kritis}$$

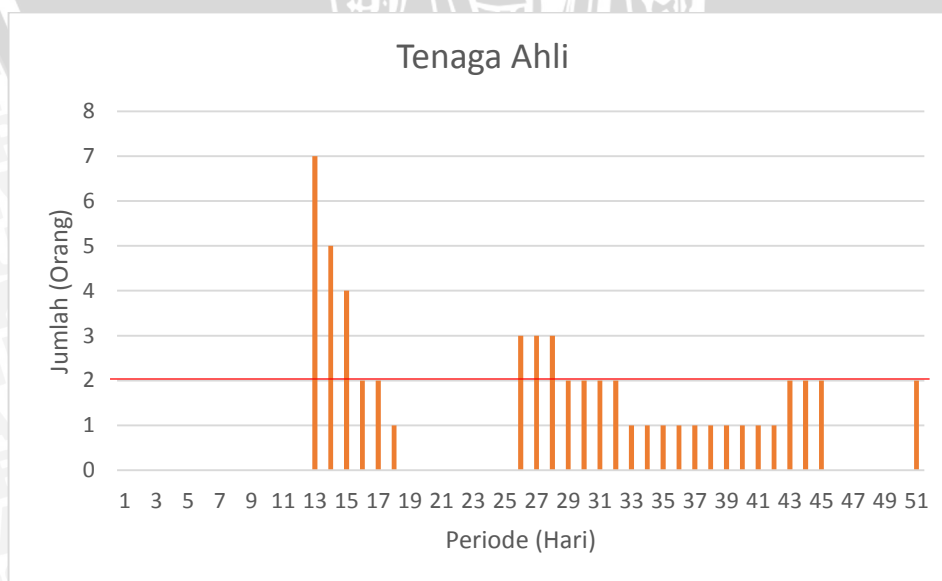
$$\text{Waktu Penyelesaian} = 12 + 5 + 5 + 3 + 4 + 3 + 10 + 3 + 3 + 2 + 1$$

$$\text{Waktu Penyelesaian Proyek} = 51 \text{ Hari}$$

Dari hasil penjumlahan durasi dari keseluruhan aktivitas kritis pada percepatan proyek “Fabrikasi *Boiler* dan *Room Dryer*” didapatkan waktu tercepat untuk penyelesaian proyek adalah 51 hari.

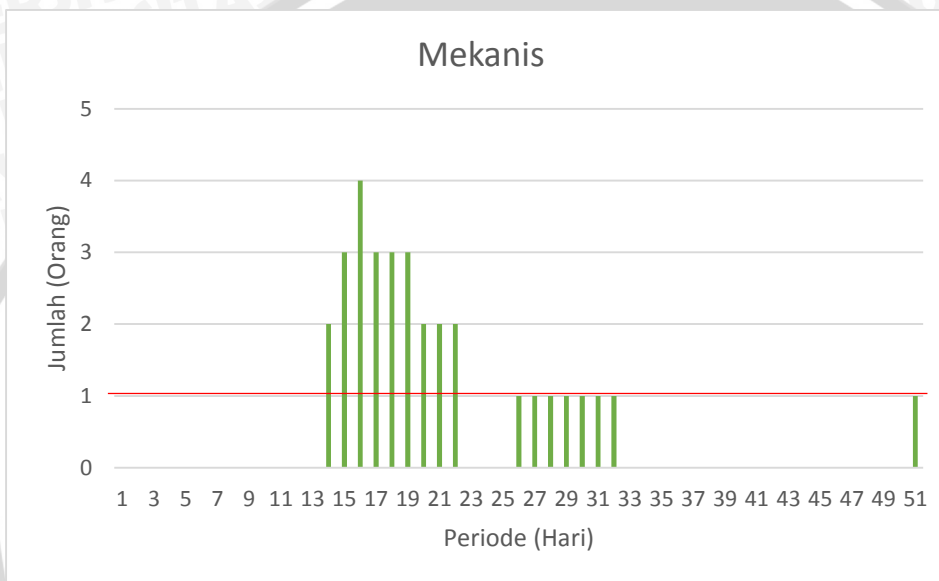
4.3.4.4 Penjadwalan Pekerja Setelah Percepatan

Setelah dilakukan penjadwalan percepatan proyek, tahap selanjutnya adalah melakukan penjadwalan pekerja. Terdapat 5 jenis pekerja yaitu tenaga ahli, mekanis, semi mekanis, *helper* dan *welder*. Setiap pekerja tersebut memiliki keahlian masing-masing. Grafik kebutuhan pekerja tenaga ahli pada percepatan proyek “Fabrikasi *Boiler* dan *Room Dryer*” ditunjukkan pada Gambar 4.19.



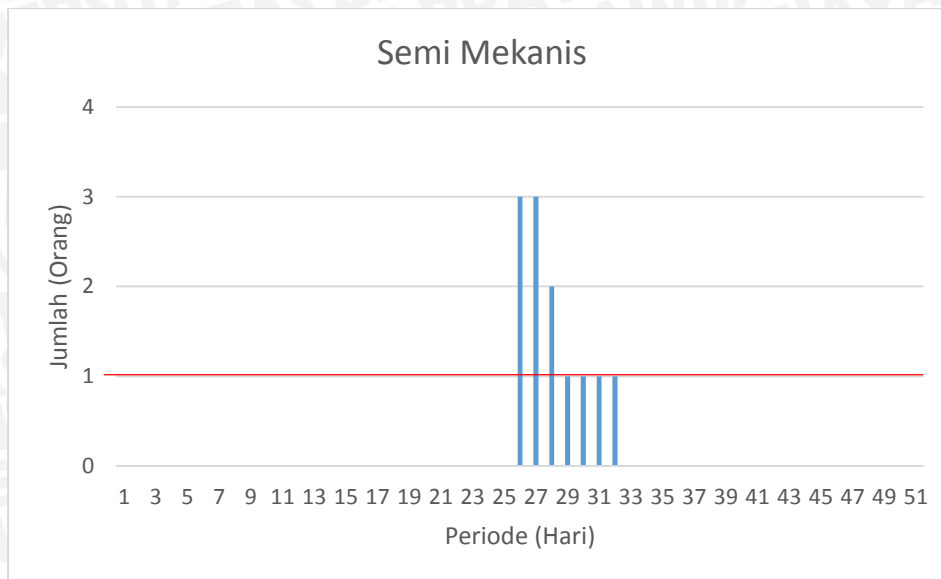
Gambar 4.19 Grafik Kebutuhan Pekerja Tenaga Ahli Percepatan Proyek

Gambar 4.19 adalah adalah grafik kebutuhan sumber daya tenaga ahli, Berdasarkan Gambar 4.19 menunjukkan bahwa pada periode 13 sampai 15 dan 26 sampai 28 mengalami kelebihan alokasi sumber daya tenaga ahli. Pekerja tenaga ahli yang tersedia hanya 2 orang yang ditunjukkan dengan batas garis merah pada Gambar 4.19. Kelebihan alokasi tersebut terjadi pada periode 13 sebanyak 7 orang, periode 14 sebanyak 5 orang, periode 15 sebanyak 4 orang, periode 26, 27 dan 28 sebanyak 3 orang. Sehingga, perlu dilakukan leveling untuk meratakan jumlah kebutuhan sumber daya yang diperlukan.



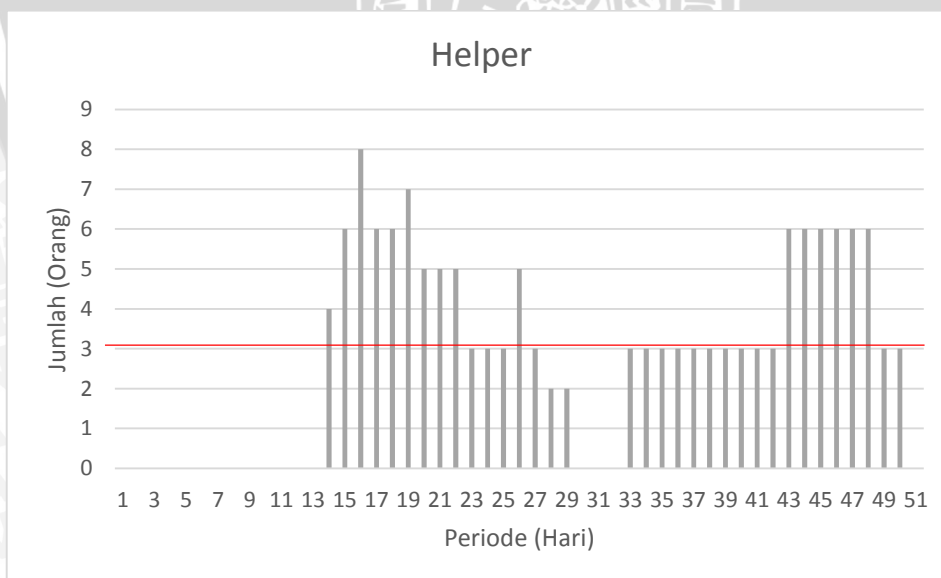
Gambar 4.20 Grafik Kebutuhan Pekerja Mekanis Percepatan Proyek

Berdasarkan Gambar 4.20 menunjukkan bahwa pada periode 14 sampai 22 mengalami kelebihan alokasi sumber daya mekanis. Pekerja mekanis yang tersedia hanya 1 orang yang ditunjukkan dengan batas garis merah pada Gambar 4.20. Kelebihan alokasi tersebut terjadi pada periode 14 sebanyak 2 orang, periode 15 sebanyak 3 orang, periode 16 sebanyak 4 orang, periode 17 sebanyak 3 orang, periode 18 sebanyak 3 orang, periode 19 sebanyak 3 orang, periode 20 sebanyak 2 orang, periode 21 sebanyak 2 orang dan periode 22 sebanyak 2 orang. Sehingga, perlu dilakukan leveling untuk meratakan jumlah kebutuhan sumber daya yang diperlukan.



Gambar 4.21 Grafik Kebutuhan Pekerja Semi Mekanis Percepatan Proyek

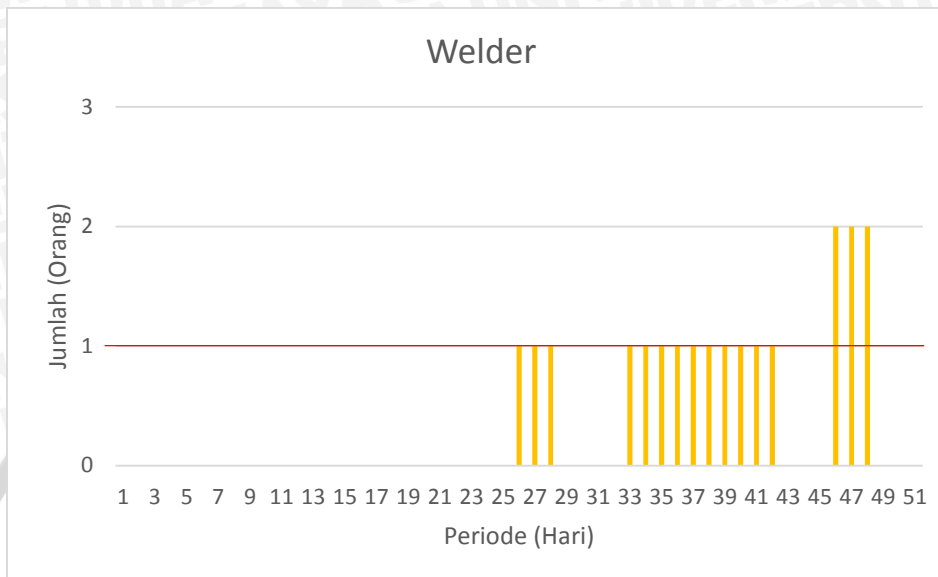
Pada Gambar 4.21 dapat diketahui bahwa pada periode 26 sampai 32 mengalami kelebihan alokasi sumber daya semi mekanis. Sumber daya semi mekanis yang tersedia sebanyak 1 orang yang ditunjukkan dengan batas garis merah pada Gambar 4.21. Kelebihan alokasi tersebut terjadi pada periode 26 sebanyak 3 orang, periode 27 sebanyak 3 orang dan periode 28 sebanyak 2 orang. Sehingga, perlu dilakukan leveling untuk meratakan jumlah kebutuhan sumber daya yang diperlukan.



Gambar 4.22 Grafik Kebutuhan Pekerja *Helper* Percepatan Proyek

Berdasarkan Gambar 4.22 dapat diketahui bahwa pada periode 14 sampai 22, periode 26 dan periode 43 sampai 48 mengalami kelebihan alokasi sumber daya *helper*. Pekerja

helper yang tersedia sebanyak 3 orang yang ditunjukkan dengan batas garis merah pada Gambar 4.22. Sehingga, perlu dilakukan leveling untuk meratakan jumlah kebutuhan sumber daya yang diperlukan.



Gambar 4.23 Grafik Kebutuhan Pekerja *Welder* Percepatan Proyek

Gambar 4.23 adalah grafik kebutuhan sumber daya *welder*. Berdasarkan Gambar 4.22 menunjukkan bahwa pada periode 46 sampai 48 mengalami kelebihan alokasi sumber daya *welder*. Pekerja *welder* yang tersedia hanya 1 orang yang ditunjukkan pada batas garis merah pada Gambar 4.23. Kelebihan alokasi tersebut terjadi pada periode 46 sampai 48 sebanyak 2 orang. Sehingga, perlu dilakukan leveling untuk meratakan jumlah kebutuhan sumber daya yang diperlukan.

