

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 PROYEK MENGGUNAKAN *CRITICAL PATH METHOD* (CPM) DENGAN KENDALA KETERSEDIAAN SUMBER DAYA MANUSIA DAN ALAT”** 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 Mochamad Arif, M.Ag dan Ibu Umi Masrifah 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 selaku Dosen Pembimbing Akademik, yang selama 8 semester di waktu perkuliahan penulis, selalu memberikan bimbingan dan arahan terhadap kegiatan akademik maupun non akademik penulis.
4. Bapak Arif Rahman, ST., MT. selaku Sekertaris Jurusan Teknik Industri yang selalu memberikan bimbingan, masukan, arahan, serta ilmu kepada penulis.
5. Ibu Ceria Farela M. Tantrika, ST., MT. selaku dosen pembimbing I dan selaku Ketua Kelompok Dosen Keahlian Rekayasa Sistem Industri yang selalu sabar dalam membimbing penulis, memberikan masukan, arahan, motivasi, dan ilmu yang sangat berharga.
6. Bapak Ihwan Hamdala, ST., MT. selaku dosen pembimbing II yang selalu sabar dalam membimbing penulis, memberikan masukan, arahan, motivasi, dan ilmu yang sangat berharga.

7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Industri yang telah dengan ikhlas memberikan ilmu yang sangat berharga bagi penulis.
8. Bapak Nasokan dan Bapak Arif Binorika selaku pembimbing lapangan di PT. SWADAYA GRAHA, yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan dan waktunya dalam membantu menyelesaikan pengerjaan skripsi penulis.
9. Adik tersayang, Qurrota A'yunin yang telah memberikan doa dan semangat kepada penulis dalam proses pengerjaan.
10. Sahabat penulis, teman-teman MMS Kustom yang telah menghibur penulis dalam menyelesaikan skripsi penulis.
11. Sahabat penulis, rekan-rekan tipeace yang telah member dukungan, motivasi, semangat dan doa serta selalu mendampingi penulis dalam menyelesaikan skripsi penulis.
12. Seluruh teman – teman Keluarga Teknik Industri angkatan 2012 (STEEL) 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, Agustus 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
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 Rumusan Masalah	6
1.4 Tujuan Penelitian.....	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	7
1.6 Batasan Masalah.....	7
1.7 Asumsi - Asumsi	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Penelitian Terdahulu	9
2.2 Proyek.....	11
2.2.1 Definisi Proyek	11
2.2.2 Karakteristik Proyek	11
2.2.3 Siklus Hidup Proyek	13
2.2.4 Unsur-unsur Proyek	14
2.3 Manajemen Proyek.....	15
2.4 Perencanaan Proyek	15
2.4.1 Sistematika Perencanaan Proyek	15
2.4.2 Menentukan Cakupan Proyek.....	16
2.4.3 Menentukan Prioritas Proyek.....	16
2.4.4 Membuat <i>Breakdown</i> Elemen Kerja/WBS	17
2.4.5 Penyusunan Jaringan Kerja PDM (<i>Precedence Diagram Method</i>).....	18



2.5	Macam-Macam Batasan Sumber Daya	18
2.6	Penjadwalan Proyek.....	20
2.6.1	Penjadwalan Proyek Menggunakan <i>Critical Path Method</i> (CPM).....	21
2.7	Penjadwalan Sumber Daya Manusia (SDM).....	25
2.7.1	Penjadwalan Sumber Daya yang Terbatas	25
2.7.2	Penjadwalan Sumber Daya Manusia (<i>Resource Leveling</i>)	26
2.8	Penjadwalan Alat Proyek.....	27
2.9	<i>Boiler</i>	28
2.9.1	<i>Universal Steam Boiler</i> UL-S/UL-SX.....	30
2.10	Hipotesa Penelitian	30
BAB III METODE PENELITIAN		31
3.1	Jenis Penelitian	31
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian.....	31
3.3	Langkah-Langkah Penelitian	34
3.4	Diagram alir Penelitian	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		37
4.1	Gambaran Umum Perusahaan	37
4.1.1	Visi dan Misi Perusahaan.....	37
4.1.2	Struktur Organisasi Perusahaan	38
4.1.3	Bidang kerja Perusahaan	39
4.2	Pengumpulan Data.....	39
4.2.1	Informasi Proyek	40
4.2.2	Data SDM Proyek dan Kebijakan Jam Kerja.....	42
4.2.3	Data Alat Proyek	42
4.3	Pengolahan Data	43
4.3.1	Pendefinisian Aktivitas Proyek (WBS).....	43
4.3.2	Penentuan Hubungan Antar Aktivitas.....	44
4.3.3	Penyusunan <i>Network Diagram</i> AON (<i>Activity On Node</i>).....	47
4.3.4	Penentuan Jalur Kritis (<i>Critical Path</i>).....	50
4.3.5	Penjadwalan SDM (Sumber Daya Manusia)	51
4.3.6	Penjadwalan Alat.....	65
4.4	Perbandingan Hasil.....	82

BAB V PENUTUP	85
5.1 Kesimpulan.....	85
5.2 Saran.....	86
DAFTAR PUSTAKA	87



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 1.1	Perbandingan Rencana dan Aktual <i>Time Schedule</i> Proyek Periode Januari - Februari 2016.....	3
Tabel 1.2	Rekapitulasi Kebutuhan SDM dan Alat Tiap Aktivitas Periode 8 Sampai 20 Februari 2016.....	4
Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian Terdahulu	11
Tabel 2.2	Spesifikasi Boiler	32
Tabel 4.1	Sumber Daya Manusia Proyek Steam Boiler & Central Boiler.....	42
Tabel 4.2	Alat Proyek Steam Boiler & Central Boiler	42
Tabel 4.3	Daftar Aktivitas Proyek “Steam Boiler & Central Boiler” Aktivitas A – F.14	43
Tabel 4.4	Daftar Aktivitas Proyek “Steam Boiler & Central Boiler” Aktivitas F.16 – N	44
Tabel 4.5	Hubungan Antar Aktivitas, Kebutuhan SDM dan Alat Aktivitas A - D	44
Tabel 4.6	Hubungan Antar Aktivitas, Kebutuhan SDM dan Alat Aktivitas E - M	45
Tabel 4.7	Hubungan Antar Aktivitas, Kebutuhan SDM dan Alat Aktivitas N - W.....	46
Tabel 4.8	Hubungan Antar Aktivitas, Kebutuhan SDM dan Alat Aktivitas X - AE... ..	47
Tabel 4.9	Data Nilai ES, EF, LS, LF dan Slack Tiap Aktivitas.....	50
Tabel 4.10	Perataan Sumber Daya Periode 23 - 24	55
Tabel 4.11	Perataan Sumber Daya Periode 24 - 25	56
Tabel 4.12	Perataan Sumber Daya Periode 25 - 26	57
Tabel 4.13	Pengalokasian Sumber Daya Periode 24 – 30	58
Tabel 4.14	Pengalokasian Sumber Daya Periode 23 – 24	59
Tabel 4.15	Pengalokasian Sumber Daya Periode 24 – 25	60
Tabel 4.16	Pengalokasian Sumber Daya Periode 25 – 26	61
Tabel 4.17	Penambahan Sumber Daya Peralatan Baru.....	70
Tabel 4.18	Perataan Sumber Daya Peralatan Periode 36 - 37	71
Tabel 4.19	Proses Perataan Sumber Daya Periode 37 - 38.....	72
Tabel 4.20	Proses Perataan Sumber Daya Periode 38 - 39.....	73
Tabel 4.21	<i>Gant Chart</i> Kebutuhan Peralatan Periode 37 – 40.....	74
Tabel 4.22	<i>Gant Chart</i> Kebutuhan Peralatan Periode 36 – 37.....	75

Tabel 4.23 *Gant Chart* Kebutuhan Peralatan Periode 37 – 38..... 76
Tabel 4.24 *Gant Chart* Kebutuhan Peralatan Periode 38 – 39..... 77
Tabel 4.25 Perbandingan Durasi Pengerjaan Proyek..... 82



DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Matriks Prioritas Proyek	17
Gambar 2.2	Hirarki WBS.....	17
Gambar 2.3	Bagian-Bagian <i>Boiler</i>	29
Gambar 2.4	<i>Universal Steam Boiler</i> UL-S/UL-SX	32
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	35
Gambar 4.1	Struktur Organisasi PT Swadaya Graha.....	38
Gambar 4.2	Struktur Organisasi Proyek <i>Steam Boiler & Central Boiler</i>	40
Gambar 4.3	Network Diagram Proyek <i>Steam Boiler & Central Boiler</i>	49
Gambar 4.4	Grafik Kebutuhan SDM <i>Superintendent</i>	51
Gambar 4.5	Grafik Kebutuhan SDM <i>Supervisor</i>	52
Gambar 4.6	Grafik Kebutuhan SDM <i>Foreman</i>	52
Gambar 4.7	Grafik Kebutuhan SDM <i>Welder</i>	53
Gambar 4.8	Grafik Kebutuhan SDM <i>Fitter</i>	53
Gambar 4.9	Grafik Kebutuhan SDM <i>Semi Fitter</i>	54
Gambar 4.10	Grafik Kebutuhan SDM <i>Helper</i>	54
Gambar 4.11	Grafik Kebutuhan <i>Superintendent</i> Setelah Perataan Sumber Daya	62
Gambar 4.12	Grafik Kebutuhan <i>Supervisor</i> Setelah Perataan Sumber Daya	62
Gambar 4.13	Grafik Kebutuhan <i>Foreman</i> Setelah Perataan Sumber Daya.....	63
Gambar 4.14	Grafik Kebutuhan <i>Welder</i> Setelah Perataan Sumber Daya.....	63
Gambar 4.15	Grafik Kebutuhan <i>Fitter</i> Setelah Perataan Sumber Daya	64
Gambar 4.16	Grafik Kebutuhan <i>Semi Fitter</i> Setelah Perataan Sumber Daya.....	64
Gambar 4.17	Grafik Kebutuhan <i>Helper</i> Setelah Perataan Sumber Daya	65
Gambar 4.18	Grafik Kebutuhan <i>Crane 45 Ton</i> Sebelum Perataan Sumber Daya.....	66
Gambar 4.19	Grafik Kebutuhan <i>Crane 85 Ton</i> Sebelum Perataan Sumber Daya.....	66
Gambar 4.20	Grafik Kebutuhan <i>Crane 130 Ton</i> Sebelum Perataan Sumber Daya.....	67
Gambar 4.21	Grafik Kebutuhan <i>Forklift 5 Ton</i> Sebelum Perataan Sumber Daya	67
Gambar 4.22	Grafik Kebutuhan <i>Chain Block</i> Sebelum Perataan Sumber Daya	67
Gambar 4.23	Grafik Kebutuhan Mesin Las Sebelum Perataan Sumber Daya	68
Gambar 4.24	Grafik Kebutuhan <i>Miller</i> Sebelum Perataan Sumber Daya	68
Gambar 4.25	Grafik Kebutuhan Gerinda Sebelum Perataan Sumber Daya	69

Gambar 4.26 Grafik Kebutuhan *Hand Bor* Sebelum Perataan Sumber Daya..... 69

Gambar 4.27 Grafik Kebutuhan *Crane* 45 Ton Setelah Perataan Sumber Daya 78

Gambar 4.28 Grafik Kebutuhan *Crane* 85 Ton Setelah Perataan Sumber Daya 78

Gambar 4.29 Grafik Kebutuhan *Crane* 130 Ton Setelah Perataan Sumber Daya 79

Gambar 4.30 Grafik Kebutuhan *Forklift* 5 Ton Setelah Perataan Sumber Daya 79

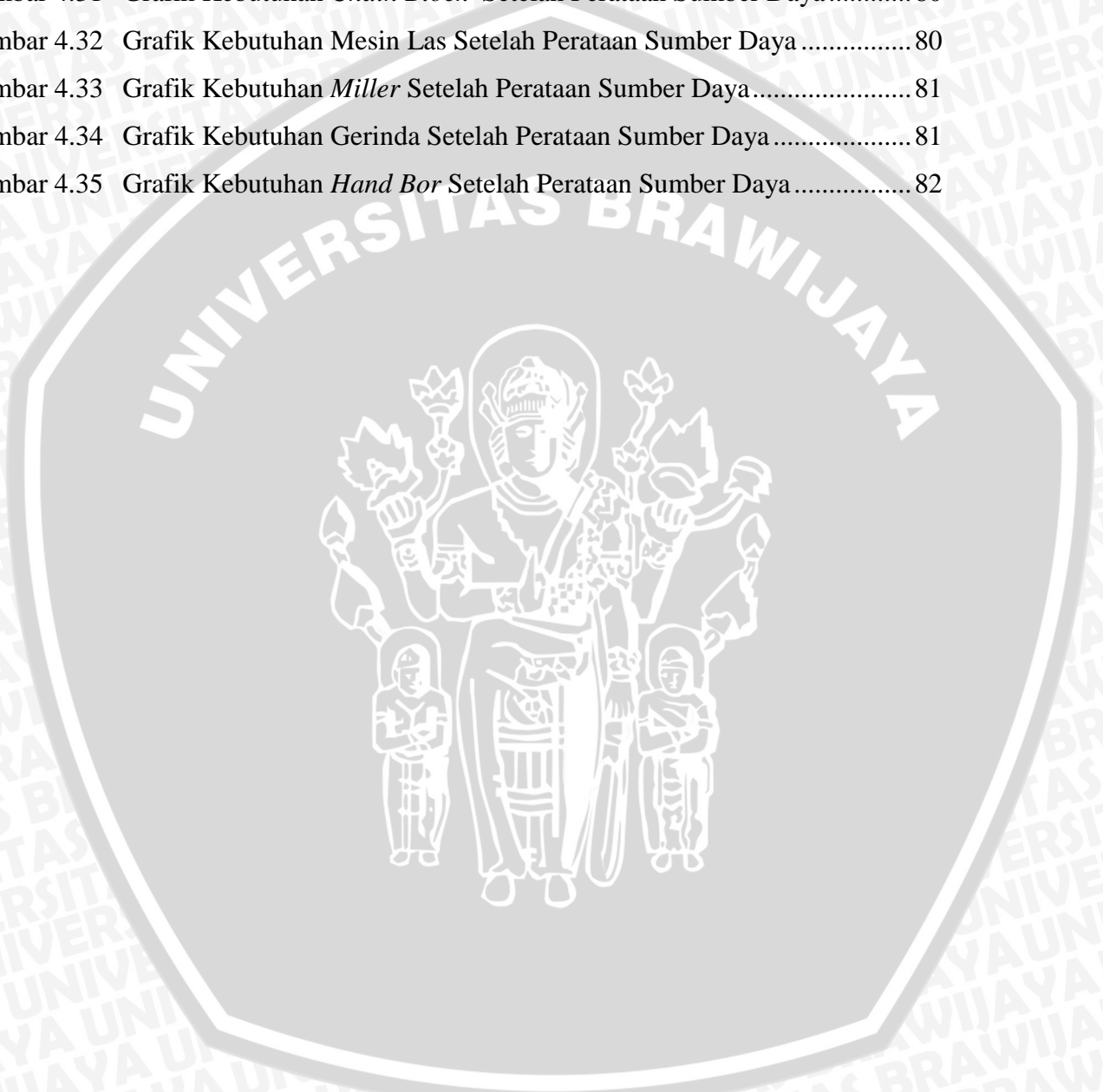
Gambar 4.31 Grafik Kebutuhan *Chain Block* Setelah Perataan Sumber Daya..... 80