Karena semua jenis pekerja mengalami *overlocated* maka perlu dilakukan *resource leveling*. Berdasarkan penjadwalan yang dilakukan dengan metode CPM, selanjutnya dilakukan pembuatan *gant chart* yang dilengkapi dengan kebutuhan sumber daya per periode. Gambar 4.24 adalah *gant chart* aktivitas A – O yang dilengkapi kebutuhan sumber daya di setiap periode mulai periode 12 – 18. Periode pengerjaan setiap ID aktivitas dan *slack* yang tersedia ditunjukkan melalui baris yang berwarna kuning. Sedangkan untuk jumlah sumber daya yang dibutuhkan di setiap periode dan setiap keahlian ditunjukkan pada baris hijau. Misalnya untuk aktivitas B, *resource* yang dibutuhkan terdiri dari 1 tenaga ahli (1TA). Aktivitas ini dapat diselesaikan dengan durasi selama 3 hari. *Early Start* aktivitas B adalah 12, menunjukkan bahwa aktivitas B dimulai paling cepat saat periode ke 12, sedangkan *Latest Finish* aktivitas B adalah 18 yang

menunjukkan bahwa aktivitas B paling lambat dapat diselesaikan pada periode ke 18, tanpa mempengaruhi durasi akhir penyelesaian proyek. Sehingga *slack* aktivitas B adalah 3 yang artinya aktivitas B dapat ditunda 3 periode (hari) namun tidak mempengaruhi durasi akhir penyelesaian proyek. Kebutuhan sumber daya aktivitas B yaitu 1 tenaga ahli (1TA) dituliskan pada baris kuning yang menunjukkan durasi dan periode penyelesaian aktivitas B. Jumlah sumber daya yang dituliskan pada baris kuning, disesuaikan dengan durasi lama penyelesaian aktivitas tersebut dan jenis keahlian yang dibutuhkan. Setelah semua sumber daya setiap aktivitas dituliskan pada baris kuning, selanjutnya dilakukan penjumlahan sumber daya setiap keahlian per periode. Misalnya untuk periode 12 – 13 dengan aktivitas A – O, pekerja tenaga ahli yang dibutuhkan sebanyak 7 orang, sedangkan yang tersedia hanya 2 orang. Oleh karena itu perlu dilakukan perataan sumber daya dengan langkah-langkah yang diuraikan pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19 Tindakan Perataan Sumber Daya Periode 12 – 13 Setelah Percepatan

Periode	Tindakan
12 – 13	<p>Aktivitas B, C, D, E, F, G, H melebihi batasan 2 TA (Tenaga Ahli). Aktivitas H memiliki <i>slack</i> paling rendah (0) – Terapkan aturan 1. Masukkan aktivitas H ke dalam jadwal. Tersisa 1 Tenaga Ahli, aktivitas E memiliki <i>slack</i> = 2 (paling rendah setelah aktivitas H) – Terapkan aturan 1. Masukkan aktivitas E ke dalam jadwal. Tunda aktivitas B. Perbarui ES = 13, <i>slack</i> = 2 Tunda aktivitas K yang memiliki aktivitas pendahulu B. Perbarui ES = 16, <i>slack</i> = 2 Tunda aktivitas C. Perbarui ES = 13, <i>slack</i> = 4 Tunda aktivitas I yang memiliki aktivitas pendahulu C. Perbarui ES = 14, <i>slack</i> = 4 Tunda aktivitas D. Perbarui ES = 13, <i>slack</i> = 6 Tunda aktivitas L yang memiliki aktivitas pendahulu D. Perbarui ES = 14, <i>slack</i> = 6 Tunda aktivitas F. Perbarui ES = 13, <i>slack</i> = 3 Tunda aktivitas M yang memiliki aktivitas pendahulu F. Perbarui ES = 16, <i>slack</i> = 3 Tunda aktivitas G. Perbarui ES = 13, <i>slack</i> = 5 Tunda aktivitas N yang memiliki aktivitas pendahulu G. Perbarui ES = 15, <i>slack</i> = 5</p>

(Hasil pada Gambar 4.25)

Setelah dilakukan perataan sumber daya pada periode 12 – 13, hasil dari perataan sumber daya tersebut disajikan pada Gambar 4.25. Pada gambar 4.25 dapat diketahui bahwa pada aktivitas B terjadi penundaan jadwal, sehingga aktivitas B dimulai pada periode 13 dan *slack* yang tersedia berkurang menjadi 2 periode (hari). Begitu pula pada aktivitas C, D, F dan G juga mengalami penundaan, sehingga *slack* dari setiap aktivitas

tersebut berkurang satu periode (hari). Total sumber daya yang dibutuhkan pada periode 12 – 13 untuk pekerja tenaga ahli sebanyak 2 orang dan untuk jenis pekerja lainnya tidak ada yang dibutuhkan pada periode tersebut, sehingga pada periode 12 – 13 tidak terjadi kelebihan sumber daya. Selanjutnya perlu dilakukan perataan sumber daya pada periode 13 – 14 karena terjadi kelebihan alokasi sumber daya. Langkah-langkah perataan tersebut diuraikan pada Tabel 4.20..

Tabel 4.20 Tindakan Perataan Sumber Daya Periode 13 – 14 Setelah Percepatan

Periode	Tindakan
13 – 14	Aktivitas H layak, masukkan aktivitas H ke dalam jadwal. Aktivitas E layak, masukkan aktivitas E ke dalam jadwal. Tunda aktivitas B. Perbarui ES = 14, <i>slack</i> = 1 Tunda aktivitas K yang memiliki aktivitas pendahulu B. Perbarui ES = 17, <i>slack</i> = 1 Tunda aktivitas C. Perbarui ES = 14, <i>slack</i> = 3 Tunda aktivitas I yang memiliki aktivitas pendahulu C. Perbarui ES = 15, <i>slack</i> = 3 Tunda aktivitas D. Perbarui ES = 14, <i>slack</i> = 5 Tunda aktivitas L yang memiliki aktivitas pendahulu D. Perbarui ES = 15, <i>slack</i> = 5 Tunda aktivitas F. Perbarui ES = 14, <i>slack</i> = 2 Tunda aktivitas M yang memiliki aktivitas pendahulu F. Perbarui ES = 17, <i>slack</i> = 2 Tunda aktivitas G. Perbarui ES = 14, <i>slack</i> = 4 Tunda aktivitas N yang memiliki aktivitas pendahulu G. Perbarui ES = 16, <i>slack</i> = 4 (Hasil pada Gambar 4.26)

Gambar 4.26 merupakan hasil perataan sumber daya pada periode 13 – 14. Setelah dilakukan perataan sumber daya pada periode 13 – 14, aktivitas B mengalami penundaan jadwal sehingga aktivitas B dimulai pada periode 14 dan *slack* yang tersedia berkurang menjadi 1 periode (hari). Begitu juga pada aktivitas C, D, F dan G mengalami penundaan, sehingga *slack* dari setiap aktivitas tersebut berkurang satu periode (hari). Setelah dilakukan perataan sumber daya pada periode 13 – 14, jumlah sumber daya yang dibutuhkan pada periode 13 – 14 yaitu 2 tenaga ahli. Kebutuhan tersebut dapat dipenuhi karena jumlah tenaga ahli yang tersedia sebanyak 2 orang. Sehingga tidak terjadi kelebihan alokasi sumber daya pada periode 13 – 14. Selanjutnya perlu dilakukan perataan sumber daya pada periode 14 – 15 karena terjadi kelebihan alokasi sumber daya. Langkah – langkah perataan tersebut diuraikan pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21 Tindakan Perataan Sumber Daya Periode 14 – 15 Setelah Percepatan

Periode	Tindakan
14 – 15	Aktivitas H layak, masukkan aktivitas H ke dalam jadwal. Aktivitas E layak, masukkan aktivitas E ke dalam jadwal. Tunda aktivitas B. Perbarui ES = 15, <i>slack</i> = 0 Tunda aktivitas K yang memiliki aktivitas pendahulu B. Perbarui ES = 18, <i>slack</i> = 0 Tunda aktivitas C. Perbarui ES = 15, <i>slack</i> = 2 Tunda aktivitas I yang memiliki aktivitas pendahulu C. Perbarui ES = 16, <i>slack</i> = 2 Tunda aktivitas D. Perbarui ES = 15, <i>slack</i> = 4 Tunda aktivitas L yang memiliki aktivitas pendahulu D. Perbarui ES = 16, <i>slack</i> = 4 Tunda aktivitas F. Perbarui ES = 15, <i>slack</i> = 1 Tunda aktivitas M yang memiliki aktivitas pendahulu F. Perbarui ES = 18, <i>slack</i> = 1 Tunda aktivitas G. Perbarui ES = 15, <i>slack</i> = 3 Tunda aktivitas N yang memiliki aktivitas pendahulu G. Perbarui ES = 17, <i>slack</i> = 3 (Hasil pada Gambar 4.27)

Setelah dilakukan perataan sumber daya pada periode 14 – 15, hasil perataan tersebut disajikan pada Gambar 4.27. Berdasarkan Gambar 4.27 dapat diketahui bahwa aktivitas B mengalami penundaan jadwal, sehingga aktivitas B dapat dimulai pada periode 15 dan *slack* yang tersedia sudah tidak ada atau 0. Begitu pula untuk aktivitas C, D, F dan G juga mengalami penundaan jadwal sehingga aktivitas tersebut dimulai pada periode 15. Jumlah sumber daya yang dibutuhkan pada periode 14 – 15 yaitu 2 tenaga ahli. Kebutuhan tersebut dapat dipenuhi karena jumlah tenaga ahli yang tersedia sebanyak 2 orang. Sehingga tidak terjadi kelebihan alokasi sumber daya pada periode 14 – 15.

Setelah itu, perlu dilakukan perataan sumber daya pada periode 15 dan seterusnya hingga jumlah sumber daya yang dialokasikan tidak melebihi batas yang tersedia. Perataan sumber daya (*Resource Leveling*) untuk keseluruhan aktivitas dilampirkan pada Lampiran 3. Berdasarkan hasil perataan sumber daya seluruh aktivitas pada Lampiran 3, dihasilkan bahwa durasi penyelesaian proyek “Fabrikasi *Boiler* dan *Room Dryer*” dengan percepatan dapat diselesaikan selama 78 hari.

ID	RES	DUR	ES	LF	TS	13				14				15				16				17				18										
						TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W						
A	-	12	0	12	0																															
B	1TA	3	12	18	3	1					1																									
C	1TA	1	12	18	5	1																														
D	1TA	1	12	20	7	1																														
E	1TA	6	12	18	0	1					1											1														
F	1TA	3	12	19	4	1					1																									
G	1TA	2	12	20	6	1					1																									
H	1TA	5	12	17	0	1					1																									
I	1M,2H	4	13	22	5						1		2					1		2																
J	1M,3H	4	18	22	0																															
K	1M,2H	4	15	22	3													1		2																
L	1M,2H	2	13	22	7						1		2																							
M	1M,2H	3	15	22	4													1		2																
N	1M,2H	2	14	22	6													1		2																
O	1M,2H	5	17	22	0																															
JUNLAH SUMBER DAYA (ORANG)						7	0	0	0	0	5	2	0	4	0	4	0	3	0	6	0	2	4	0	8	0	2	3	0	6	0	1	3	0	6	0

Gambar 4.24 Penggunaan Sumber Daya Periode 12 – 18 Percepatan Proyek

ID	RES	DUR	ES	LF	TS	13				14				15				16				17				18											
						TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W							
A.	-	12	0	12	0																																
B	1TA	3	13	18	2						1																										
C	1TA	1	13	18	4						1																										
D	1TA	1	13	20	6						1																										
E	1TA	6	12	18	0	1																															
F	1TA	3	13	19	3						1																										
G	1TA	2	13	20	5						1																										
H	1TA	5	12	17	0	1																															
I	1M,2H	4	14	22	4							1																									
J	1M,3H	4	18	22	0																																
K	1M,2H	4	16	22	2																																
L	1M,2H	2	14	22	6							1																									
M	1M,2H	3	16	22	3																																
N	1M,2H	2	15	22	5																																
O	1M,2H	5	17	22	0																																
JUMLAH SUMBER DAYA (ORANG)						2	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	4	0	4	0	4	0	2	4	0	6	0	2	4	0	8	0	1	4	0	8	0

Gambar 4.25 Perataan Sumber Daya Percepatan Proyek Periode 12 – 13

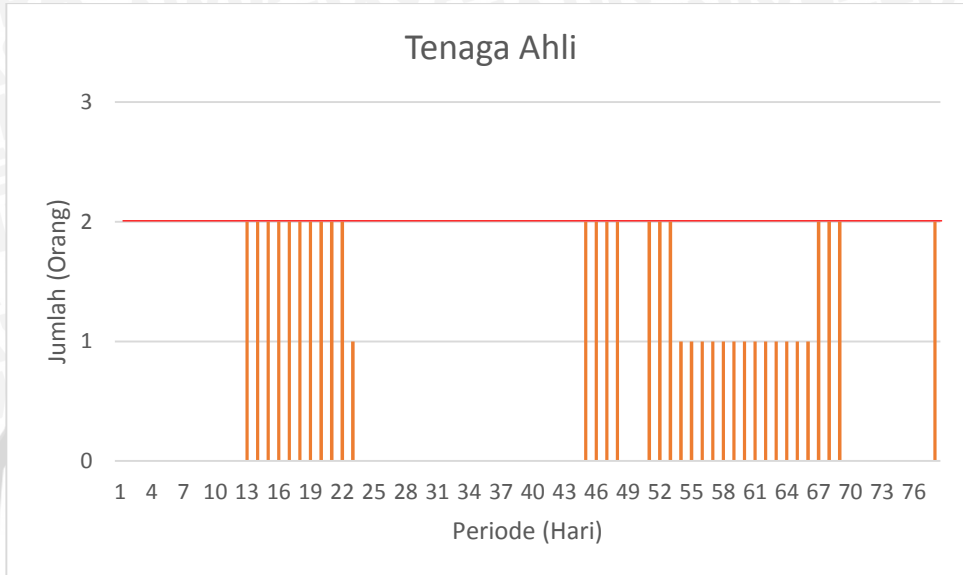
ID	RES	DUR	ES	LF	TS	14			15			16			17			18			19											
						TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W							
A	-	12	0	12	0																											
B	1TA	3	14	18	1	1						1																				
C	1TA	1	14	18	3	1																										
D	1TA	1	14	20	5	1																										
E	1TA	6	12	18	0	1							1																			
F	1TA	3	14	19	2	1																										
G	1TA	2	14	20	4	1																										
H	1TA	5	12	17	0	1																										
I	1M,2H	4	15	22	3						1																					
J	1M,3H	4	18	22	0																											
K	1M,2H	4	17	22	2																											
L	1M,2H	2	15	22	5						1																					
M	1M,2H	3	17	22	2																											
N	1M,2H	2	16	22	4																											
O	1M,2H	5	17	22	0																											
JUMLAH SUMBER DAYA (ORANG)						2	0	0	0	0	0	0	0	5	2	0	4	0	4	0	4	3	0	6	0	1	4	0	8	0	8	0

Gambar 4.26 Perataan Sumber Daya Percepatan Proyek Periode 13 – 14

ID	RES	DUR	ES	LF	TS	15				16				17				18				19				20														
						TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W										
A	-	12	0	12	0																																			
B	1TA	3	15	18	0		1																																	
C	1TA	1	15	18	2		1																																	
D	1TA	1	15	20	4		1																																	
E	1TA	6	12	18	0	1																																		
F	1TA	3	15	19	1		1																																	
G	1TA	2	15	20	3		1																																	
H	1TA	5	12	17	0	1																																		
I	1M,2H	4	16	22	2								1																											
J	1M,3H	4	18	22	0																																			
K	1M,2H	4	18	22	1																																			
L	1M,2H	2	16	22	3																																			
M	1M,2H	3	18	22	0																																			
N	1M,2H	2	17	22	3																																			
O	1M,2H	5	18	22	0																																			
JUMLAH SUMBER DAYA (ORANG)						2	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	5	2	0	4	0	3	3	0	6	0	0	0	0	6	0	4	0	8	0		

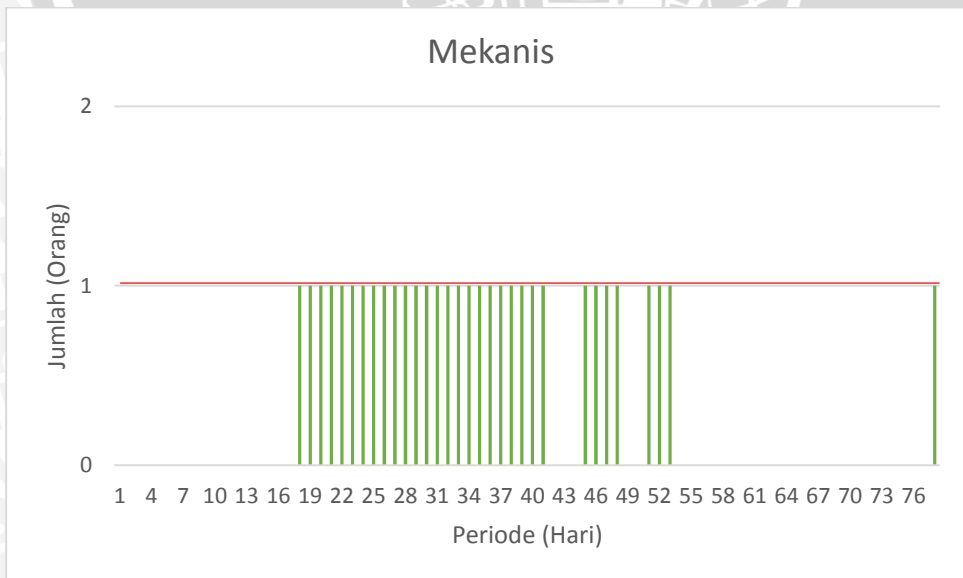
Gambar 4.27 Perataan Sumber Daya Percepatan Proyek Periode 14 – 15

Setelah dilakukan perataan sumber daya, selanjutnya disajikan grafik kebutuhan sumber daya setiap jenis pekerja setelah penjadwalan dengan percepatan. Gambar 4.28 menunjukkan grafik kebutuhan tenaga ahli setelah dilakukan perataan sumber daya (*Resource Leveling*).



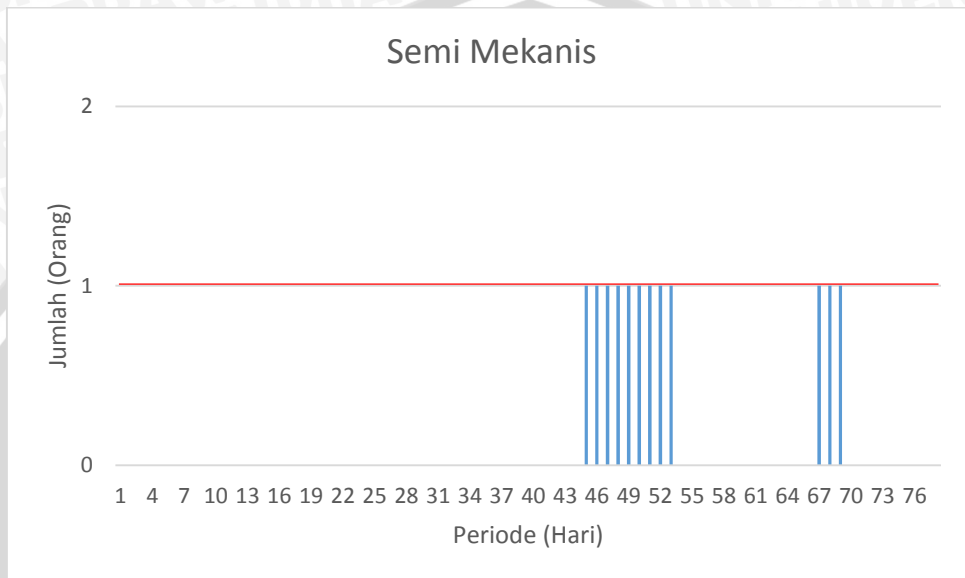
Gambar 4.28 Grafik Kebutuhan Tenaga Ahli Percepatan Proyek

Tenaga ahli yang tersedia sebanyak 2 orang. Berdasarkan Gambar 4.28 dapat diketahui bahwa penjadwalan pekerja tenaga ahli tidak mengalami kelebihan alokasi atau tidak ada yang melebihi dari 2 orang.



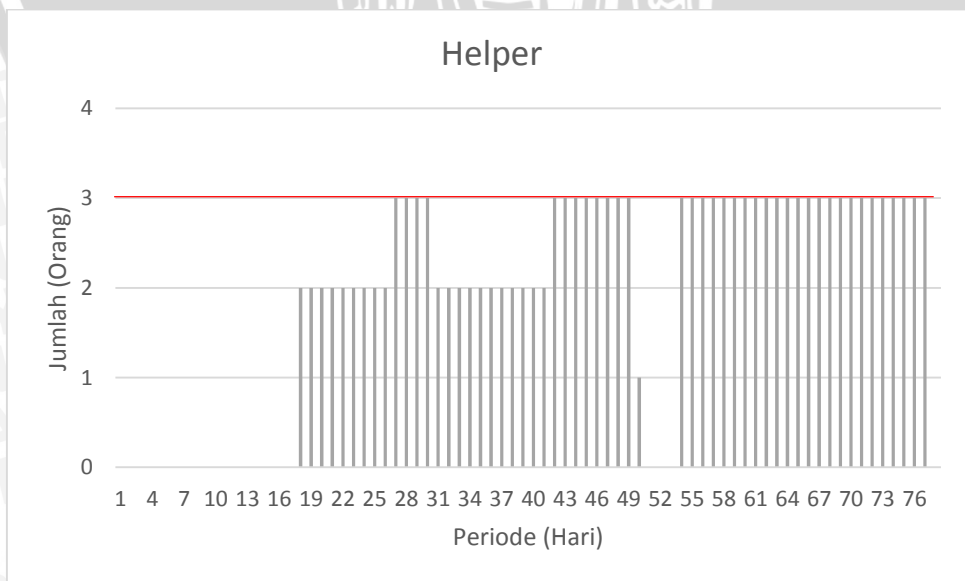
Gambar 4.29 Grafik Kebutuhan Mekanis Percepatan Proyek

Gambar 4.29 merupakan grafik kebutuhan pekerja mekanis setelah dilakukan perataan sumber daya (*Resource Leveling*). Sumber daya yang tersedia hanya 1 orang yang ditunjukkan pada Gambar 4.29 sebagai batas garis merah. Berdasarkan grafik tersebut menunjukkan bahwa penjadwalan pekerja mekanis tidak mengalami kelebihan alokasi.



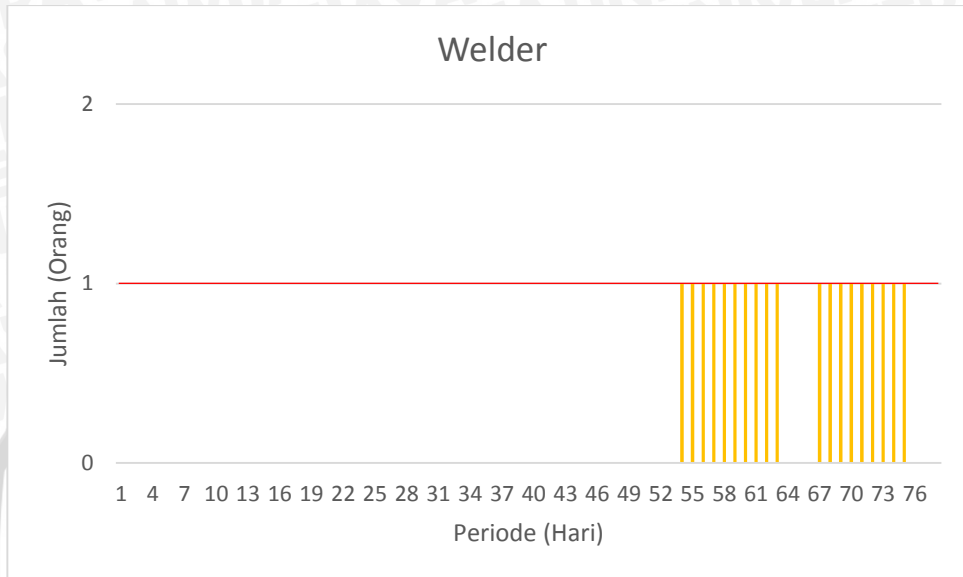
Gambar 4.30 Grafik Kebutuhan Semi Mekanis Percepatan Proyek

Berdasarkan Gambar 4.30 merupakan grafik kebutuhan pekerja semi mekanis setelah dilakukan perataan sumber daya (*Resource Leveling*). Pekerja semi mekanis yang tersedia sebanyak 1 orang. Berdasarkan grafik tersebut menunjukkan bahwa penjadwalan pekerja semi mekanis tidak mengalami kelebihan alokasi.



Gambar 4.31 Grafik Kebutuhan Helper Percepatan Proyek

Gambar 4.31 merupakan grafik kebutuhan pekerja *helper* setelah dilakukan perataan sumber daya (*Resource Leveling*). Batas maksimum kebutuhan pekerja *helper* sebanyak 3 orang. Berdasarkan grafik tersebut menunjukkan bahwa penjadwalan pekerja *helper* tidak mengalami kelebihan alokasi.



Gambar 4.32 Grafik Kebutuhan *Welder* Percepatan Proyek

Gambar 4.32 merupakan grafik kebutuhan pekerja *welder* setelah dilakukan perataan sumber daya (*Resource Leveling*). Maksimum pekerja *welder* yang tersedia sebanyak 1 orang. Berdasarkan grafik tersebut menunjukkan bahwa penjadwalan pekerja *welder* tidak mengalami kelebihan alokasi.

Tabel 4.22 menunjukkan hasil perbedaan penjadwalan ulang dengan metode CPM dengan *Resource Leveling* (sebelum percepatan) dan penjadwalan dengan percepatan durasi proyek.

Tabel 4.22 Perbandingan Durasi Penjadwalan Proyek dan Percepatan Proyek

Penjadwalan Ulang dengan Metode CPM dengan <i>Resource Leveling</i>	Percepatan Proyek	Durasi Percepatan
84 Hari	78 Hari	6 Hari

Berdasarkan Tabel 4.22 dapat diketahui bahwa dengan menggunakan tambahan sumber daya atau penambahan jam kerja (lembur) dapat mengurangi durasi selama 6 hari menjadi 78 hari. Perubahan durasi tersebut terjadi pada aktivitas H dengan melakukan penambahan jam kerja (lembur) selama 7 jam yang dibagi dalam 3 hari kerja, aktivitas O dengan melakukan penambahan jam kerja (lembur) selama 7 jam yang dibagi dalam 3

hari kerja, aktivitas S dengan menambahkan 1 pekerja yang tersedia yaitu *helper*, aktivitas T dengan melakukan penambahan jam kerja (lembur) selama 7 jam yang dibagi dalam 3 hari kerja, aktivitas U dengan melakukan penambahan jam kerja (lembur) selama 7 jam yang dibagi dalam 3 hari kerja dan aktivitas V dengan melakukan penambahan jam kerja (lembur) selama 14 jam yang dibagi dalam 5 hari kerja.

4.3.5 Perhitungan Biaya

Perhitungan biaya proyek terdiri dari perhitungan biaya penjadwalan proyek sebelum percepatan dan setelah percepatan. Biaya yang diperhitungkan merupakan biaya material dan biaya tenaga kerja.

4.3.5.1 Perhitungan Biaya Proyek Sebelum Percepatan

Tabel 4.23 adalah Tabel penggunaan tenaga kerja proyek “Fabrikasi *Boiler* dan *Room Dryer*” pada periode 18 sampai periode 20.

Tabel 4.23 Penggunaan Tenaga Kerja pada Periode 18 – 20 Sebelum Percepatan

Periode	Tenaga Kerja				
	TA	M	SM	H	W
18	2	0	0	0	0
19	2	1	0	2	0
20	2	1	0	2	0

Berdasarkan Tabel 4.23 maka dapat dihitung biaya tenaga kerja periode 18 – 20.

1. Periode 18

Tenaga kerja yang digunakan adalah 2 TA (Tenaga ahli)

$$\begin{aligned} \text{Biaya tenaga kerja periode 18} &= 2 \times \text{biaya tenaga ahli / hari} \\ &= 2 \times 100.000 \\ &= \text{Rp } 200.000 \end{aligned}$$

2. Periode 19

Tenaga kerja yang digunakan adalah 2 TA (Tenaga Ahli), 1 M (Mekanis) dan 2 H (*Helper*)

$$\begin{aligned} \text{Biaya tenaga kerja periode 19} &= (2 \times \text{biaya Tenaga ahli / hari}) + (1 \times \text{biaya mekanis} \\ &\quad / \text{hari}) + (2 \times \text{biaya helper / hari}) \\ &= (2 \times 100.000) + (1 \times 80.000) + (2 \times 50.000) \\ &= \text{Rp } 380.000 \end{aligned}$$

3. Periode 20

Tenaga kerja yang digunakan adalah 2 TA (Tenaga Ahli), 1 M (Mekanis) dan 2 H (*Helper*)

$$\begin{aligned} \text{Biaya tenaga kerja periode 20} &= (2 \times \text{biaya Tenaga ahli / hari}) + (1 \times \text{biaya mekanis} \\ &\quad / \text{hari}) + (2 \times \text{biaya helper / hari}) \\ &= (2 \times 100.000) + (1 \times 80.000) + (2 \times 50.000) \\ &= \text{Rp } 380.000 \end{aligned}$$

Durasi penyelesaian proyek adalah 84 hari, maka perhitungan biaya pekerja dilakukan hingga periode ke 84. Rincian hasil perhitungan biaya per periode dilampirkan pada Lampiran 4. Total biaya tenaga kerja keseluruhan adalah Rp 19.790.000

Sehingga total biaya proyek (biaya material dan biaya tenaga kerja) proyek “Fabrikasi *Boiler* dan *Room Dryer*” adalah sebagai berikut:

Tabel 4.24 Biaya Proyek “Fabrikasi *Boiler* dan *Room Dryer*” Sebelum Percepatan

No	Jenis Biaya	Jumlah
1	Biaya Material	Rp 90.000.000
2	Biaya Tenaga Kerja	Rp 19.790.000
	Total Biaya	Rp 109.790.000

4.3.5.2 Perhitungan Biaya Proyek Setelah Percepatan

Tabel 4.25 adalah Tabel penggunaan tenaga kerja percepatan proyek “Fabrikasi *Boiler* dan *Room Dryer*” pada periode 18 sampai periode 20.

Tabel 4.25 Penggunaan Tenaga Kerja pada Periode 18 - 20 Setelah Percepatan

Periode	Tenaga Kerja									
	TA	Lembur (Jam)	M	Lembur (Jam)	SM	Lembur (Jam)	H	Lembur (Jam)	W	Lembur (Jam)
18	2	0	1	3	0	0	2	3	0	0
19	2	0	1	3	0	0	2	3	0	0
20	2	0	1	1	0	0	2	1	0	0

Berdasarkan Tabel 4.25 maka dapat dihitung biaya tenaga kerja periode 18 – 20.