Gambar 4.32 Grafik Kebutuhan Mesin Las Setelah Perataan Sumber Daya 80

Gambar 4.33 Grafik Kebutuhan *Miller* Setelah Perataan Sumber Daya..... 81

Gambar 4.34 Grafik Kebutuhan Gerinda Setelah Perataan Sumber Daya..... 81

Gambar 4.35 Grafik Kebutuhan *Hand Bor* Setelah Perataan Sumber Daya 82



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1	<i>TIME SCHEDULE PROYEK</i> Pengadaan dan Pemasangan “ <i>Steam Boiler Dan Central Boiler</i> ” Perusahaan	89
Lampiran 2	Laporan Progress Pengerjaan Proyek “ <i>Steam Boiler Dan Central Boiler</i> ” Periode Pelaporan 20 Februari 2016	91
Lampiran 3	<i>Manual Book Bosch Universal Steam Boiler UL-S/UL-SX</i>	93
Lampiran 4	Jadwal Pengalokasian SDM Sesudah <i>Resource Leveling</i> SDM	97
Lampiran 5	Jadwal Pengalokasian Alat Sesudah <i>Resource Leveling</i> Alat.....	103
Lampiran 6	<i>Time Schedule</i> Proyek Pengadaan dan Pemasangan “ <i>Steam Boiler dan Central Boiler</i> ” Hasil CPM dan <i>Resource Leveling</i>	113



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



RINGKASAN

Achmad Syaifuddin Arif. Jurusan Teknik Industri. Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Agustus 2016, *Penjadwalan Proyek Menggunakan Critical Path Method (CPM) Dengan Kendala Ketersediaan Sumber Daya Manusia dan Alat (Studi Kasus: Proyek Steam Boiler dan Central Boiler Oleh PT Swadaya Graha di Kota Kediri)*, Dosen Pembimbing: Ceria Farel Mada Tantrika dan Ihwan Hamdala.

Penelitian ini berobjek proyek “Pengadaan dan Pemasangan *Steam Boiler* dan *Central Boiler*” dikerjakan oleh PT Swadaya Graha. Saat penelitian ini mulai dilakukan, proyek telah mencapai pertengahan tahap pengerjaan. Namun dalam pengerjaannya mengalami keterlambatan karena pengalokasian SDM dan peralatan yang tidak merata sehingga melebihi kapasitas yang tersedia. Pada penelitian ini dilakukan salah satu metode penjadwalan proyek dan pengalokasian SDM dan peralatan proyek. Yaitu penjadwalan aktivitas proyek menggunakan *Critical Path Method (CPM)* dan metode perataan sumber daya menggunakan *Resource Leveling* pada proyek tersebut. Berdasarkan kontrak kerja dengan *user* proyek mulai dikerjakan sejak 27 Januari 2016 sampai dengan 4 April 2016.

Pada penelitian ini dilakukan analisa dari laporan pencapaian harian dan atau mingguan dari perusahaan untuk mengetahui aktivitas mana yang mengalami keterlambatan dan seperti apa pengaruhnya pada durasi akhir proyek. Selanjutnya pendefinisian aktivitas dari proyek untuk memperoleh hubungan antar aktivitas dan digunakan sebagai acuan dalam penyusunan *network diagram* dari proyek. Selanjutnya dilakukan penjadwalan aktivitas menggunakan metode CPM, sehingga diperoleh durasi pengerjaan aktivitas dan jalur kritis dari proyek. Selanjutnya dilakukan perataan sumber daya manusia mengacu dari *time schedule* hasil CPM menggunakan metode *resource leveling* dan diperoleh durasi pengerjaan aktivitas yang baru. Setelah itu dilakukan perataan sumber daya peralatan proyek berdasarkan dari hasil perataan sumber daya manusia.

Berdasarkan hasil penjadwalan ulang dengan metode CPM didapatkan 4 jalur aktivitas kritis. Berdasarkan aktivitas kritis tersebut, dapat diperoleh durasi waktu pengerjaan proyek selesai dalam waktu 81 hari. Selanjutnya digunakan sebagai acuan untuk dilakukan perataan sumber daya manusia menggunakan metode *resource leveling* sehingga diperoleh durasi penyelesaian proyek selama 97 hari. Berdasarkan hasil *resource leveling* yang selanjutnya menghasilkan jadwal baru sebagai acuan untuk perataan peralatan proyek. Setelah dilakukan perataan peralatan proyek diperoleh durasi penyelesaian proyek menjadi 109 hari. Berdasarkan data terakhir di lapangan, durasi penyelesaian proyek aktual selama 112 hari. Keterlambatan ini disebabkan oleh pengalokasian SDM dan peralatan proyek yang melebihi kapasitas yang dimiliki oleh perusahaan. Durasi pengerjaan tersebut lebih mendekati dengan durasi pengerjaan aktual daripada perencanaan jadwal pengerjaan proyek oleh perusahaan. Sehingga patut dipertimbangkan oleh perusahaan karena jadwal tersebut lebih mendekati nilai aktual dari penyelesaian proyek.

Kata Kunci: *critical path method*, *resource leveling*, penjadwalan proyek.



(Halaman ini sengaja dikosongkan)



SUMMARY

Achmad Syaifuddin Arif, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, August 2016, *Project Scheduling Use Critical Path Method (CPM) By Constraints Of Human Resources And Tools Availability (Case Study: Project "Installation Of A Steam Boiler And Central Boiler by PT Swadaya Graha, Kediri)*, Academic Supervisor: Ceria Farela Mada Tantrika dan Ihwan Hamdala.

This research based on "Procurement And Installation of A Steam Boilers And Central Boiler" project. When this research started, this project worked by PT Swadaya Graha has reached the beginning of middle stage. Meanwhile the construction slightly late caused by allocation of resources and equipment. In this study is done by one method of project scheduling and human and equipment resources allocation. That was activity scheduling use Critical Path Method (CPM) and human and equipment resources flattening method called resource leveling. Based on contract with project user, this project began worked since January 27th 2016 until April 4th 2016.

In this study doing analysis from daily and weekly activity report that gets from the company to know which activities that delayed and how that caused to final duration of the project. Then define the project activities to get relationship between activities and used as base to make project network diagram. And then scheduling project activity using CPM, get the activity duration and critical path of the project. Then do flattening human resource based on time schedule from CPM used resource leveling method and get new project time schedule. After that do flattening equipment resource based on result of human resource scheduling.

Based on result of the rescheduling by CPM can get 4 critical path, that used to calculate final project duration done by 81 days. Then used to process human resource flattening use resource leveling method so can get project final duration by 97 days. Based on result of human resource scheduling then results new time schedule that used to equipment project flattening. After do equipment project flattening get the project final duration become 109 days. Based on last result in the field, actual final project duration begin 112 days. This delay caused by human and equipment project resource allocation more than capacity of human and equipment resource company. That time schedule closer to actual project duration by company. So this result or method improper to considered by company.

Keywords: Critical Path Method, resource leveling, project rescheduling



(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

Ber macam-macam perusahaan dengan skala yang besar berada di Indonesia. Beberapa industri dalam bidang manufaktur merupakan perusahaan dengan skala yang besar dan membutuhkan kapasitas perusahaan yang besar pula. Dalam mencapai kapasitas yang diinginkan tentunya memerlukan elemen-elemen perusahaan yang juga memadai. Kebutuhan akan peralatan pendukung produksi seperti mesin dan peralatan lainnya akan terus meningkat demi mencapai kapasitas yang diinginkan oleh perusahaan. Peningkatan dalam bentuk teknologi baru, ataupun optimasi kemampuan dari mesin atau peralatan produksi, penggunaan metode baru akan dilakukan oleh perusahaan demi dapat memenuhi kebutuhan konsumen yang terus meningkat.

Bertambahnya kebutuhan perusahaan akan peralatan ataupun mesin untuk peningkatan kapasitas produksi dalam pemenuhan kebutuhan, berimbas pada peningkatan permintaan kepada perusahaan jasa penyedia atau fabrikasi alat produksi. Dimana peran perusahaan penyedia tersebut untuk mengatur aktivitas atau pekerjaan apa saja yang harus dikerjakan dan berapa lama waktu pengerjaannya agar sesuai dengan waktu yang diminta oleh *user*. Dalam pengalokasian waktu, biaya dan sumber daya, serta penentuan lama waktu pengerjaan tiap aktivitas, perusahaan menerapkan konsep manajemen proyek. Meskipun telah menerapkan konsep manajemen proyek dalam pengerjaan proyeknya, terkadang terjadi ketidaksesuaian antara apa yang direncanakan dan apa yang terjadi di lapangan.