1. Periode 18

Tenaga kerja yang digunakan adalah 2 TA (Tenaga Ahli), 1 M (Mekanis) dan 2 H (*Helper*)

$$\begin{aligned} \text{Biaya tenaga kerja periode 18} &= (2 \times \text{biaya Tenaga ahli / hari}) + (1 \times \text{biaya} \\ &\quad \text{mekanis / hari}) + (2 \times \text{biaya helper / hari}) \\ &= (2 \times 100.000) + (1 \times 80.000) + (2 \times 50.000) \\ &= \text{Rp } 380.000 \end{aligned}$$

Tenaga kerja yang lembur adalah 1 M (1 Mekanis) selama 3 Jam dan 2 H (2 *Helper*) selama 3 Jam

$$\begin{aligned} \text{Biaya lembur periode 18} &= \left(1 \times 3 \text{ jam} \times \frac{80,000}{8}\right) + \left(2 \times 3 \text{ jam} \times \frac{50,000}{8}\right) \\ &= 30.000 + 37.500 \\ &= \text{Rp } 67.500 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya konsumsi periode 18} &= 3 \times 15.000 \\ &= \text{Rp } 45.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya total tenaga kerja} &= 380.000 + 67.500 + 45.000 \\ &= \text{Rp } 492.500 \end{aligned}$$

2. Periode 19

Tenaga kerja yang digunakan adalah 2 TA (Tenaga Ahli), 1 M (Mekanis) dan 2 H (*Helper*)

$$\begin{aligned} \text{Biaya tenaga kerja periode 19} &= (2 \times \text{biaya Tenaga ahli / hari}) + (1 \times \text{biaya} \\ &\quad \text{mekanis / hari}) + (2 \times \text{biaya helper / hari}) \\ &= (2 \times 100.000) + (1 \times 80.000) + (2 \times 50.000) \\ &= \text{Rp } 380.000 \end{aligned}$$

Tenaga kerja yang lembur adalah 1 M (1 Mekanis) selama 3 Jam dan 2 H (2 *Helper*) selama 3 Jam

$$\begin{aligned} \text{Biaya lembur periode 19} &= \left(1 \times 3 \text{ jam} \times \frac{80,000}{8}\right) + \left(2 \times 3 \text{ jam} \times \frac{50,000}{8}\right) \\ &= 30.000 + 37.500 \\ &= \text{Rp } 67.500 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya konsumsi periode 19} &= 3 \times 15.000 \\ &= \text{Rp } 45.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya total tenaga kerja} &= 380.000 + 67.500 + 45.000 \\ &= \text{Rp } 492.500 \end{aligned}$$

3. Periode 20

Tenaga kerja yang digunakan adalah 2 TA (Tenaga Ahli), 1 M (Mekanis) dan 2 H (*Helper*)

$$\begin{aligned} \text{Biaya tenaga kerja periode 20} &= (2 \times \text{biaya Tenaga ahli / hari}) + (1 \times \text{biaya} \\ &\quad \text{mekanis / hari}) + (2 \times \text{biaya helper / hari}) \\ &= (2 \times 100.000) + (1 \times 80.000) + (2 \times 50.000) \\ &= \text{Rp } 380.000 \end{aligned}$$

Tenaga kerja yang lembur adalah 1 M (1 Mekanis) selama 1 Jam dan 2 H (2 *Helper*) selama 1 Jam

$$\begin{aligned} \text{Biaya lembur periode 20} &= \left(1 \times 1 \text{ jam} \times \frac{80.000}{8}\right) + \left(2 \times 1 \text{ jam} \times \frac{50.000}{8}\right) \\ &= 10.000 + 12.500 \\ &= \text{Rp } 22.500 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya total tenaga kerja} &= 380.000 + 22.500 \\ &= \text{Rp } 402.500 \end{aligned}$$

Durasi penyelesaian percepatan proyek adalah 78 hari, maka perhitungan biaya pekerja dilakukan hingga periode ke 78. Rincian hasil perhitungan biaya per periode dilampirkan pada Lampiran 5. Total biaya tenaga kerja keseluruhan adalah Rp20.273.750.

Sehingga total biaya proyek (biaya material dan biaya tenaga kerja) proyek “Fabrikasi *Boiler* dan *Room Dryer*” adalah sebagai berikut:

Tabel 4.26 Biaya Percepatan Proyek “Fabrikasi *Boiler* dan *Room Dryer*”

No	Jenis Biaya	Jumlah
1	Biaya Material	Rp 90.000.000
2	Biaya Tenaga Kerja	Rp 20.273.750
	Total Biaya	Rp 110.273.750

4.3.5.3 Analisis Biaya Sebelum dan Sesudah Percepatan Proyek

Setelah dilakukan perhitungan biaya proyek sebelum dan sesudah percepatan, berikut Tabel 4.27 merupakan tabel perbandingan biaya sebelum dan sesudah percepatan proyek.

Tabel 4.27 Perbandingan Biaya Sebelum Dan Sesudah Percepatan Proyek

No	Proyek	Durasi	Keterangan	Biaya Material	Biaya Tenaga Kerja	Total Biaya
1	Sebelum Percepatan	84 hari	-	90.000.000	19.790.000	Rp109.790.000
2	Sesudah Percepatan	78 hari	Dengan tambahan lembur dan sumber daya tersedia	90.000.000	20.273.750	Rp110.273.750

Berdasarkan tabel 4.27 dapat dilihat bahwa proyek yang dijadwalkan tanpa percepatan dapat diselesaikan selama 84 hari dengan biaya tenaga kerja Rp 19.790.000 dan total biaya (biaya material dan tenaga kerja) sebanyak Rp 109.790.000. Sedangkan proyek setelah percepatan dapat diselesaikan selama 78 hari dengan biaya tenaga kerja sebanyak Rp 20.273.750 dan total biaya (biaya material dan tenaga kerja) Rp 110.273.750.

Sehingga biaya proyek (material dan tenaga kerja) dengan melakukan percepatan proyek lebih besar dibandingkan tanpa percepatan. Pengurangan durasi proyek yang dicapai adalah 7,14%. Sedangkan Perbedaan biaya tanpa percepatan dan dengan percepatan adalah Rp483.750. Peningkatan biaya tersebut mencapai 0,44% dari biaya sebelumnya. Berdasarkan hal tersebut, dapat diketahui bahwa persentase pengurangan durasi yang dapat dilakukan dengan penambahan sumber daya tersedia dan jam lembur lebih besar dibandingkan dengan penambahan biaya langsung yang dibebankan. Sehingga untuk mempercepat proyek, CV XYZ membutuhkan penambahan biaya langsung sebanyak Rp483.750.

Selain itu, menurut CV XYZ, biaya tak langsung seperti biaya pengawasan dan administrasi mengalami pengurangan biaya ketika terjadi pengurangan waktu penyelesaian. Pengawasan dan administrasi ini merupakan pekerjaan yang dilakukan mulai aktivitas proyek berlangsung hingga proyek selesai. Sehingga pengurangan durasi proyek akan mempengaruhi biaya pengawasan dan biaya administrasi. Semakin cepat durasi penyelesaian maka semakin kecil biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan pengawasan dan administrasi. Sebagai contoh jika biaya pengawasan dan administrasi per hari dari satu proyek adalah X, maka pengurangan dalam durasi proyek akan menghasilkan penghematan sebesar X per hari bila dilakukan percepatan. Berdasarkan hal tersebut, dengan melakukan percepatan proyek “Fabrikasi *Boiler* dan *Room Dryer*” menjadi 78 hari dapat mengurangi biaya tak langsung proyek.

4.4 Analisis dan Saran untuk Proses Fabrikasi *Boiler* dan *Room Dryer*

Berikut adalah analisis dan saran yang direkomendasikan untuk proses fabrikasi *boiler* dan *room dryer* di CV XYZ.

1. NDT (*Non Destructive Testing*)

Berdasarkan aktivitas – aktivitas yang dilakukan untuk melakukan fabrikasi *boiler*, pengujian yang dilakukan adalah tes kebocoran. Berdasarkan ASME BPVC V mengenai *nondestructive examination*, terdapat bermacam – macam pengujian yang dilakukan saat melakukan fabrikasi *boiler*, misalnya *visual testing*, *liquid penetrant testing*, *magnetic particle testing*, *metallographic replication testing*, *ultrasonic testing*, *eddy current testing*, dan lain sebagainya. Dalam melakukan NDT (*Non Destructive Testing*) juga dibutuhkan keahlian personal, pelatihan dan pengalaman. Pada CV XYZ, pengujian yang dilakukan hanya tes kebocoran yang bertujuan untuk menguji apakah terdapat kebocoran angin atau air pada *boiler* tersebut. Sebaiknya

CV XYZ melakukan NDT (*Non Destructive Testing*) sebagai jaminan kualitas bagi konsumen. Selain itu, dibutuhkan juga pelatihan untuk keahlian personal yang diberikan bagi pihak atau bagian perusahaan untuk melakukan pengujian tersebut.

2. Alokasi Welder

Salah satu aktivitas yang sangat utama dalam proses fabrikasi *boiler* dan *room dryer* adalah *welding*. Alokasi sumber daya (tenaga kerja) pada aktivitas tersebut, terdiri dari 1 *welder*, 1 tenaga ahli dan 3 *helper*. Dalam pelaksanaannya, diantara tenaga kerja tersebut, tenaga kerja yang memiliki keahlian untuk melakukan *welding* adalah *welder* dan tenaga ahli. Namun perbedaan dari keduanya adalah tenaga kerja *welder* merupakan tenaga kerja *outsourcing* yang dikhususkan untuk melakukan *welding* yang telah memiliki sertifikasi keahlian dalam bidang *welding*. Sedangkan tenaga ahli adalah tenaga kerja yang juga mampu melakukan *welding*, namun tidak memiliki sertifikasi keahlian. Berdasarkan dari segi kuantitas, jumlah tenaga kerja yang melakukan *welding* tersebut sangat kurang dan seharusnya semua pekerja yang melakukan aktivitas *welding* telah tersertifikasi. Perusahaan sebaiknya menambah pekerja *welder* atau memberikan pelatihan yang tersertifikasi bagi pekerja tenaga ahli.

3. Spesifikasi Boiler

Salah satu spesifikasi yang ada pada *boiler* adalah jenis pipa yang digunakan. Jenis pipa yang digunakan pada fabrikasi *boiler* di CV XYZ adalah pipa *seamless* SCH 40 dan SCH 80. Pipa yang digunakan dalam fabrikasi *boiler* tersebut belum mengacu pada suatu standar, misalnya ketebalan pipa SCH 40 yang digunakan pada ruang bakar adalah 12 mm dengan diameter 800 mm. Namun, berdasarkan standar ASME, ketebalan pipa SCH 40 dengan diameter 813 mm adalah 17.48 mm. Hal ini juga terjadi pada penggunaan pipa SCH 40 dan SCH 80 pada bagian *boiler* lainnya. Sebaiknya, CV XYZ perlu untuk melakukan tinjauan ulang mengenai pemilihan spesifikasi material yang dibutuhkan berdasarkan suatu standar, sehingga dapat menghasilkan *boiler* yang memiliki kualitas yang baik.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian penjadwalan “Fabrikasi *Boiler* dan *Room Dryer*” didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

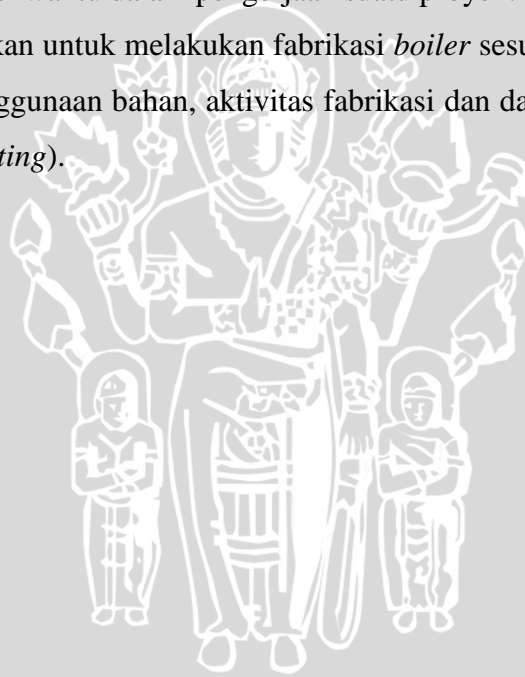
1. Berdasarkan penjadwalan proyek “Fabrikasi *Boiler* dan *Room Dryer*” dengan menggunakan CPM (*Critical Path Method*) didapatkan durasi penyelesaian proyek selama 57 hari. Setelah dilakukan perataan sumber daya (*Resource Leveling*) didapatkan durasi penyelesaian proyek selama 84 hari. Sedangkan berdasarkan perencanaan durasi proyek, proyek “Fabrikasi *Boiler* dan *Room Dryer*” dapat diselesaikan selama 60 hari. Namun aktual penyelesaian proyek tersebut diselesaikan selama 82 hari. Berdasarkan hal tersebut durasi penjadwalan proyek dengan menggunakan CPM (*Critical Path Method*) dan perataan sumber daya (*Resource Leveling*) tidak jauh berbeda dengan hasil penyelesaian proyek aktual.
2. Durasi penyelesaian proyek dapat dipercepat menjadi 78 hari dengan menambahkan sumber daya yang tersedia dan penambahan jam kerja (lembur) maksimal 3 jam per hari. Durasi aktivitas – aktivitas yang dipercepat adalah aktivitas *marking and measurement coil condenser*, dengan menambahkan total jam kerja (lembur) selama 7 jam, aktivitas pemotongan *coil condenser*, dengan menambahkan total jam kerja (lembur) selama 7 jam, aktivitas *set up tubing pipe* dan pipa *boiler* dengan menambahkan sumber daya yang tersedia yaitu 1 *helper*, aktivitas *set up drum boiler* dengan menambahkan total jam kerja (lembur) selama 7 jam, aktivitas *assembly* dan *set up tubing pipe* dan pipa *boiler* dengan *drum boiler* dengan menambahkan total jam kerja (lembur) selama 7 jam dan aktivitas *welding* dengan menambahkan total jam kerja (lembur) selama 14 jam.
3. Biaya penyelesaian proyek (material dan tenaga kerja) tanpa percepatan dengan durasi 84 hari adalah sebesar Rp 109.790.000. Sedangkan biaya penyelesaian proyek (material dan tenaga kerja) dengan percepatan menjadi 78 hari adalah sebesar Rp 110.273.750. Sehingga untuk mempercepat proyek, CV XYZ membutuhkan

penambahan biaya langsung sebanyak Rp 483.750. Dan biaya tak langsung seperti biaya pengawasan dan administrasi mengalami pengurangan biaya ketika terjadi pengurangan waktu penyelesaian.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan untuk mempertimbangkan biaya tak langsung dalam menentukan total biaya yang dibutuhkan untuk penyelesaian proyek.
2. Untuk perusahaan tempat penelitian diharapkan dapat menerapkan metode penjadwalan proyek CPM (*Critical Path Method*) sebagai salah satu bentuk metode untuk mendapatkan estimasi waktu dalam pengerjaan suatu proyek.
3. Untuk perusahaan diharapkan untuk melakukan fabrikasi *boiler* sesuai standar yang berlaku, baik dari segi penggunaan bahan, aktivitas fabrikasi dan dalam melakukan NDT (*Non Destructive Testing*).