PT. Swadaya Graha berdiri sejak 1985 merupakan perusahaan yang bergerak dalam beberapa bidang kerja, seperti pengerjaan proyek sipil, konstruksi baja, *mechanical & electrical* dan persewaan alat berat. Salah satu bidang fokusnya adalah bidang jasa penyedia atau fabrikasi alat bantu produksi atau mesin yang dibutuhkan oleh industri manufaktur. Pada pengerjaannya perusahaan tersebut sering mengalami masalah keterlambatan. Sebagai perusahaan jasa penyedia atau fabrikasi alat produksi atau mesin industri manufaktur, diharapkan PT. Swadaya Graha mampu memenuhi kepuasan konsumen dengan sebaik-

baiknya. Keterlambatan dalam pengerjaan proyek di PT. Swadaya Graha umumnya terjadi karena beberapa hal seperti kedatangan material yang terlambat, perlunya adaptasi dalam menerapkan metode baru dalam pengerjaan aktivitas proyek di lapangan, kedatangan tenaga kerja dan alat kerja yang terlambat, ralat/revisi dari *user*, terjadinya kesalahan pada proses fabrikasi (*rework*) dan pekerjaan oleh kontraktor sebelumnya belum selesai.

Sejak akhir Januari 2016 PT. Swadaya Graha sedang mengerjakan sebuah *single project* dimana mereka fokus mengalokasikan seluruh sumber dayanya pada proyek ini. Proyek tersebut adalah “Proyek Pengadaan dan Pemasangan *Steam Boiller & Central Boiller*” di PT. Gudang Garam Tbk. Kota Kediri. Sesuai dengan kontrak dengan user, proyek tersebut dimulai pada tanggal 27 Januari 2016 dan direncanakan selesai pada tanggal 4 April 2016, dengan durasi waktu penyelesaian proyek selama 68 hari (ditunjukkan pada Lampiran 1). Proyek ini memiliki beberapa bagian aktivitas pekerjaan, antara lain adalah pekerjaan persiapan, pengerjaan *Feed Deaeration Plant Central Boiler*, pengerjaan *Central Boiler* dan *Chimney*, pengerjaan *Line Steam & Condensate Central Boiler*, pengerjaan *Line Feed Deaerator Plant* (WSM), pengerjaan *Separator Blowdown Central Boiler*, pengerjaan *Fuel Line Central Boiler* Unit V, dan pengerjaan *Water Softener*. Berdasarkan hasil wawancara dengan *project manager* dan koordinator bidang PPC dari perusahaan, pada tanggal 20 Februari 2016 seharusnya sudah mencapai 25% dari progress pengerjaan proyek, namun pada realisasinya proyek masih mencapai 18% (ditunjukkan pada Lampiran 2). Hal ini menunjukkan bahwa terdapat gap sebanyak 7% antara progress perencanaan dan pengerjaan aktual di lapangan atau selama 4,76 hari atau pembulatan 5 hari.

Tabel 1.1 menunjukkan perbandingan durasi waktu rencana dan aktual pada proyek “Pengadaan dan Pemasangan *Steam Boiler* dan *Central Boiler*” ada bagian aktivitas proyek yang sudah dikerjakan sesuai dengan target pengerjaan yang direncanakan oleh perusahaan. Namun ada bagian aktivitas yang persentase pengerjaannya tidak sesuai dengan rencana perusahaan. Hal ini menyebabkan persentase kemajuan proyek secara keseluruhan tidak sesuai dengan perencanaan, dikarenakan akumulasi dari bagian-bagian aktivitas proyek yang tidak sesuai persentase pencapaian yang direncanakan oleh perusahaan.

Tabel 1.1 Perbandingan Rencana dan Aktual *Time Schedule* Proyek Periode Januari - Februari 2016

NO	Uraian Pekerjaan	Januari			Februari																					
		28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
A	ENGINEERING PROSES																									
B	PENGADAAN MATERIAL																									
C	MARKING LINE																									
D	PEMASANGAN FEED DEAERATION PLANT CENTRAL BOILER																									
E	PEMASANGAN BOILER LOOS SN 120315 & SN 120316 CAP 16 T/Hf (NEW BOILER)																									
F	BOILER UNIVERSAL TYPE : UL-S16000X16 WITH ACCESSORIES																									
G	BOILER UNIVERSAL TYPE : UL-S16000X10 WITH ACCESSORIES																									
H	BOILER UNIVERSAL TYPE : UL-S16000X16 WITH ACCESSORIES																									
I	BOILER UNIVERSAL TYPE : UL-S16000X10 WITH ACCESSORIES																									
J	CHIMNEY Ø900MM, H=23500MM																									
K	CHIMNEY Ø700MM, H=23500MM																									
L	PEMASANGAN STEAM LINE BOILER INTEC TO STEAM HEADER																									
M	PEMASANGAN CONDENSAT LINE BOILER INTEC																									
N	PEMASANGAN STEAM LINE DISTILASI FROM STEAM HEADER																									
O	PEMASANGAN CONDENSATE LINE DISTILASI																									
P	PEMASANGAN STEAM LINE CLOVE TO STEAM HEADER																									
Q	PEMASANGAN CONDENSATE LINE CLOVE																									
R	PEMASANGAN STEAM LINE ABL FROM STEAM HEADER																									
S	PEMASANGAN CONDENSATE LINE ABL																									
T	PEMASANGAN STEAM LINE DIET PLANT FROM STEAM HEADER																									
U	PEMASANGAN CONDENSATE LINE DIET PLANT																									
V	PEMASANGAN LINE FEED DAERATOR PLANT (WSM)																									
W	PEMASANGAN SEPARATOR BLOWDOWN CENTRAL BOILER																									
X	PEMASANGAN LINE CNG CENTRAL BOILER UNIT V																									
Y	PEMASANGAN LINE SOLAR CENTRAL BOILER UNIT V																									
Z	PEMASANGAN WATER SOFTENER																									
AA	PEMASANGAN LINE COMPRESSOR																									
AB	COMPLETION WORK																									
AC	FLASHING AND HYDRO																									
AD	INSULATION AND JACKETING																									
AE	COMMISIONING																									

Sumber: Rekapitulasi Data PT Swadaya Graha 2016

Berdasarkan Tabel 1.1 terjadi keterlambatan penyelesaian pada aktivitas pengadaan dan pemasangan *chimney*, pemasangan *steam line boiler intec to steam header*, pemasangan *condensat line boiler intec* dan pemasangan *separator blowdown central boiler*. Keterlambatan tersebut dipicu karena kendala sumber daya manusia dan alat yang dialokasikan untuk proyek ini. Khususnya pada aktivitas pengadaan dan pemasangan *chimney* yang mengalami keterlambatan sangat berpengaruh pada dimulainya aktivitas-aktivitas dibelakangnya serta mempengaruhi durasi akhir dari pengerjaan proyek. Keterlambatan tersebut terjadi pada rentang waktu 9 Februari 2016 sampai dengan 20 Februari 2016.

Pengalokasian SDM dan alat yang kurang optimal menjadi penyebab utama dari pengerjaan aktivitas proyek menjadi terlambat. Penyebab yang menimbulkan keterlambatan pada penyelesaian proyek. Tabel 1.2 menjelaskan mengenai beberapa jenis SDM dan alat yang mengalami pengalokasian melebihi kapasitas yang tersedia, yang ditunjukkan dengan *highlight* warna biru.