DAFTAR PUSTAKA

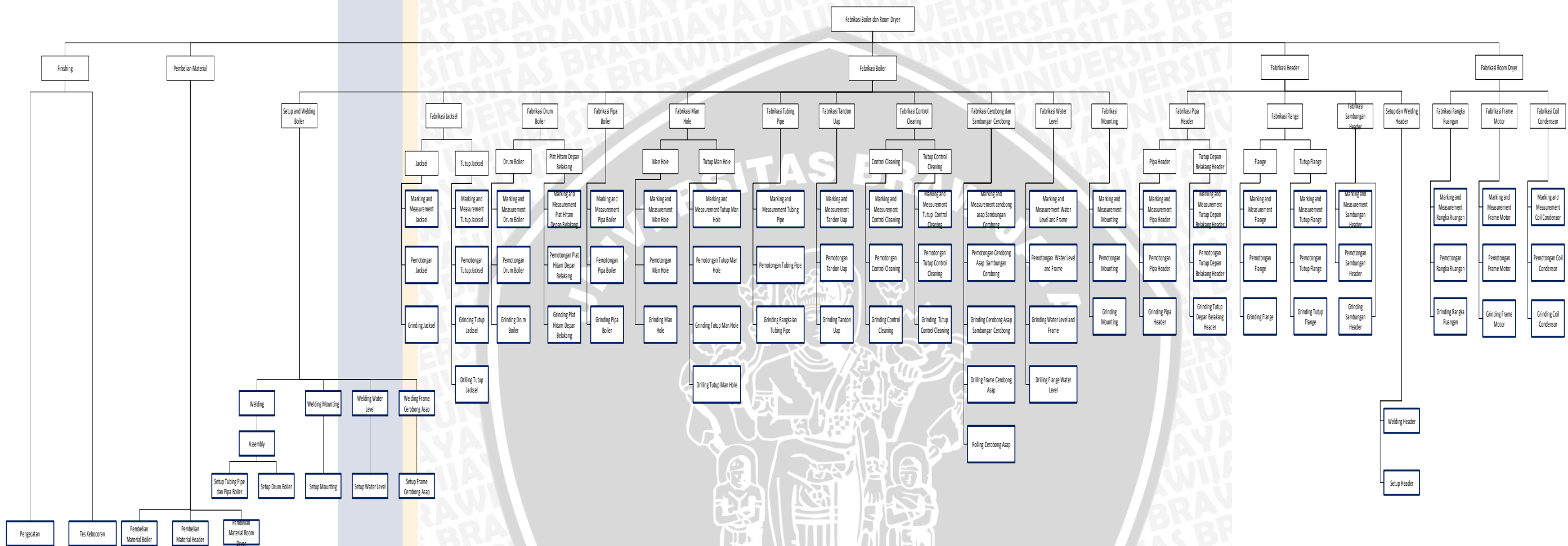
- Almahdy, Indra., Prianto, Catur. 2008. Penjadwalan Proyek dengan Metode CPM dan Slope Calculation. *E-Jurnal S-1 Teknik Industri Universitas Mercu Buana*.12 (IV): 35 – 42.
- Elmabrouk, Omar M. 2012. Scheduling Project Crashing Time Using Linear Programmig Technique. *Proceedings International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*: 308 – 316. Instanbul: Industrial Engineering and Operations Management.
- Febriyanti, Ayu Puji. 2014. Penjadwalan Proyek Pembangunan Gedung yang Mengalami Keterbatasan Sumber Daya Menggunakan Metode Perataan Penuh (Full Levelling) dengan Microsoft Excel dan Overallocated (Levelling) Sumber Daya dengan Microsoft Project. *E-Jurnal S-1 Teknik Sipil Universitas Brawijaya*. 1 (II): 337 - 346.
- Gray, Clifford F. & Larson, Erik W. 2007. *Manajemen Proyek Proses Manajerial*. Yogyakarta: ANDI.
- Husen, Abrar. 2009. *Manajemen Proyek Perencanaan Penjadwalan & Pengendalian Proyek*. Jakarta: Andi Publisher.
- Ishak, Aulia. 2010. *Manajemen Operasi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Laksana. 2014. Optimalisasi Waktu dan Biaya Proyek dengan Analisa Crash Program. *E-Jurnal S-1 Teknik Sipil Universitas Diponegoro*. 3 (III): 747-759.
- M. Nazir.2005.*Metodologi Penelitian*. Bogor: Ghalia Indonesia.
- Nursiyo. 2015. *Informasi CV Sentosa Teknik Engineering*. Diwawancarai oleh penulis pada 20 Agustus 2015.
- Ridho, Rizki., Syahrizal. 2014. Evaluasi Penjadwalan Waktu dan Biaya Proyek dengan Metode PERT dan CPM. *E-Jurnal S-1 Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara*. 3 (I).
- Soeharto, Iman. 1997. *Manajemen Proyek dari Konseptual Sampai Operasional*. Jakarta: Gelora Aksara Pratama.
- Wulfram, Ervianto. 2004. *Teori-Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta: ANDI.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



Lampiran 1 Work Breakdown Structure Proyek “Fabrikasi Boiler dan Room Dryer”





(Halaman ini sengaja dikosongkan)

Lampiran 2 Resource Leveling Proyek "Fabrikasi Boiler dan Room Dryer"

ID	RES	DUR	ES	LF	TS	13			14			15			16				
						TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H
A	-	12	0	12	0														
B	1 TA	3	18	21	-1														
C	1 TA	1	21	22	-2														
D	1 TA	1	22	23	-1														
E	1 TA	6	12	18	2	1				1					1				
F	1 TA	3	18	21	0														
G	1 TA	2	21	23	-1														
H	1 TA	6	12	18	0	1				1					1				
I	1 M, 2 H	4	24	28	-4														
J	1 M, 3 H	4	28	32	-8														
K	1 M, 2 H	4	32	36	-12														
L	1 M, 2 H	2	39	41	-17														
M	1 M, 2 H	3	36	39	-15														
N	1 M, 2 H	2	41	43	-19														
O	1 M, 2 H	6	18	24	0														
P	3 H	3	43	46	-19														
Q	1 SM, 1 H	2	51	53	-21														
R	2 H	1	51	52	-20														
S	1 TA, 1 M, 1 SM	5	46	51	-19														
T	1 TA, 2 H	5	46	51	-19														
U	2 TA, 1 M, 1 SM	4	53	57	-21														
V	1 W, 1 TA, 3 H	12	57	69	-21														
W	1 TA, 3 H	3	69	72	-21														
X	1 W, 3 H	3	75	78	-24														
Y	1 TA, 3 H	3	72	75	-24														
Z	1 W, 3 H	3	78	81	-27														
AA	1 TA, 1 W, 1 SM	3	72	75	-21														
AB	3 H	2	81	83	-27														
AC	2 TA, 1 M	1	83	84	-27														
Jumlah Sumber Daya (Orang)						2	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0

Lampiran 2 Resource Leveling Proyek "Fabrikasi Boiler dan Room Dryer"

ID	RES	DUR	ES	LF	TS	17			18			19			20							
						TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W		
A	-	12	0	12	0																	
B	1 TA	3	18	21	-1					1												
C	1 TA	1	21	22	-2																	
D	1 TA	1	22	23	-1																	
E	1 TA	6	12	18	2	1					1											
F	1 TA	3	18	21	0																	
G	1 TA	2	21	23	-1																	
H	1 TA	6	12	18	0	1																
I	1 M, 2 H	4	24	28	-4																	
J	1 M, 3 H	4	28	32	-8																	
K	1 M, 2 H	4	32	36	-12																	
L	1 M, 2 H	2	39	41	-17																	
M	1 M, 2 H	3	36	39	-15																	
N	1 M, 2 H	2	41	43	-19																	
O	1 M, 2 H	6	18	24	0										1		2					
P	3 H	3	43	46	-19																	
Q	1 SM, 1 H	2	51	53	-21																	
R	2 H	1	51	52	-20																	
S	1 TA, 1 M, 1 SM	5	46	51	-19																	
T	1 TA, 2 H	5	46	51	-19																	
U	2 TA, 1 M, 1 SM	4	53	57	-21																	
V	1 W, 1 TA, 3 H	12	57	69	-21																	
W	1 TA, 3 H	3	69	72	-21																	
X	1 W, 3 H	3	75	78	-24																	
Y	1 TA, 3 H	3	72	75	-24																	
Z	1 W, 3 H	3	78	81	-27																	
AA	1 TA, 1 W, 1 SM	3	72	75	-21																	
AB	3 H	2	81	83	-27																	
AC	2 TA, 1 M	1	83	84	-27																	
Jumlah Sumber Daya (Orang)						2	0	0	0	0	2	0	0	0	2	1	0	2	1	0	2	0

Lampiran 2 Resource Leveling Proyek "Fabrikasi Boiler dan Room Dryer"

ID	RES	DUR	ES	LF	TS	21				22				23				24									
						TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W		
A	-	12	0	12	0																						
B	1 TA	3	18	21	-1	1																					
C	1 TA	1	21	22	-2		1																				
D	1 TA	1	22	23	-1						1																
E	1 TA	6	12	18	2																						
F	1 TA	3	18	21	0	1																					
G	1 TA	2	21	23	-1		1																				
H	1 TA	6	12	18	0																						
I	1 M, 2 H	4	24	28	-4																						
J	1 M, 3 H	4	28	32	-8																						
K	1 M, 2 H	4	32	36	-12																						
L	1 M, 2 H	2	39	41	-17																						
M	1 M, 2 H	3	36	39	-15																						
N	1 M, 2 H	2	41	43	-19																						
O	1 M, 2 H	6	18	24	0	1	2					1	2					1	2						1	2	
P	3 H	3	43	46	-19																						
Q	1 SM, 1 H	2	51	53	-21																						
R	2 H	1	51	52	-20																						
S	1 TA, 1 M, 1 SM	5	46	51	-19																						
T	1 TA, 2 H	5	46	51	-19																						
U	2 TA, 1 M, 1 SM	4	53	57	-21																						
V	1 W, 1 TA, 3 H	12	57	69	-21																						
W	1 TA, 3 H	3	69	72	-21																						
X	1 W, 3 H	3	75	78	-24																						
Y	1 TA, 3 H	3	72	75	-24																						
Z	1 W, 3 H	3	78	81	-27																						
AA	1 TA, 1 W, 1 SM	3	72	75	-21																						
AB	3 H	2	81	83	-27																						
AC	2 TA, 1 M	1	83	84	-27																						
Jumlah Sumber Daya (Orang)						2	1	0	2	0	2	1	0	2	0	2	1	0	2	0	2	0	0	1	0	2	0

Lampiran 2 Resource Leveling Proyek "Fabrikasi Boiler dan Room Dryer"

ID	RES	DUR	ES	LF	TS	25				26				27				28																																			
						TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W																												
A	-	12	0	12	0																																																
B	1 TA	3	18	21	-1																																																
C	1 TA	1	21	22	-2																																																
D	1 TA	1	22	23	-1																																																
E	1 TA	6	12	18	2																																																
F	1 TA	3	18	21	0																																																
G	1 TA	2	21	23	-1																																																
H	1 TA	6	12	18	0																																																
I	1 M, 2 H	4	24	28	-4	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2														
J	1 M, 3 H	4	28	32	-8																																																
K	1 M, 2 H	4	32	36	-12																																																
L	1 M, 2 H	2	39	41	-17																																																
M	1 M, 2 H	3	36	39	-15																																																
N	1 M, 2 H	2	41	43	-19																																																
O	1 M, 2 H	6	18	24	0																																																
P	3 H	3	43	46	-19																																																
Q	1 SM, 1 H	2	51	53	-21																																																
R	2 H	1	51	52	-20																																																
S	1 TA, 1 M, 1 SM	5	46	51	-19																																																
T	1 TA, 2 H	5	46	51	-19																																																
U	2 TA, 1 M, 1 SM	4	53	57	-21																																																
V	1 W, 1 TA, 3 H	12	57	69	-21																																																
W	1 TA, 3 H	3	69	72	-21																																																
X	1 W, 3 H	3	75	78	-24																																																
Y	1 TA, 3 H	3	72	75	-24																																																
Z	1 W, 3 H	3	78	81	-27																																																
AA	1 TA, 1 W, 1 SM	3	72	75	-21																																																
AB	3 H	2	81	83	-27																																																
AC	2 TA, 1 M	1	83	84	-27																																																
					Jumlah Sumber Daya (Orang)																				0	1	0	2	0	0	1	0	2	0	0	0	1	0	2	0	0	0	1	0	2	0	0	0	1	0	2	0	0

Lampiran 2 Resource Leveling Proyek "Fabrikasi Boiler dan Room Dryer"

ID	RES	DUR	ES	LF	TS	29			30			31			32								
						TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W			
A	-	12	0	12	0																		
B	1 TA	3	18	21	-1																		
C	1 TA	1	21	22	-2																		
D	1 TA	1	22	23	-1																		
E	1 TA	6	12	18	2																		
F	1 TA	3	18	21	0																		
G	1 TA	2	21	23	-1																		
H	1 TA	6	12	18	0																		
I	1 M, 2 H	4	24	28	-4																		
J	1 M, 3 H	4	28	32	-8	1	3	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3			
K	1 M, 2 H	4	32	36	-12																		
L	1 M, 2 H	2	39	41	-17																		
M	1 M, 2 H	3	36	39	-15																		
N	1 M, 2 H	2	41	43	-19																		
O	1 M, 2 H	6	18	24	0																		
P	3 H	3	43	46	-19																		
Q	1 SM, 1 H	2	51	53	-21																		
R	2 H	1	51	52	-20																		
S	1 TA, 1 M, 1 SM	5	46	51	-19																		
T	1 TA, 2 H	5	46	51	-19																		
U	2 TA, 1 M, 1 SM	4	53	57	-21																		
V	1 W, 1 TA, 3 H	12	57	69	-21																		
W	1 TA, 3 H	3	69	72	-21																		
X	1 W, 3 H	3	75	78	-24																		
Y	1 TA, 3 H	3	72	75	-24																		
Z	1 W, 3 H	3	78	81	-27																		
AA	1 TA, 1 W, 1 SM	3	72	75	-21																		
AB	3 H	2	81	83	-27																		
AC	2 TA, 1 M	1	83	84	-27																		
Jumlah Sumber Daya (Orang)						0	1	0	3	0	0	1	0	3	0	0	1	0	3	0	0	3	0

Lampiran 2 Resource Leveling Proyek "Fabrikasi Boiler dan Room Dryer"

ID	RES	DUR	ES	LF	TS	33			34			35			36						
						TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	
A	-	12	0	12	0																
B	1TA	3	18	21	-1																
C	1TA	1	21	22	-2																
D	1TA	1	22	23	-1																
E	1TA	6	12	18	2																
F	1TA	3	18	21	0																
G	1TA	2	21	23	-1																
H	1TA	6	12	18	0																
I	1M, 2H	4	24	28	-4																
J	1M, 3H	4	28	32	-8																
K	1M, 2H	4	32	36	-12	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	2	
L	1M, 2H	2	39	41	-17																
M	1M, 2H	3	36	39	-15																
N	1M, 2H	2	41	43	-19																
O	1M, 2H	6	18	24	0																
P	3H	3	43	46	-19																
Q	1SM, 1H	2	51	53	-21																
R	2H	1	51	52	-20																
S	1TA, 1M, 1SM	5	46	51	-19																
T	1TA, 2H	5	46	51	-19																
U	2TA, 1M, 1SM	4	53	57	-21																
V	1W, 1TA, 3H	12	57	69	-21																
W	1TA, 3H	3	69	72	-21																
X	1W, 3H	3	75	78	-24																
Y	1TA, 3H	3	72	75	-24																
Z	1W, 3H	3	78	81	-27																
AA	1TA, 1W, 1SM	3	72	75	-21																
AB	3H	2	81	83	-27																
AC	2TA, 1M	1	83	84	-27																
Jumlah Sumber Daya (Orang)						0	1	0	2	0	0	1	0	2	0	0	1	0	2	0	0

Lampiran 2 Resource Leveling Proyek "Fabrikasi Boiler dan Room Dryer"