Tabel 1. 2 Rekapitulasi Kebutuhan SDM dan Alat Tiap Aktivitas Periode 8 Sampai 20 Februari 2016

ID	Nama SDM / Alat	Februari 2016													
		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
SDM	Superintendent	Dibutuhkan	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	
		Tersedia	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
	Supervisor	Dibutuhkan	2	3	3	2	2	2	3	4	4	4	5	5	5
		Tersedia	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Foreman	Dibutuhkan	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	3	3	4
		Tersedia	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	Welder	Dibutuhkan	6	7	7	4	7	7	13	17	17	17	21	21	25
		Tersedia	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	Fitter	Dibutuhkan	5	6	6	5	6	6	8	9	9	9	12	12	14
		Tersedia	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
	Semi Fitter	Dibutuhkan	5	8	8	5	12	12	15	18	18	18	23	23	24
		Tersedia	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	Helper	Dibutuhkan	3	9	8	7	11	11	14	17	17	17	21	21	22
		Tersedia	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Alat	Crane 45 ton	Dibutuhkan	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	
		Tersedia	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Crane 85 ton	Dibutuhkan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
		Tersedia	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Crane 130 ton	Dibutuhkan	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	
		Tersedia	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Forklift 5 ton	Dibutuhkan	1	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	
		Tersedia	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	Chain Block	Dibutuhkan	10	13	13	7	9	9	12	14	14	14	21	21	21
		Tersedia	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	Mesin Las	Dibutuhkan	6	7	7	4	7	7	13	17	17	17	21	21	25
		Tersedia	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	Miller	Dibutuhkan	2	3	3	2	3	3	5	6	6	6	9	9	9
		Tersedia	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Gerinda	Dibutuhkan	5	11	11	8	9	9	13	15	15	15	18	18	21	
	Tersedia	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Handbor	Dibutuhkan	2	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	Tersedia	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	

Sumber: Rekapitulasi Data PT Swadaya Graha 2016

Pada pengerjaan aktivitas pengadaan dan pemasangan *chimney*, pemasangan *steam line boiler intec to steam header*, pemasangan *condensat line boiler intec* dan pemasangan *separator blowdown central boiler* yang mengalami keterlambatan, disebabkan karena keterbatasan SDM dan alat, khususnya untuk tenaga kerja *welder* dan *supervisor*, dimana pada tanggal 15 sampai 20 Februari tingkat kebutuhan *welder* dan *supervisor* cukup tinggi.

Menunjukkan bahwa *welder* dan *supervisor* dibutuhkan pada beberapa aktivitas penting lainnya, khususnya tenaga kerja *welder* karena dari Tabel 1.2 menunjukkan kebutuhan *welder* yang jauh melebihi kapasitas.

Kendala keterbatasan SDM dan alat seperti pada Tabel 1.2 menyebabkan terjadinya keterlambatan pengerjaan aktivitas proyek. Selain kendala akan keterbatasan SDM yang dimiliki, pada pengalokasian alat untuk pengerjaan proyek juga mengalami kendala yang sama. Seperti *chain block*, mesin las, *miller* dan gerinda. Khususnya pada peralatan mesin las dan *miller* yang mengalami kelebihan pengalokasian paling banyak. Hal tersebut menunjukkan pengalokasian SDM dan alat yang dimiliki pada proyek *Steam Boiler* dan *Central Boiler* tidak merata dan melebihi kapasitas.

Berdasarkan uraian diatas perlu dilakukan penyusunan jadwal pengerjaan proyek menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM) karena metode ini fokus pada perencanaan dan pengendalian waktu dan biaya pengerjaan proyek. Namun pada penelitian ini tidak terlalu memperhatikan aspek biaya. Selain itu menggunakan metode CPM dapat mengetahui jalur kritis dan aktivitas kritis dari rangkaian aktivitas proyek. Sehingga dapat diketahui mana aktivitas yang sangat sensitif terhadap keterlambata. Selain itu juga perlu dilakukan penjadwalan dari tenaga kerja dan alat-alat khusus yang dibutuhkan menggunakan metode *Resource Leveling* atau pemerataan sumber daya, dikarenakan kendala keterbatasan SDM dan alat yang dimiliki. Metode penjadwalan proyek yang digunakan oleh PT. Swadaya Graha sendiri saat ini adalah metode *Gantt Chart* serta *S-Curve*.

Karena aktivitas yang telah dikerjakan mengalami keterlambatan dan mengindikasikan keterlambatan pada durasi akhir penyelesaian proyek. Namun penjadwalan aktivitas dilakukan dengan menerapkan perataan sumber daya kerja/ *resource leveling* karena metode ini fokus pada pengalokasian sumber daya yang merata dari waktu ke waktu (Soeharto 1997:222) dalam mengatasi permasalahan keterbatasan SDM dan alat. Selanjutnya, durasi waktu proyek yang dihasilkan dari metode CPM dengan memperhatikan kendala keterbatasan SDM dan alat diharapkan mampu meminimalisir terjadinya keterlambatan dikarenakan kendala keterbatasan SDM dan alat. Selain itu, diharapkan dengan durasi waktu proyek yang dihasilkan dari penelitian ini mampu memberikan nilai waktu yang lebih mendekati realisasi pengerjaan proyek *Steam Boiler* dan *Central Boiler* di lapangan. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan hasil berupa perbandingan antara penjadwalan penyelesaian proyek menggunakan metode CPM dan hasil penjadwalan yang telah direncanakan oleh perusahaan, sebagai evaluasi dan perbaikan penjadwalan proyek agar dapat mengurangi keterlambatan pada proyek selanjutnya.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka identifikasi masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Adanya kendala keterbatasan SDM dan alat yang dimiliki menyebabkan terjadinya keterlambatan pengerjaan aktivitas proyek.
2. Ketidaksesuaian antara durasi perencanaan waktu aktivitas proyek dan pekerjaan aktual di lapangan.
3. Terjadinya keterlambatan aktivitas yang menyebabkan keterlambatan pada pengerjaan aktivitas berikutnya dan durasi akhir waktu proyek.
4. Pengalokasian alat dan sumber daya manusia yang kurang sesuai pada pengerjaan aktivitas proyek.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah diatas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Aktivitas apa saja yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap keterlambatan atau disebut aktivitas kritis ?
2. Bagaimana penjadwalan yang dilakukan dengan memperhatikan kendala keterbatasan SDM dan alat pada proyek agar diperoleh waktu perencanaan yang lebih mendekati waktu realisasi pengerjaan di lapangan ?
3. Bagaimana pengalokasian SDM dan alat yang dimiliki untuk meminimalisir terjadinya keterlambatan pengerjaan aktivitas proyek ?

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis aktivitas apa saja yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap keterlambatan atau disebut aktivitas kritis.
2. Menyusun jadwal aktivitas proyek *Steam Boiller & Central Boiller* menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM) dengan memperhatikan kendala ketersediaan SDM dan alat.

3. Menjadwalkan pengalokasian SDM menggunakan metode *Resource Leveling* dan menjadwalkan pengalokasian alat berdasarkan jadwal aktivitas proyek untuk mengatasi keterlambatan.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan yang telah ditentukan sebelumnya, maka manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui cara mengatasi permasalahan keterlambatan aktivitas proyek yang disebabkan oleh kendala keterbatasan SDM dan alat pada pengerjaan aktivitas proyek *Steam Boiler & Central Boiler*.
2. Mengetahui jadwal aktivitas proyek *Steam Boiler* dan *Central Boiler* menggunakan metode CPM dengan kendala keterbatasan SDM dan alat.
3. Mengetahui pengalokasian SDM pada suatu pekerjaan menggunakan metode perataan sumber daya (*Resource Levelling*) dan pengalokasian alat berdasarkan jadwal pekerjaan dan pengalokasian SDM.

1.6 Batasan Masalah

Pada penelitian ini ditentukan batasan-batasan masalah sesuai dengan rumusan masalah diatas. Batasan-batasan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Kendala eksternal seperti pengiriman yang dilakukan oleh pihak ketiga tidak dipertimbangkan.

1.7 Asumsi - Asumsi

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah, tenaga kerja dan alat/mesin yang dialokasikan berada pada kondisi siap untuk digunakan. Faktor atau aspek biaya dan permasalahan kedatangan material diabaikan.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang dasar- dasar argumentasi ilmiah yang berhubungan dengan konsep-konsep yang diperlukan dalam penelitian dan akan dipakai dalam analisis. Serta beberapa dasar-dasar argumentasi atau teori yang digunakan dalam penelitian.