ID	RES	DUR	ES	LF	TS	37			38			39			40						
						TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	
A	-	12	0	12	0																
B	1 TA	3	18	21	-1																
C	1 TA	1	21	22	-2																
D	1 TA	1	22	23	-1																
E	1 TA	6	12	18	2																
F	1 TA	3	18	21	0																
G	1 TA	2	21	23	-1																
H	1 TA	6	12	18	0																
I	1 M, 2 H	4	24	28	-4																
J	1 M, 3 H	4	28	32	-8																
K	1 M, 2 H	4	32	36	-12																
L	1 M, 2 H	2	39	41	-17																
M	1 M, 2 H	3	36	39	-15	1	1	2	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	2		
N	1 M, 2 H	2	41	43	-19																
O	1 M, 2 H	6	18	24	0																
P	3 H	3	43	46	-19																
Q	1 SM, 1 H	2	51	53	-21																
R	2 H	1	51	52	-20																
S	1 TA, 1 M, 1 SM	5	46	51	-19																
T	1 TA, 2 H	5	46	51	-19																
U	2 TA, 1 M, 1 SM	4	53	57	-21																
V	1 W, 1 TA, 3 H	12	57	69	-21																
W	1 TA, 3 H	3	69	72	-21																
X	1 W, 3 H	3	75	78	-24																
Y	1 TA, 3 H	3	72	75	-24																
Z	1 W, 3 H	3	78	81	-27																
AA	1 TA, 1 W, 1 SM	3	72	75	-21																
AB	3 H	2	81	83	-27																
AC	2 TA, 1 M	1	83	84	-27																
Jumlah Sumber Daya (Orang)						0	1	0	2	0	0	0	1	0	2	0	0	1	0	2	0

Lampiran 2 Resource Leveling Proyek "Fabrikasi Boiler dan Room Dryer"

ID	RES	DUR	ES	LF	TS	41			42			43			44						
						TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	
A	-	12	0	12	0																
B	1 TA	3	18	21	-1																
C	1 TA	1	21	22	-2																
D	1 TA	1	22	23	-1																
E	1 TA	6	12	18	2																
F	1 TA	3	18	21	0																
G	1 TA	2	21	23	-1																
H	1 TA	6	12	18	0																
I	1 M, 2 H	4	24	28	-4																
J	1 M, 3 H	4	28	32	-8																
K	1 M, 2 H	4	32	36	-12																
L	1 M, 2 H	2	39	41	-17	1			2												
M	1 M, 2 H	3	36	39	-15																
N	1 M, 2 H	2	41	43	-19					1					2						
O	1 M, 2 H	6	18	24	0																
P	3 H	3	43	46	-19																
Q	1 SM, 1 H	2	51	53	-21																
R	2 H	1	51	52	-20																
S	1 TA, 1 M, 1 SM	5	46	51	-19																
T	1 TA, 2 H	5	46	51	-19																
U	2 TA, 1 M, 1 SM	4	53	57	-21																
V	1 W, 1 TA, 3 H	12	57	69	-21																
W	1 TA, 3 H	3	69	72	-21																
X	1 W, 3 H	3	75	78	-24																
Y	1 TA, 3 H	3	72	75	-24																
Z	1 W, 3 H	3	78	81	-27																
AA	1 TA, 1 W, 1 SM	3	72	75	-21																
AB	3 H	2	81	83	-27																
AC	2 TA, 1 M	1	83	84	-27																
Jumlah Sumber Daya (Orang)						0	1	0	2	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	3	0

Lampiran 2 Resource Leveling Proyek "Fabrikasi Boiler dan Room Dryer"

ID	RES	DUR	ES	LF	TS	45			46			47			48											
						TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W						
A	-	12	0	12	0																					
B	1 TA	3	18	21	-1																					
C	1 TA	1	21	22	-2																					
D	1 TA	1	22	23	-1																					
E	1 TA	6	12	18	2																					
F	1 TA	3	18	21	0																					
G	1 TA	2	21	23	-1																					
H	1 TA	6	12	18	0																					
I	1 M, 2 H	4	24	28	-4																					
J	1 M, 3 H	4	28	32	-8																					
K	1 M, 2 H	4	32	36	-12																					
L	1 M, 2 H	2	39	41	-17																					
M	1 M, 2 H	3	36	39	-15																					
N	1 M, 2 H	2	41	43	-19																					
O	1 M, 2 H	6	18	24	0																					
P	3 H	3	43	46	-19				3																	
Q	1 SM, 1 H	2	51	53	-21																					
R	2 H	1	51	52	-20																					
S	1 TA, 1 M, 1 SM	5	46	51	-19										1	1	1	1	1							
T	1 TA, 2 H	5	46	51	-19										1				2							
U	2 TA, 1 M, 1 SM	4	53	57	-21																					
V	1 W, 1 TA, 3 H	12	57	69	-21																					
W	1 TA, 3 H	3	69	72	-21																					
X	1 W, 3 H	3	75	78	-24																					
Y	1 TA, 3 H	3	72	75	-24																					
Z	1 W, 3 H	3	78	81	-27																					
AA	1 TA, 1 W, 1 SM	3	72	75	-21																					
AB	3 H	2	81	83	-27																					
AC	2 TA, 1 M	1	83	84	-27																					
Jumlah Sumber Daya (Orang)						0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0	0	2	1	1	2	0	1	1	2	0

Lampiran 2 Resource Leveling Proyek "Fabrikasi Boiler dan Room Dryer"

ID	RES	DUR	ES	LF	TS	49				50				51				52													
						TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W						
A	-	12	0	12	0																										
B	1 TA	3	18	21	-1																										
C	1 TA	1	21	22	-2																										
D	1 TA	1	22	23	-1																										
E	1 TA	6	12	18	2																										
F	1 TA	3	18	21	0																										
G	1 TA	2	21	23	-1																										
H	1 TA	6	12	18	0																										
I	1 M, 2 H	4	24	28	-4																										
J	1 M, 3 H	4	28	32	-8																										
K	1 M, 2 H	4	32	36	-12																										
L	1 M, 2 H	2	39	41	-17																										
M	1 M, 2 H	3	36	39	-15																										
N	1 M, 2 H	2	41	43	-19																										
O	1 M, 2 H	6	18	24	0																										
P	3 H	3	43	46	-19																										
Q	1 SM, 1 H	2	51	53	-21																										
R	2 H	1	51	52	-20																										
S	1 TA, 1 M, 1 SM	5	46	51	-19			1	1	1	1	1	1	1																	
T	1 TA, 2 H	5	46	51	-19			1	1	2	1	1	1	2																	
U	2 TA, 1 M, 1 SM	4	53	57	-21																										
V	1 W, 1 TA, 3 H	12	57	69	-21																										
W	1 TA, 3 H	3	69	72	-21																										
X	1 W, 3 H	3	75	78	-24																										
Y	1 TA, 3 H	3	72	75	-24																										
Z	1 W, 3 H	3	78	81	-27																										
AA	1 TA, 1 W, 1 SM	3	72	75	-21																										
AB	3 H	2	81	83	-27																										
AC	2 TA, 1 M	1	83	84	-27																										
	Jumlah Sumber Daya (Orang)						2	1	1	2	0	2	1	1	1	2	0	2	1	1	2	0	2	1	1	2	0	0	1	3	0

Lampiran 2 Resource Leveling Proyek "Fabrikasi Boiler dan Room Dryer"

ID	RES	DUR	ES	LF	TS	77			78			79			80				
						TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H
A	-	12	0	12	0														
B	1 TA	3	18	21	-1														
C	1 TA	1	21	22	-2														
D	1 TA	1	22	23	-1														
E	1 TA	6	12	18	2														
F	1 TA	3	18	21	0														
G	1 TA	2	21	23	-1														
H	1 TA	6	12	18	0														
I	1 M, 2 H	4	24	28	-4														
J	1 M, 3 H	4	28	32	-8														
K	1 M, 2 H	4	32	36	-12														
L	1 M, 2 H	2	39	41	-17														
M	1 M, 2 H	3	36	39	-15														
N	1 M, 2 H	2	41	43	-19														
O	1 M, 2 H	6	18	24	0														
P	3 H	3	43	46	-19														
Q	1 SM, 1 H	2	51	53	-21														
R	2 H	1	51	52	-20														
S	1 TA, 1 M, 1 SM	5	46	51	-19														
T	1 TA, 2 H	5	46	51	-19														
U	2 TA, 1 M, 1 SM	4	53	57	-21														
V	1 W, 1 TA, 3 H	12	57	69	-21														
W	1 TA, 3 H	3	69	72	-21														
X	1 W, 3 H	3	75	78	-24														
Y	1 TA, 3 H	3	72	75	-24														
Z	1 W, 3 H	3	78	81	-27														
AA	1 TA, 1 W, 1 SM	3	72	75	-21														
AB	3 H	2	81	83	-27														
AC	2 TA, 1 M	1	83	84	-27														
Jumlah Sumber Daya (Orang)						0	0	0	3	1	0	0	3	1	0	0	0	3	1

Lampiran 2 Resource Leveling Proyek "Fabrikasi Boiler dan Room Dryer"

ID	RES	DUR	ES	LF	TS	81			82			83			84									
						TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W				
A	-	12	0	12	0																			
B	1 TA	3	18	21	-1																			
C	1 TA	1	21	22	-2																			
D	1 TA	1	22	23	-1																			
E	1 TA	6	12	18	2																			
F	1 TA	3	18	21	0																			
G	1 TA	2	21	23	-1																			
H	1 TA	6	12	18	0																			
I	1 M, 2 H	4	24	28	-4																			
J	1 M, 3 H	4	28	32	-8																			
K	1 M, 2 H	4	32	36	-12																			
L	1 M, 2 H	2	39	41	-17																			
M	1 M, 2 H	3	36	39	-15																			
N	1 M, 2 H	2	41	43	-19																			
O	1 M, 2 H	6	18	24	0																			
P	3 H	3	43	46	-19																			
Q	1 SM, 1 H	2	51	53	-21																			
R	2 H	1	51	52	-20																			
S	1 TA, 1 M, 1 SM	5	46	51	-19																			
T	1 TA, 2 H	5	46	51	-19																			
U	2 TA, 1 M, 1 SM	4	53	57	-21																			
V	1 W, 1 TA, 3 H	12	57	69	-21																			
W	1 TA, 3 H	3	69	72	-21																			
X	1 W, 3 H	3	75	78	-24																			
Y	1 TA, 3 H	3	72	75	-24																			
Z	1 W, 3 H	3	78	81	-27			3	1															
AA	1 TA, 1 W, 1 SM	3	72	75	-21																			
AB	3 H	2	81	83	-27																			
AC	2 TA, 1 M	1	83	84	-27																			
Jumlah Sumber Daya (Orang)						0	0	0	3	1	0	0	0	3	0	0	0	3	0	2	1	0	0	0

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



Lampiran 3 Resource Leveling Percepatan Proyek "Fabrikasi Boiler dan Room Dryer."

ID	RES	DUR	ES	LF	TS	1			2			3			4						
						TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	
A	-	12	0	12	0																
B	1 TA	3	17	20	-2																
C	1 TA	1	20	21	-3																
D	1 TA	1	21	22	-2																
E	1 TA	6	12	18	0																
F	1 TA	3	18	21	-2																
G	1 TA	2	21	23	-3																
H	1 TA	5	12	17	0																
I	1 M, 2 H	4	22	26	-4																
J	1 M, 3 H	4	26	30	-8																
K	1 M, 2 H	4	30	34	-12																
L	1 M, 2 H	2	37	39	-17																
M	1 M, 2 H	3	34	37	-15																
N	1 M, 2 H	2	39	41	-19																
O	1 M, 2 H	5	17	22	0																
P	3 H	3	41	44	-19																
Q	1 SM, 1 H	2	48	50	-21																
R	2 H	1	48	49	-20																
S	1 TA, 1 M, 1 SM, 1 H	4	44	48	-19																
T	1 TA, 2 H	4	44	48	-19																
U	2 TA, 1 M, 1 SM,	3	50	53	-21																
V	1 W, 1 TA, 3 H	10	53	63	-21																
W	1 TA, 3 H	3	63	66	-21																
X	1 W, 3 H	3	69	72	-24																
Y	1 TA, 3 H	3	66	69	-24																
Z	1 W, 3 H	3	72	75	-27																
AA	1 TA, 1 W, 1 SM	3	66	69	-21																
AB	3 H	2	75	77	-27																
AC	2 TA, 1 M	1	77	78	-27																
Jumlah Sumber Daya (Orang)						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Lampiran 3 Resource Leveling Percepatan Proyek "Fabrikasi Boiler dan Room Dryer"

ID	RES	DUR	ES	LF	TS	17						18						19						20						
						TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W					
A	-	12	0	12	0																									
B	1 TA	3	17	20	-2																									
C	1 TA	1	20	21	-3																									
D	1 TA	1	21	22	-2																									
E	1 TA	6	12	18	0																									
F	1 TA	3	18	21	-2																									
G	1 TA	2	21	23	-3																									
H	1 TA	5	12	17	0																									
I	1 M, 2 H	4	22	26	-4																									
J	1 M, 3 H	4	26	30	-8																									
K	1 M, 2 H	4	30	34	-12																									
L	1 M, 2 H	2	37	39	-17																									
M	1 M, 2 H	3	34	37	-15																									
N	1 M, 2 H	2	39	41	-19																									
O	1 M, 2 H	5	17	22	0																									
P	3 H	3	41	44	-19																									
Q	1 SM, 1 H	2	48	50	-21																									
R	2 H	1	48	49	-20																									
S	1 TA, 1 M, 1 SM, 1 H	4	44	48	-19																									
T	1 TA, 2 H	4	44	48	-19																									
U	2 TA, 1 M, 1 SM,	3	50	53	-21																									
V	1 W, 1 TA, 3 H	10	53	63	-21																									
W	1 TA, 3 H	3	63	66	-21																									
X	1 W, 3 H	3	69	72	-24																									
Y	1 TA, 3 H	3	66	69	-24																									
Z	1 W, 3 H	3	72	75	-27																									
AA	1 TA, 1 W, 1 SM	3	66	69	-21																									
AB	3 H	2	75	77	-27																									
AC	2 TA, 1 M	1	77	78	-27																									
Jumlah Sumber Daya (Orang)						2	0	0	0	0	2	1	0	2	1	0	2	1	0	2	1	0	2	1	0	2	1	0	2	0

Lampiran 3 Resource Leveling Percepatan Proyek "Fabrikasi Boiler dan Room Dryer"

ID	RES	DUR	ES	LF	TS	29			30			31			32										
						TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W					
A	-	12	0	12	0																				
B	1 TA	3	17	20	-2																				
C	1 TA	1	20	21	-3																				
D	1 TA	1	21	22	-2																				
E	1 TA	6	12	18	0																				
F	1 TA	3	18	21	-2																				
G	1 TA	2	21	23	-3																				
H	1 TA	5	12	17	0																				
I	1 M, 2 H	4	22	26	-4																				
J	1 M, 3 H	4	26	30	-8	1	3	1	3																
K	1 M, 2 H	4	30	34	-12																				
L	1 M, 2 H	2	37	39	-17																				
M	1 M, 2 H	3	34	37	-15																				
N	1 M, 2 H	2	39	41	-19																				
O	1 M, 2 H	5	17	22	0																				
P	3 H	3	41	44	-19																				
Q	1 SM, 1 H	2	48	50	-21																				
R	2 H	1	48	49	-20																				
S	1 TA, 1 M, 1 SM, 1 H	4	44	48	-19																				
T	1 TA, 2 H	4	44	48	-19																				
U	2 TA, 1 M, 1 SM,	3	50	53	-21																				
V	1 W, 1 TA, 3 H	10	53	63	-21																				
W	1 TA, 3 H	3	63	66	-21																				
X	1 W, 3 H	3	69	72	-24																				
Y	1 TA, 3 H	3	66	69	-24																				
Z	1 W, 3 H	3	72	75	-27																				
AA	1 TA, 1 W, 1 SM	3	66	69	-21																				
AB	3 H	2	75	77	-27																				
AC	2 TA, 1 M	1	77	78	-27																				
Jumlah Sumber Daya (Orang)						0	1	0	3	0	0	1	0	3	0	0	1	0	2	0	0	1	0	2	0