2.1 PENELITIAN TERDAHULU

Beberapa penelitian yang telah dilakukan yang berhubungan dengan metode *Critical Path Method* (CPM), penjadwalan sumber daya dan alat yang terbatas menggunakan perataan sumber daya (*Resource Leveling*), yang menjadi referensi penyusunan penelitian ini. Berikut merupakan ringkasan dari beberapa penelitian sebelumnya:

1. Hamzah (2013) menggunakan *Network Planning* dan CPM untuk efisiensi waktu dan biaya proyek dalam proyek konstruksi. Berdasarkan hasil penelitian dengan menggunakan metode CPM dalam melakukan penjadwalan aktivitas pekerjaan, diperoleh bahwa proyek menghasilkan satu jalur kritis dengan 18 kegiatan dan dua kurva S yaitu untuk awal jadwal kegiatan paling cepat dan paling lambat. Proyek yang awalnya membutuhkan waktu penyelesaian selama 150 hari dengan biaya sebesar Rp. 1.001.454.000,- . Setelah dilakukan penjadwalan menggunakan CPM, proyek dapat diselesaikan dengan durasi waktu 135 hari dan biaya sebesar Rp. 979.239.000,- . Lebih cepat 15 hari dan biaya lebih hemat sebesar Rp. 22.215.000,- .
2. Ridho (2013) menggunakan PERT dan CPM dalam mengevaluasi penjadwalan waktu dan biaya pada proyek pembangunan gedung konstruksi. Dengan menggunakan CPM, proyek dapat selesai dalam jangka waktu 112 hari. Sedangkan jika menggunakan PERT, proyek dapat selesai dalam jangka waktu 95 hari dengan kemungkinan 0,28 %, paling lambat dapat diselesaikan selama 114 hari dengan kemungkinan 99,98 %, paling mungkin diselesaikan selama 104 hari dengan kemungkinan 47,21 %. Lalu dengan menambahkan 1 jam waktu kerja maka proyek dapat diselesaikan selama 100 hari atau 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.

3. Bastian (2015) menggunakan PDM dan *Resource Leveling* untuk optimisasi proyek pembangunan perpustakaan. Berdasarkan penelitian tersebut, perencanaan waktu proyek pembangunan perpustakaan adalah selama 130 hari, sedangkan realisasinya adalah selama 230 hari. Penjadwalan yang dilakukan oleh perusahaan proyek tersebut menggunakan PDM tanpa resource leveling menghasilkan waktu penyelesaian proyek selama 127 hari dengan kebutuhan sumber daya maksimal sebanyak 26 orang, yang terdiri dari 15 pekerja, 2 tukang batu, 8 tukang kayu dan 1 tukang besi. Sedangkan penjadwalan dengan menggunakan PDM dan resource leveling menghasilkan waktu penyelesaian proyek selama 236 hari dengan kebutuhan maksimal sumber daya sebanyak 7 orang, yang terdiri dari 3 pekerja, 2 tukang batu, 1 tukang kayu dan 1 tukang besi. Perencanaan proyek dengan PDM dan resource leveling mampu memberikan hasil yang mendekati realisasi.
4. Putra (2015) melakukan perencanaan penjadwalan multi proyek konstruksi dengan keterbatasan sumber daya manusia menggunakan *Resource Leveling Method*. Penelitian ini menyusun *network planning* terlebih dahulu untuk mengetahui hubungan ketergantungan antar aktivitas dan waktu penyelesaian tiap aktivitas. Kemudian menentukan aktivitas mana yang termasuk aktivitas kritis dan mana yang tidak. Selanjutnya menggeser atau menunda pelaksanaan aktivitas yang tidak kritis dalam batas *slack* dari aktivitas tersebut untuk meratakan jumlah sumber daya manusia yang dialokasikan. Berdasarkan penelitian ini diperoleh bahwa, jumlah maksimum kebutuhan sumber daya manusia yang sebelumnya 45 orang pada minggu kedua bisa turun menjadi 45 orang.
5. Rahmadhania (2016) menggunakan CPM dalam menjadwalkan aktivitas pengerjaan proyek berdasarkan keterbatasan sumber daya, dan melakukan percepatan waktu sebagai penentuan tambahan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan untuk memperpendek durasi proyek. Penelitian ini dilakukan pada proyek fabrikasi *boiler* dan *room dryer*. Diperoleh bahwa jika menggunakan CPM sebagai metode penjadwalan aktivitas proyek diperoleh durasi penyelesaian proyek selama 57 hari. Selanjutnya dilakukan perataan sumber daya (*Resource Leveling*) didapatkan durasi penyelesaian proyek selama 84 hari dengan biaya sebesar Rp. 109.790.000. Namun tidak jauh beda dengan hasil aktual penyelesaian proyek. durasi proyek dipercepat menjadi 78 hari dengan memberlakukan lembur selama 3 jam dan penambahan tenaga kerja pada beberapa aktivitas. Dengan tambahan biaya langsung sebesar Rp. 483.750. Dan biaya

tidak langsung seperti biaya pengawasan dan administrasi mengalami pengurangan biaya ketika terjadi pengurangan waktu penyelesaian.

Dari kelima penelitian diatas yang menjadi dasar perbedaan antara penelitian ini dengan penelitian-penelitian sebelumnya dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Penulis	Tahun Penulisan	Objek Penelitian	Metode Penjadwalan Ulang	Tujuan
Hamzah	2013	Proyek Konstruksi	CPM	Efisiensi waktu dan biaya
Ridho	2013	Proyek Konstruksi	PERT dan CPM	Evaluasi penjadwalan waktu dan biaya
Bastian	2015	Proyek Konstruksi	PDM dan <i>Resource Leveling</i>	Optimisasi proyek dan penjadwalan SDM
Putra	2015	Multi proyek Konstruksi	Resource Leveling	Penjadwalan berdasarkan keterbatasan SDM
Rahmadhania	2016	Fabrikasi Mesin	CPM, <i>resource leveling</i> dan <i>crash program</i>	Penjadwalan berdasarkan keterbatasan SDM dan percepatan proyek
Penelitian ini	2016	Installasi dan fabrikasi mesin	CPM, <i>resource leveling</i> ,	Penjadwalan berdasarkan keterbatasan SDM dan alat.

2.2 Proyek

Berikut ini dijelaskan mengenai definisi, karakteristik, siklus hidup dan unsur-unsur dari proyek menurut beberapa sumber dalam bidangnya.

2.2.1 Definisi Proyek

Sebuah proyek adalah usaha yang kompleks, tidak rutin, yang dibatasi oleh waktu, anggaran, sumber daya, dan spesifikasi kinerja yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan pelanggan (Gray & Larson, 2007:3)

Proyek adalah gabungan dari sumber-sumber daya seperti manusia, material, peralatan dan modal/biaya yang dihimpun dalam suatu wadah organisasi sementara untuk mencapai sasaran dan tujuan (Husen, 2009:5)

2.2.2 Karakteristik Proyek

Menurut Husen (2009: 8) masing-masing proyek biasanya mempunyai karakteristik tersendiri dalam hal kegiatan yang dilakukan, tujuan dan sasaran, serta produk akhir. Berikut diuraikan jenis proyek berdasarkan komponen kegiatan utama dan produk akhir.

1. Proyek Konstruksi

Kegiatan utamanya adalah studi kelayakan, *design engineering*, pengadaan dan konstruksi. Hasilnya berupa pembangunan jembatan, gedung, pelabuhan, jalan raya dan sebagainya, yang biasanya menyerap kebutuhan sumber daya yang besar serta dapat dimanfaatkan oleh orang banyak.

2. Proyek Industri Manufaktur

Kegiatan utamanya adalah *design engineering*, pengembangan produk, pengadaan, manufaktur, perakitan, uji coba terhadap produk serta pemasaran. Produknya dapat berupa kendaraan, alat elektronik, bahan tekstil, pakaian, serta lainnya yang dapat diproduksi dalam jumlah massal, penggunaannya dapat bersifat individu atau dapat digunakan orang banyak.

3. Proyek Penelitian dan Pengembangan

Kegiatan utama pada proyek ini adalah melakukan penelitian dan pengembangan dalam rangka menghasilkan produk tertentu. Proses pelaksanaan serta lingkup kerja yang dilakukan sering mengalami perubahan untuk menyesuaikan dengan tujuan akhir proyek. Tujuan proyek dapat berupa memperbaiki atau meningkatkan produk, pelayanan atau metode produksi.

4. Proyek Padat Modal

Jenis proyek ini tidak diartikan berdasarkan komponen kegiatannya saja, tetapi lebih kepada jumlah dana kapital yang digunakan dengan jumlah cukup besar. Proyek padat modal tidak selalu berarti padat tenaga kerja, namun dapat saja proyek dengan teknologi tinggi yang membutuhkan biaya besar dengan tenaga kerja secukupnya. Sebagai contoh adalah proyek pembebasan lahan, pembelian material dan peralatan dengan jumlah besar, pembangunan fasilitas produksi, dan lain sebagainya.

5. Proyek Pengembangan Produk Baru

Proyek ini merupakan gabungan antara proyek penelitian dan pengembangan dengan proyek padat modal, lalu dilanjutkan dengan mendirikan unit percobaan dalam bentuk *pilot plan*. Setelah uji coba berhasil dan dapat diproduksi secara massal, dilanjutkan dengan proyek padat modal untuk membangun fasilitas produksi sesuai dengan kapasitas yang diinginkan.

6. Proyek Pelayanan Manajemen

Proyek ini berkenaan dengan kegiatan-kegiatan spesifik suatu perusahaan dimana produk akhirnya berupa jasa atau dalam bentuk non-fisik. Laporan akhir dari proyek dapat dipakai oleh perusahaan pemilik proyek sebagai rekomendasi untuk pedoman pelaksanaan, standar operasional prosedur dari suatu pekerjaan, serta efisiensi

pengelolaan suatu pekerjaan. Contoh jenis proyek ini adalah proyek pengembangan sistem informasi perusahaan, perbaikan efisiensi kinerja perusahaan, dan sebagainya.

7. Proyek Infrastruktur

Proyek ini biasanya berkaitan dengan penyediaan kebutuhan masyarakat secara luas dalam hal prasarana transportasi, pembangunan waduk pembangkit tenaga listrik, pengairan sawah, sarana instalasi telekomunikasi dan penyediaan sumber air minum. Biasanya proyek ini padat modal dan padat karya yang mendapat bantuan pinjaman dari donatur luar negeri dengan pinjaman jangka panjang, yang pembayaran serta pengelolaan dananya dilakukan oleh pemerintah atau dapat juga dengan investasi pihak swasta kemudian pemerintah memberi konsesi.

Menurut Gray & Larson (2007: 4), karakteristik sebuah proyek membantu membedakan proyek dari berbagai usaha lainnya yang dilakukan organisasi. 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.

2.2.3 Siklus Hidup Proyek

Menurut Gray & Larson (2007: 5) siklus hidup proyek umumnya melewati empat tahap berurutan, yakni penentuan (*defining*), perencanaan (*planning*), eksekusi (*executing*), dan pengiriman (*delivering*). Titik awal (*starting point*) mengawali dimulainya proyek. Usaha proyek dimulai dengan lambat, mulai meningkat, dan kemudian turun saat pengiriman proyek kepada pelanggan.

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 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.

2.3 Manajemen Proyek

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. Perampingan korporat.
5. Meningkatnya fokus pada pelanggan.
6. Cepatnya perkembangan negara ketiga dan ekonomi tertutup.
7. Proyek kecil menimbulkan masalah besar.

2.4 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*).

2.4.1 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.

2.4.2 Menentukan Cakupan Proyek

Menurut Gray & Larson (2007: 90) menentukan cakupan proyek adalah langkah untuk mengembangkan sebuah rencana proyek. Cakupan proyek adalah definisi dari hasil akhir atau misi proyek anda, sebuah produk atau jasa untuk klien/pelanggan anda. Tujuan utama adalah menentukan dengan se jelas mungkin deliverabel bagi pemakai akhir dan untuk memfokuskan rencana proyek. Definisi cakupan sangat penting, namun sering diabaikan oleh para pemimpin proyek dari korporasi besar yang dikelola dengan baik.

Definisi cakupan proyek anda adalah dokumen yang akan diterbitkan dan digunakan oleh pemilik proyek dan peserta proyek untuk merencanakan dan mengukur sukses proyek. Cakupan (*scope*) menguraikan apa yang anda harapkan untuk dikirimkan ke pelanggan anda ketika proyek selesai. Cakupan proyek anda perlu menggambarkan hasil yang henda dicapai dalam istilah yang spesifik, dapat dilihat (*tangible*) dan terukur. Menurut Gray & Larson (2007: 90), untuk memastikan bahwa definisi cakupan telah lengkap, anda dapat menggunakan daftar berikut yang merupakan daftar cakupan proyek:

1. Sasaran proyek
2. Deliverabel
3. *Milestone*
4. Persyaratan teknis
5. Batasan dan perkecualian
6. Tinjauan ulang dengan pelanggan

2.4.3 Menetapkan Prioritas Proyek

Kualitas dan sukses sebuah proyek umumnya ditentukan jika proyek memenuhi dan atau melebihi harapan pelanggan dan atau manajemen puncak dalam hal biaya (anggaran), waktu (jadwal), dan kinerja (cakupan) proyek. Hubungan antara kriteria tersebut bervariasi. Salah

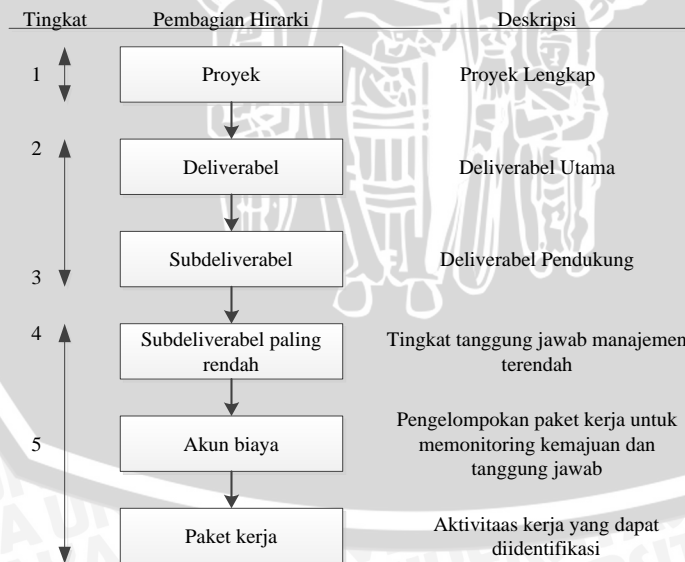
satu pekerjaan utama manajer proyek adalah mengelola imbal balik antara waktu, biaya dan kinerja. Teknik yang bermanfaat untuk tujuan ini adalah menggunakan matriks prioritas, seperti gambar 2.1 berikut ini. Untuk mengidentifikasi kriteria mana yang dibatasi, yang perlu ditingkatkan, dan yang dapat diterima.

	Waktu	Kinerja	Biaya
Membatasi		●	
Meningkatkan	●		
Menerima			●

Gambar 2. 1 Matriks Prioritas Proyek
 Sumber: Gray & Larson (2007:94)

2.4.4 Membuat Breakdown Elemen Kerja/ WBS

Menurut Gray & Larson (2007:96), 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 menjelaskan mengenai hirarki WBS :



Gambar 2. 2 Hirarki WBS
 Sumber: Gray & Larson (2007:98)

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.

2.4.5 Penyusunan Jaringan Kerja PDM (*Precedence Diagram Method*)

Menurut Soeharto (1997: 178) menyatakan bahwa, PDM diciptakan mengakomodasi kebutuhan perhitungan kegiatan-kegiatan *overlapping* yang sulit dilakukan oleh CPM (*Critical Path Method*) atau PERT (*Program Evaluation and Review Technique*). CPM dan PERT mengenal istilah *ladder diagram* yang memang digunakan untuk perhitungan *overlapping*. Namun untuk proyek dengan kompleksitas tinggi, *ladder diagram* akan menjadi tidak efisien sama sekali. Dalam PDM kegiatan *overlapping* dapat digambarkan dengan mudah.

PDM merupakan konsep *network planning* yang berbentuk *activity on node* (AON) dimana tanda panah menyatakan keterkaitan hubungan antara kegiatan. Kegiatan-kegiatan tersebut ditulis dalam bentuk *node* segi empat, sedangkan anak panah hanya sebagai penunjuk kegiatan-kegiatan yang saling berhubungan. Dengan demikian *dummy activity* tidak lagi diperlukan. (Soeharto, 1997: 247)

2.5 Macam-Macam Batasan Sumber Daya

Menurut Gray & Larson (2007: 225) di dalam proyek, ketersediaan atau tidak tersedianya sumber daya akan sering mempengaruhi cara proyek dikelola. Sumber daya utama yang harus dikelola oleh manajer proyek pada basis harian adalah orang, material, peralatan, dan modal kerja.