Lampiran 3 Resource Leveling Percepatan Proyek "Fabrikasi Boiler dan Room Dryer"

ID	RES	DUR	ES	LF	TS	33			34			35			36					
						TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W
A	-	12	0	12	0															
B	1 TA	3	17	20	-2															
C	1 TA	1	20	21	-3															
D	1 TA	1	21	22	-2															
E	1 TA	6	12	18	0															
F	1 TA	3	18	21	-2															
G	1 TA	2	21	23	-3															
H	1 TA	5	12	17	0															
I	1 M, 2 H	4	22	26	-4															
J	1 M, 3 H	4	26	30	-8															
K	1 M, 2 H	4	30	34	-12	1	2	2												
L	1 M, 2 H	2	37	39	-17															
M	1 M, 2 H	3	34	37	-15															
N	1 M, 2 H	2	39	41	-19															
O	1 M, 2 H	5	17	22	0															
P	3 H	3	41	44	-19															
Q	1 SM, 1 H	2	48	50	-21															
R	2 H	1	48	49	-20															
S	1 TA, 1 M, 1 SM, 1 H	4	44	48	-19															
T	1 TA, 2 H	4	44	48	-19															
U	2 TA, 1 M, 1 SM,	3	50	53	-21															
V	1 W, 1 TA, 3 H	10	53	63	-21															
W	1 TA, 3 H	3	63	66	-21															
X	1 W, 3 H	3	69	72	-24															
Y	1 TA, 3 H	3	66	69	-24															
Z	1 W, 3 H	3	72	75	-27															
AA	1 TA, 1 W, 1 SM	3	66	69	-21															
AB	3 H	2	75	77	-27															
AC	2 TA, 1 M	1	77	78	-27															
Jumlah Sumber Daya (Orang)						0	1	0	2	0	0	1	0	2	0	0	1	0	2	0

Lampiran 3 Resource Leveling Percepatan Proyek "Fabrikasi Boiler dan Room Dryer"

ID	RES	DUR	ES	LF	TS	37			38			39			40						
						TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	
A	-	12	0	12	0																
B	1 TA	3	17	20	-2																
C	1 TA	1	20	21	-3																
D	1 TA	1	21	22	-2																
E	1 TA	6	12	18	0																
F	1 TA	3	18	21	-2																
G	1 TA	2	21	23	-3																
H	1 TA	5	12	17	0																
I	1 M, 2 H	4	22	26	-4																
J	1 M, 3 H	4	26	30	-8																
K	1 M, 2 H	4	30	34	-12																
L	1 M, 2 H	2	37	39	-17																
M	1 M, 2 H	3	34	37	-15																
N	1 M, 2 H	2	39	41	-19																
O	1 M, 2 H	5	17	22	0																
P	3 H	3	41	44	-19																
Q	1 SM, 1 H	2	48	50	-21																
R	2 H	1	48	49	-20																
S	1 TA, 1 M, 1 SM, 1 H	4	44	48	-19																
T	1 TA, 2 H	4	44	48	-19																
U	2 TA, 1 M, 1 SM,	3	50	53	-21																
V	1 W, 1 TA, 3 H	10	53	63	-21																
W	1 TA, 3 H	3	63	66	-21																
X	1 W, 3 H	3	69	72	-24																
Y	1 TA, 3 H	3	66	69	-24																
Z	1 W, 3 H	3	72	75	-27																
AA	1 TA, 1 W, 1 SM	3	66	69	-21																
AB	3 H	2	75	77	-27																
AC	2 TA, 1 M	1	77	78	-27																
Jumlah Sumber Daya (Orang)						0	1	0	2	0	0	1	0	2	0	0	0	1	0	2	0

Lampiran 3 Resource Leveling Percepatan Proyek "Fabrikasi Boiler dan Room Dryer"

ID	RES	DUR	ES	LF	TS	45			46			47			48					
						TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W
A	-	12	0	12	0															
B	1 TA	3	17	20	-2															
C	1 TA	1	20	21	-3															
D	1 TA	1	21	22	-2															
E	1 TA	6	12	18	0															
F	1 TA	3	18	21	-2															
G	1 TA	2	21	23	-3															
H	1 TA	5	12	17	0															
I	1 M, 2 H	4	22	26	-4															
J	1 M, 3 H	4	26	30	-8															
K	1 M, 2 H	4	30	34	-12															
L	1 M, 2 H	2	37	39	-17															
M	1 M, 2 H	3	34	37	-15															
N	1 M, 2 H	2	39	41	-19															
O	1 M, 2 H	5	17	22	0															
P	3 H	3	41	44	-19															
Q	1 SM, 1 H	2	48	50	-21															
R	2 H	1	48	49	-20															
S	1 TA, 1 M, 1 SM, 1 H	4	44	48	-19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
T	1 TA, 2 H	4	44	48	-19	1	1	2	2	1	1	2	1	1	1	2	1	1	2	
U	2 TA, 1 M, 1 SM,	3	50	53	-21															
V	1 W, 1 TA, 3 H	10	53	63	-21															
W	1 TA, 3 H	3	63	66	-21															
X	1 W, 3 H	3	69	72	-24															
Y	1 TA, 3 H	3	66	69	-24															
Z	1 W, 3 H	3	72	75	-27															
AA	1 TA, 1 W, 1 SM	3	66	69	-21															
AB	3 H	2	75	77	-27															
AC	2 TA, 1 M	1	77	78	-27															
Jumlah Sumber Daya (Orang)						2	1	1	3	0	2	1	1	3	0	2	1	1	3	0

Lampiran 3 Resource Leveling Percepatan Proyek "Fabrikasi Boiler dan Room Dryer"

ID	RES	DUR	ES	LF	TS	57			58			59			60							
						TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W		
A	-	12	0	12	0																	
B	1 TA	3	17	20	-2																	
C	1 TA	1	20	21	-3																	
D	1 TA	1	21	22	-2																	
E	1 TA	6	12	18	0																	
F	1 TA	3	18	21	-2																	
G	1 TA	2	21	23	-3																	
H	1 TA	5	12	17	0																	
I	1 M, 2 H	4	22	26	-4																	
J	1 M, 3 H	4	26	30	-8																	
K	1 M, 2 H	4	30	34	-12																	
L	1 M, 2 H	2	37	39	-17																	
M	1 M, 2 H	3	34	37	-15																	
N	1 M, 2 H	2	39	41	-19																	
O	1 M, 2 H	5	17	22	0																	
P	3 H	3	41	44	-19																	
Q	1 SM, 1 H	2	48	50	-21																	
R	2 H	1	48	49	-20																	
S	1 TA, 1 M, 1 SM, 1 H	4	44	48	-19																	
T	1 TA, 2 H	4	44	48	-19																	
U	2 TA, 1 M, 1 SM,	3	50	53	-21																	
V	1 W, 1 TA, 3 H	10	53	63	-21	1	1	1	3	1	1	1	1	3	1	1	1	3	1			
W	1 TA, 3 H	3	63	66	-21																	
X	1 W, 3 H	3	69	72	-24																	
Y	1 TA, 3 H	3	66	69	-24																	
Z	1 W, 3 H	3	72	75	-27																	
AA	1 TA, 1 W, 1 SM	3	66	69	-21																	
AB	3 H	2	75	77	-27																	
AC	2 TA, 1 M	1	77	78	-27																	
Jumlah Sumber Daya (Orang)						1	0	0	3	1	1	1	1	0	0	3	1	1	0	0	3	1



Lampiran 3 Resource Leveling Percepatan Proyek "Fabrikasi Boiler dan Room Dryer"

ID	RES	DUR	ES	LF	TS	65			66			67			68								
						TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W			
A	-	12	0	12	0																		
B	1 TA	3	17	20	-2																		
C	1 TA	1	20	21	-3																		
D	1 TA	1	21	22	-2																		
E	1 TA	6	12	18	0																		
F	1 TA	3	18	21	-2																		
G	1 TA	2	21	23	-3																		
H	1 TA	5	12	17	0																		
I	1 M, 2 H	4	22	26	-4																		
J	1 M, 3 H	4	26	30	-8																		
K	1 M, 2 H	4	30	34	-12																		
L	1 M, 2 H	2	37	39	-17																		
M	1 M, 2 H	3	34	37	-15																		
N	1 M, 2 H	2	39	41	-19																		
O	1 M, 2 H	5	17	22	0																		
P	3 H	3	41	44	-19																		
Q	1 SM, 1 H	2	48	50	-21																		
R	2 H	1	48	49	-20																		
S	1 TA, 1 M, 1 SM, 1 H	4	44	48	-19																		
T	1 TA, 2 H	4	44	48	-19																		
U	2 TA, 1 M, 1 SM,	3	50	53	-21																		
V	1 W, 1 TA, 3 H	10	53	63	-21																		
W	1 TA, 3 H	3	63	66	-21	1		3															
X	1 W, 3 H	3	69	72	-24																		
Y	1 TA, 3 H	3	66	69	-24																		
Z	1 W, 3 H	3	72	75	-27																		
AA	1 TA, 1 W, 1 SM	3	66	69	-21																		
AB	3 H	2	75	77	-27																		
AC	2 TA, 1 M	1	77	78	-27																		
Jumlah Sumber Daya (Orang)						1	0	0	3	0	1	0	0	3	0	2	0	1	2	0	1	3	1

Lampiran 3 Resource Leveling Percepatan Proyek "Fabrikasi Boiler dan Room Dryer"

ID	RES	DUR	ES	LF	TS	69			70			71			72					
						TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W
A	-	12	0	12	0															
B	1 TA	3	17	20	-2															
C	1 TA	1	20	21	-3															
D	1 TA	1	21	22	-2															
E	1 TA	6	12	18	0															
F	1 TA	3	18	21	-2															
G	1 TA	2	21	23	-3															
H	1 TA	5	12	17	0															
I	1 M, 2 H	4	22	26	-4															
J	1 M, 3 H	4	26	30	-8															
K	1 M, 2 H	4	30	34	-12															
L	1 M, 2 H	2	37	39	-17															
M	1 M, 2 H	3	34	37	-15															
N	1 M, 2 H	2	39	41	-19															
O	1 M, 2 H	5	17	22	0															
P	3 H	3	41	44	-19															
Q	1 SM, 1 H	2	48	50	-21															
R	2 H	1	48	49	-20															
S	1 TA, 1 M, 1 SM, 1 H	4	44	48	-19															
T	1 TA, 2 H	4	44	48	-19															
U	2 TA, 1 M, 1 SM,	3	50	53	-21															
V	1 W, 1 TA, 3 H	10	53	63	-21															
W	1 TA, 3 H	3	63	66	-21															
X	1 W, 3 H	3	69	72	-24															
Y	1 TA, 3 H	3	66	69	-24															
Z	1 W, 3 H	3	72	75	-27															
AA	1 TA, 1 W, 1 SM	3	66	69	-21															
AB	3 H	2	75	77	-27															
AC	2 TA, 1 M	1	77	78	-27															
Jumlah Sumber Daya (Orang)						2	0	1	3	1	0	0	0	3	1	0	0	0	3	1

Lampiran 3 Resource Leveling Percepatan Proyek "Fabrikasi Boiler dan Room Dryer"

ID	RES	DUR	ES	LF	TS	73			74			75			76					
						TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W
A	-	12	0	12	0															
B	1 TA	3	17	20	-2															
C	1 TA	1	20	21	-3															
D	1 TA	1	21	22	-2															
E	1 TA	6	12	18	0															
F	1 TA	3	18	21	-2															
G	1 TA	2	21	23	-3															
H	1 TA	5	12	17	0															
I	1 M, 2 H	4	22	26	-4															
J	1 M, 3 H	4	26	30	-8															
K	1 M, 2 H	4	30	34	-12															
L	1 M, 2 H	2	37	39	-17															
M	1 M, 2 H	3	34	37	-15															
N	1 M, 2 H	2	39	41	-19															
O	1 M, 2 H	5	17	22	0															
P	3 H	3	41	44	-19															
Q	1 SM, 1 H	2	48	50	-21															
R	2 H	1	48	49	-20															
S	1 TA, 1 M, 1 SM, 1 H	4	44	48	-19															
T	1 TA, 2 H	4	44	48	-19															
U	2 TA, 1 M, 1 SM,	3	50	53	-21															
V	1 W, 1 TA, 3 H	10	53	63	-21															
W	1 TA, 3 H	3	63	66	-21															
X	1 W, 3 H	3	69	72	-24															
Y	1 TA, 3 H	3	66	69	-24															
Z	1 W, 3 H	3	72	75	-27															
AA	1 TA, 1 W, 1 SM	3	66	69	-21															
AB	3 H	2	75	77	-27															
AC	2 TA, 1 M	1	77	78	-27															
Jumlah Sumber Daya (Orang)						0	0	0	3	1	0	0	0	3	1	0	0	0	3	0

Lampiran 3 Resource Leveling Percepatan Proyek "Fabrikasi Boiler dan Room Dryer"

ID	RES	DUR	ES	LF	TS	77					78								
						TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W				
A	-	12	0	12	0														
B	1 TA	3	17	20	-2														
C	1 TA	1	20	21	-3														
D	1 TA	1	21	22	-2														
E	1 TA	6	12	18	0														
F	1 TA	3	18	21	-2														
G	1 TA	2	21	23	-3														
H	1 TA	5	12	17	0														
I	1 M, 2 H	4	22	26	-4														
J	1 M, 3 H	4	26	30	-8														
K	1 M, 2 H	4	30	34	-12														
L	1 M, 2 H	2	37	39	-17														
M	1 M, 2 H	3	34	37	-15														
N	1 M, 2 H	2	39	41	-19														
O	1 M, 2 H	5	17	22	0														
P	3 H	3	41	44	-19														
Q	1 SM, 1 H	2	48	50	-21														
R	2 H	1	48	49	-20														
S	1 TA, 1 M, 1 SM, 1 H	4	44	48	-19														
T	1 TA, 2 H	4	44	48	-19														
U	2 TA, 1 M, 1 SM,	3	50	53	-21														
V	1 W, 1 TA, 3 H	10	53	63	-21														
W	1 TA, 3 H	3	63	66	-21														
X	1 W, 3 H	3	69	72	-24														
Y	1 TA, 3 H	3	66	69	-24														
Z	1 W, 3 H	3	72	75	-27														
AA	1 TA, 1 W, 1 SM	3	66	69	-21														
AB	3 H	2	75	77	-27														
AC	2 TA, 1 M	1	77	78	-27														
Jumlah Sumber Daya (Orang)						0	0	0	3	0	2	1	0	0	0				

Lampiran 4 Hasil Perhitungan Total Biaya Tenaga Kerja Proyek “Fabrikasi *Boiler* dan *Room Dryer*”

Biaya Pokok Tenaga Kerja Hasil Percepatan Proyek “Fabrikasi *Boiler* dan *Room Dryer*”

Periode	Jumlah (Orang)					Biaya Tenaga Kerja (Rupiah)					Jumlah
	TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	
1	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
2	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
3	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
4	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
5	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
6	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
7	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
8	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
9	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
10	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
11	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
12	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
13	2	0	0	0	0	200,000	-	-	-	-	200,000
14	2	0	0	0	0	200,000	-	-	-	-	200,000
15	2	0	0	0	0	200,000	-	-	-	-	200,000
16	2	0	0	0	0	200,000	-	-	-	-	200,000
17	2	0	0	0	0	200,000	-	-	-	-	200,000
18	2	0	0	0	0	200,000	-	-	-	-	200,000
19	2	1	0	2	0	200,000	80,000	-	100,000	-	380,000
20	2	1	0	2	0	200,000	80,000	-	100,000	-	380,000
21	2	1	0	2	0	200,000	80,000	-	100,000	-	380,000
22	2	1	0	2	0	200,000	80,000	-	100,000	-	380,000
23	2	1	0	2	0	200,000	80,000	-	100,000	-	380,000
24	0	1	0	2	0	-	80,000	-	100,000	-	180,000
25	0	1	0	2	0	-	80,000	-	100,000	-	180,000
26	0	1	0	2	0	-	80,000	-	100,000	-	180,000
27	0	1	0	2	0	-	80,000	-	100,000	-	180,000
28	0	1	0	2	0	-	80,000	-	100,000	-	180,000
29	0	1	0	3	0	-	80,000	-	150,000	-	230,000
30	0	1	0	3	0	-	80,000	-	150,000	-	230,000
31	0	1	0	3	0	-	80,000	-	150,000	-	230,000
32	0	1	0	3	0	-	80,000	-	150,000	-	230,000
33	0	1	0	2	0	-	80,000	-	100,000	-	180,000
34	0	1	0	2	0	-	80,000	-	100,000	-	180,000
35	0	1	0	2	0	-	80,000	-	100,000	-	180,000
36	0	1	0	2	0	-	80,000	-	100,000	-	180,000
37	0	1	0	2	0	-	80,000	-	100,000	-	180,000
38	0	1	0	2	0	-	80,000	-	100,000	-	180,000
39	0	1	0	2	0	-	80,000	-	100,000	-	180,000
40	0	1	0	2	0	-	80,000	-	100,000	-	180,000
41	0	1	0	2	0	-	80,000	-	100,000	-	180,000
42	0	1	0	2	0	-	80,000	-	100,000	-	180,000
43	0	1	0	2	0	-	80,000	-	100,000	-	180,000
44	0	0	0	3	0	-	-	-	150,000	-	150,000
45	0	0	0	3	0	-	-	-	150,000	-	150,000
46	0	0	0	3	0	-	-	-	150,000	-	150,000
47	2	1	1	2	0	200,000	80,000	60,000	100,000	-	440,000
48	2	1	1	2	0	200,000	80,000	60,000	100,000	-	440,000
49	2	1	1	2	0	200,000	80,000	60,000	100,000	-	440,000
50	2	1	1	2	0	200,000	80,000	60,000	100,000	-	440,000

Periode	Jumlah (Orang)					Biaya Tenaga Kerja (Rupiah)					Jumlah
	TA	M	SM	H	W	TA	M	SM	H	W	
51	2	1	1	2	0	200,000	80,000	60,000	100,000	-	440,000
52	0	0	1	3	0	-	-	60,000	150,000	-	210,000
53	0	0	1	1	0	-	-	60,000	50,000	-	110,000
54	2	1	1	0	0	200,000	80,000	60,000	-	-	340,000
55	2	1	1	0	0	200,000	80,000	60,000	-	-	340,000
56	2	1	1	0	0	200,000	80,000	60,000	-	-	340,000
57	2	1	1	0	0	200,000	80,000	60,000	-	-	340,000
58	1	0	0	3	1	100,000	-	-	150,000	100,000	350,000
59	1	0	0	3	1	100,000	-	-	150,000	100,000	350,000
60	1	0	0	3	1	100,000	-	-	150,000	100,000	350,000
61	1	0	0	3	1	100,000	-	-	150,000	100,000	350,000
62	1	0	0	3	1	100,000	-	-	150,000	100,000	350,000
63	1	0	0	3	1	100,000	-	-	150,000	100,000	350,000
64	1	0	0	3	1	100,000	-	-	150,000	100,000	350,000
65	1	0	0	3	1	100,000	-	-	150,000	100,000	350,000
66	1	0	0	3	1	100,000	-	-	150,000	100,000	350,000
67	1	0	0	3	1	100,000	-	-	150,000	100,000	350,000
68	1	0	0	3	1	100,000	-	-	150,000	100,000	350,000
69	1	0	0	3	1	100,000	-	-	150,000	100,000	350,000
70	1	0	0	3	0	100,000	-	-	150,000	-	250,000
71	1	0	0	3	0	100,000	-	-	150,000	-	250,000
72	1	0	0	3	0	100,000	-	-	150,000	-	250,000
73	2	0	1	3	1	200,000	-	60,000	150,000	100,000	510,000
74	2	0	1	3	1	200,000	-	60,000	150,000	100,000	510,000
75	2	0	1	3	1	200,000	-	60,000	150,000	100,000	510,000
76	0	0	0	3	1	-	-	-	150,000	100,000	250,000
77	0	0	0	3	1	-	-	-	150,000	100,000	250,000
78	0	0	0	3	1	-	-	-	150,000	100,000	250,000
79	0	0	0	3	1	-	-	-	150,000	100,000	250,000
80	0	0	0	3	1	-	-	-	150,000	100,000	250,000
81	0	0	0	3	1	-	-	-	150,000	100,000	250,000
82	0	0	0	3	0	-	-	-	150,000	-	150,000
83	0	0	0	3	0	-	-	-	150,000	-	150,000
84	2	1	0	0	0	200,000	80,000	-	-	-	280,000
Jumlah						6,300,000	2,800,000	840,000	7,750,000	2,100,000	19,790,000

Lampiran 5 Hasil Perhitungan Total Biaya Tenaga Kerja Percepatan Proyek “Fabrikasi *Boiler* dan *Room Dryer*”

Biaya Pokok Tenaga Kerja Hasil Percepatan Proyek “Fabrikasi *Boiler* dan *Room Dryer*”

Periode	Jumlah Tenaga Kerja					Biaya Tenaga Kerja					Total
	TA (Orang)	M (Orang)	SM (Orang)	H (Orang)	W (Orang)	TA (Rupiah)	M (Rupiah)	SM (Rupiah)	H (Rupiah)	W (Rupiah)	
1	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
2	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
3	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
4	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
5	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
6	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
7	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
8	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
9	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
10	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
11	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
12	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
13	2	0	0	0	0	200,000	-	-	-	-	200,000
14	2	0	0	0	0	200,000	-	-	-	-	200,000
15	2	0	0	0	0	200,000	-	-	-	-	200,000
16	2	0	0	0	0	200,000	-	-	-	-	200,000
17	2	0	0	0	0	200,000	-	-	-	-	200,000
18	2	1	0	2	0	200,000	80,000	-	100,000	-	380,000
19	2	1	0	2	0	200,000	80,000	-	100,000	-	380,000
20	2	1	0	2	0	200,000	80,000	-	100,000	-	380,000
21	2	1	0	2	0	200,000	80,000	-	100,000	-	380,000
22	2	1	0	2	0	200,000	80,000	-	100,000	-	380,000
23	1	1	0	2	0	100,000	80,000	-	100,000	-	280,000
24	0	1	0	2	0	-	80,000	-	100,000	-	180,000
25	0	1	0	2	0	-	80,000	-	100,000	-	180,000

Periode	Jumlah Tenaga Kerja					Biaya Tenaga Kerja					Total
	TA (Orang)	M (Orang)	SM (Orang)	H (Orang)	W (Orang)	TA (Rupiah)	M (Rupiah)	SM (Rupiah)	H (Rupiah)	W (Rupiah)	
26	0	1	0	2	0	-	80,000	-	100,000	-	180,000
27	0	1	0	3	0	-	80,000	-	150,000	-	230,000
28	0	1	0	3	0	-	80,000	-	150,000	-	230,000
29	0	1	0	3	0	-	80,000	-	150,000	-	230,000
30	0	1	0	3	0	-	80,000	-	150,000	-	230,000
31	0	1	0	2	0	-	80,000	-	100,000	-	180,000
32	0	1	0	2	0	-	80,000	-	100,000	-	180,000
33	0	1	0	2	0	-	80,000	-	100,000	-	180,000
34	0	1	0	2	0	-	80,000	-	100,000	-	180,000
35	0	1	0	2	0	-	80,000	-	100,000	-	180,000
36	0	1	0	2	0	-	80,000	-	100,000	-	180,000
37	0	1	0	2	0	-	80,000	-	100,000	-	180,000
38	0	1	0	2	0	-	80,000	-	100,000	-	180,000
39	0	1	0	2	0	-	80,000	-	100,000	-	180,000
40	0	1	0	2	0	-	80,000	-	100,000	-	180,000
41	0	1	0	2	0	-	80,000	-	100,000	-	180,000
42	0	0	0	3	0	-	-	-	150,000	-	150,000
43	0	0	0	3	0	-	-	-	150,000	-	150,000
44	0	0	0	3	0	-	-	-	150,000	-	150,000
45	2	1	1	3	0	200,000	80,000	60,000	150,000	-	490,000
46	2	1	1	3	0	200,000	80,000	60,000	150,000	-	490,000
47	2	1	1	3	0	200,000	80,000	60,000	150,000	-	490,000
48	2	1	1	3	0	200,000	80,000	60,000	150,000	-	490,000
49	0	0	1	3	0	-	-	60,000	150,000	-	210,000
50	0	0	1	1	0	-	-	60,000	50,000	-	110,000
51	2	1	1	0	0	200,000	80,000	60,000	-	-	340,000
52	2	1	1	0	0	200,000	80,000	60,000	-	-	340,000
53	2	1	1	0	0	200,000	80,000	60,000	-	-	340,000
54	1	0	0	3	1	100,000	-	-	150,000	100,000	350,000
55	1	0	0	3	1	100,000	-	-	150,000	100,000	350,000

Periode	Jumlah Tenaga Kerja					Biaya Tenaga Kerja					Total
	TA (Orang)	M (Orang)	SM (Orang)	H (Orang)	W (Orang)	TA (Rupiah)	M (Rupiah)	SM (Rupiah)	H (Rupiah)	W (Rupiah)	
56	1	0	0	3	1	100,000	-	-	150,000	100,000	350,000
57	1	0	0	3	1	100,000	-	-	150,000	100,000	350,000
58	1	0	0	3	1	100,000	-	-	150,000	100,000	350,000
59	1	0	0	3	1	100,000	-	-	150,000	100,000	350,000
60	1	0	0	3	1	100,000	-	-	150,000	100,000	350,000
61	1	0	0	3	1	100,000	-	-	150,000	100,000	350,000
62	1	0	0	3	1	100,000	-	-	150,000	100,000	350,000
63	1	0	0	3	1	100,000	-	-	150,000	100,000	350,000
64	1	0	0	3	0	100,000	-	-	150,000	-	250,000
65	1	0	0	3	0	100,000	-	-	150,000	-	250,000
66	1	0	0	3	0	100,000	-	-	150,000	-	250,000
67	2	0	1	3	1	200,000	-	60,000	150,000	100,000	510,000
68	2	0	1	3	1	200,000	-	60,000	150,000	100,000	510,000
69	2	0	1	3	1	200,000	-	60,000	150,000	100,000	510,000
70	0	0	0	3	1	-	-	-	150,000	100,000	250,000
71	0	0	0	3	1	-	-	-	150,000	100,000	250,000
72	0	0	0	3	1	-	-	-	150,000	100,000	250,000
73	0	0	0	3	1	-	-	-	150,000	100,000	250,000
74	0	0	0	3	1	-	-	-	150,000	100,000	250,000
75	0	0	0	3	1	-	-	-	150,000	100,000	250,000
76	0	0	0	3	0	-	-	-	150,000	-	150,000
77	0	0	0	3	0	-	-	-	150,000	-	150,000
78	2	1	0	0	0	200,000	80,000	-	-	-	280,000
Jumlah						5,600,000	2,560,000	720,000	7,450,000	1,900,000	18,230,000

Biaya Lembur Tenaga Kerja Hasil Percepatan Proyek “Fabrikasi Boiler dan Room Dryer”

Periode	Jumlah Tenaga Kerja Lembur										Biaya Tenaga Kerja Lembur					Total
	TA (Orang)	Jam Lembur	M (Orang)	Jam Lembur	SM (Orang)	Jam Lembur	H (Orang)	Jam Lembur	W (Orang)	Jam Lembur	TA	M	SM	H	W	
13	1	3									37,500	-	-	-		37,500
14	1	3									37,500	-	-	-		37,500
15	1	1									12,500	-	-	-		12,500
18			1	3			2	3			-	30,000	-	37,500		67,500
19			1	3			2	3			-	30,000	-	37,500		67,500
20			1	1			2	1			-	10,000	-	12,500		22,500
45	1	3					2	3			37,500	-	-	37,500		75,000
46	1	3					2	3			37,500	-	-	37,500		75,000
47	1	1					2	1			12,500	-	-	12,500		25,000
51	2	3	1	3	1	3					75,000	30,000	22,500	-		127,500
52	2	3	1	3	1	3					75,000	30,000	22,500	-		127,500
53	2	1	1	1	1	1					25,000	10,000	7,500	-		42,500
54	1	3					3	3	1	3	37,500	-	-	56,250	68,750	162,500
55	1	3					3	3	1	3	37,500	-	-	56,250	68,750	162,500
56	1	3					3	3	1	3	37,500	-	-	56,250	68,750	162,500
57	1	3					3	3	1	3	37,500	-	-	56,250	68,750	162,500
58	1	2					3	2	1	2	25,000	-	-	37,500	43,750	106,250
	Jumlah										525,000	140,000	52,500	437,500	318,750	1,473,750



Biaya Konsumsi Tenaga Kerja Lembur 3 Jam Percepatan Proyek “Fabrikasi Boiler dan Room Dryer”

Timeline	Jumlah Tenaga Kerja Lembur										Total
	TA (Orang)	Jam Lembur	M (Orang)	Jam Lembur	SM (Orang)	Jam Lembur	H (Orang)	Jam Lembur	W (Orang)	Jam Lembur	
13	1	3									15,000
14	1	3									15,000
18			1	3			2	3			45,000
19			1	3			2	3			45,000
45	1	3					2	3			45,000
46	1	3					2	3			45,000
51	2	3	1	3	1	3					60,000
52	2	3	1	3	1	3					60,000
54	1	3					3	3			60,000
55	1	3					3	3			60,000
56	1	3					3	3			60,000
57	1	3					3	3			60,000
Jumlah Biaya Konsumsi Lembur											570,000

Biaya Total Tenaga Kerja Percepatan Proyek “Fabrikasi Boiler dan Room Dryer”

No	Biaya	Jumlah
1	Biaya Pokok Tenaga Kerja	18,230,000
2	Biaya Lembur	1,473,750
3	Biaya Konsumsi	570,000
Total		20,273,750