1. Orang

Merupakan sumber daya proyek yang paling penting dan paling nyata. Sumber daya manusia pada umumnya digolongkan berdasarkan ketrampilan yang mereka bawa pada proyek. Sebagai contoh, programmer, insinyur mesin, tukang las, inspektur, direktur pemasaran, penyelia. Jarang sekali ketrampilan dapat bertukar tempat, walaupun terjadi, umumnya dengan hilangnya produktivitas. Banyaknya ketrampilan sumber daya manusia yang berbeda-beda menambah rumitnya penjadwalan proyek.

2. Material

Ketersediaan dan kekurangan material dituding menjadi penyebab tertundanya banyak proyek. Ketika diketahui bahwa kurangnya material yang tersedia merupakan hal penting, maka material seharusnya dimasukkan dalam rencana dan jadwal jaringan proyek. Sebagai contoh, pengiriman/penyerahan dan penempatan menara *oil rig* pada sebuah ladang minyak Siberia memiliki celah waktu yang sangat kecil selama bulan musim panas. Semua penundaan penyerahan berarti penundaan satu tahun, dan ini biaya sangat besar. Contoh lain dimana material adalah sumber daya utama yang dijadwalkan adalah pelapisan ulang dan penggantian beberapa struktur *Golden Gate Bridge* di San Francisco. Kerja proyek dibatasi pada jam antara tengah malam dan pukul 5:00 pagi dengan penalti \$1,000 per menit untuk semua pekerjaan yang mengubah batasan pukul 5:00 pagi. Penjadwalan kedatangan struktur penggantian merupakan bagian penting di dalam pengembangan produk dimana waktu tiba di pasar dapat mengakibatkan kehilangan pangsa pasar.

3. Peralatan

Peralatan umumnya disajikan berdasarkan jenis, ukuran, dan kuantitas. Dalam beberapa kasus peralatan dapat dipertukarkan untuk meningkatkan jadwal, tetapi ini bukan *kasus panas*. Peralatan sering diabaikan-tidak dipandang sebagai batasan. Kelalaian yang paling umum adalah mengasumsikan bahwa sumber daya lebih dari cukup untuk proyek. Sebagai contoh, jika proyek membutuhkan satu traktor, enam bulan dari sekarang, dan organisasi memiliki empat traktor, adalah umum untuk mengasumsikan bahwa sumber daya tidak akan menunda proyek yang menunggu keputusan. Akan tetapi, ketika traktor tiba di tempat dalam enam bulan, keempat mesin yang tersedia dapat digunakan untuk proyek lain. Pada lingkungan multiproyek, adalah bijaksana untuk menggunakan satu kolam sumber daya umum untuk semua proyek. Pendekatan ini mengharuskan adanya pemeriksaan ketersediaan sumber daya umum untuk semua proyek. Pendekatan ini mengharuskan adanya pemeriksaan ketersediaan sumber daya di semua proyek dan mencadangkan peralatan untuk kebutuhan proyek spesifik di masa datang. Mengetahui batasan peralatan sebelum proyek mulai dapat menghindari *crashing* atau biaya penundaan.

4. Modal Kerja

Dalam beberapa situasi proyek, seperti konstruksi, modal kerja diperklakukan sebagai sumber daya karena persediaannya terbatas. Jika modal kerja telah tersedia, manajer proyek dapat bekerja pada banyakaktivitas secara bersamaan. Jika modal kerja hanya

sedikit tersedia karena pembayaran dilakukan bulanan, maka pemakaian material dan tenaga kerja harus dibatasi untuk kas cadangan. Situasi ini memunculkan masalah arus kas.

2.6 Penjadwalan Proyek

Menurut Husen (2009: 149) menjelaskan bahwa, 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. 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/ *network diagram* 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 Diagram Preseden (*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.

2.6.1 Penjadwalan Proyek Menggunakan *Critical Path Method* (CPM)

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

Dengan CPM, jumlah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan berbagai tahap suatu proyek dianggap diketahui dengan pasti, demikian pula hubungan antara sumber yang digunakan dan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek. Menurut Siswanto (2007) CPM adalah model manajemen proyek yang mengutamakan biaya sebagai objek yang dianalisis.

2.6.1.1 Lintasan Kritis

Heizer dan Render (2005) menjelaskan bahwa dalam melakukan analisis jalur kritis, digunakan dua proses *two pass*, terdiri atas *forward pass* dan *backward pass*. ES dan EF ditentukan selama *forward pass*, LS dan LF ditentukan selama *backward pass*. ES (*earliest start*) adalah waktu terdahulu suatu kegiatan dapat dimulai, dengan asumsi

semua pendahulu sudah selesai. EF (*earliest finish*) merupakan waktu terdahulu suatu kegiatan dapat selesai. LS (*latest start*) adalah waktu terakhir suatu kegiatan dapat dimulai sehingga tidak menunda waktu penyelesaian keseluruhan proyek. LF (*latest finish*) adalah waktu terakhir suatu kegiatan dapat selesai sehingga tidak menunda waktu penyelesaian keseluruhan proyek. Dalam metode CPM (*Critical Path Method*) dikenal dengan adanya jalur kritis, yaitu jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama.

Lintasan kritis (*Critical Path*) melalui aktivitas-aktivitas yang jumlah waktu pelaksanaannya paling lama. Jadi, lintasan kritis adalah lintasan yang paling menentukan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan, digambar dengan anak panah tebal (Badri,1997).

Menurut Badri (1997), manfaat yang didapat jika mengetahui lintasan kritis adalah sebagai berikut :

1. Penundaan pekerjaan pada lintasan kritis menyebabkan seluruh pekerjaan proyek tertunda penyelesaiannya.
2. Proyek dapat dipercepat penyelesaiannya, bila pekerjaan-pekerjaan yang ada pada lintasan kritis dapat dipercepat.
3. Pengawasan atau kontrol dapat dikontrol melalui penyelesaian jalur kritis yang tepat dalam penyelesaiannya dan kemungkinan di *trade off* (pertukaran waktu dengan biaya yang efisien) dan *crash program* (diselesaikan dengan waktu yang optimum dipercepat dengan biaya yang bertambah pula) atau dipersingkat waktunya dengan tambahan biaya lembur.
4. *Slack Time* atau kelonggaran waktu terdapat pada pekerjaan yang tidak melalui lintasan kritis. Ini memungkinkan bagi manajer/pimpro untuk memindahkan tenaga kerja, alat, dan biaya ke pekerjaan-pekerjaan di lintasan kritis agar efektif dan efisien.

2.6.1.2 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.

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

(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:

- Mengurangi waktu aktivitas sepanjang masing-masing jalur mulai dengan aktivitas terakhir dari proyek.
- Membawa LS ke aktivitas mendahului berikutnya untuk menetapkan LF
- 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.

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

(2-2)

Sumber: Soeharto (1997:200)

Keterangan:

LS = Waktu paling akhir kegiatan boleh mulai

LF = Waktu paling akhir kegiatan boleh selesai

D = Kurun waktu suatu kegiatan

2.6.1.3 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. 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.

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

(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

2.7 Penjadwalan Sumber Daya Manusia (SDM)

Menurut Husen (2009: 169), penjadwalan sumber daya seperti tenaga kerja, peralatan, material dan modal atau biaya dapat merupakan bagian dari *master schedule* atau dapat juga sebagai bagian terpisah darinya sebagai *sub-schedule*. Selain itu penjadwalan sumber daya juga bertujuan untuk 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.

Untuk proyek yang cukup kompleks, pemilihan *shchedule* sumber daya dari *master schedule*, dengan rincinya dilakukan pada *sub-schedule* adalah langkah terbaik untuk memudahkan *monitoring* atau pengawasan. Dengan menambah jumlah sumber daya, maka durasi proyek dapat dipercepat. Bila ketersediaan sumber daya masih cukup tetapi distribusinya 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 durasinya adalah batasan kurun waktu proyek, maka penjadwalan dapat dilakukan dengan perataan sumber daya (*resource leveling*).

2.7.1 Penjadwalan Sumber Daya yang Terbatas

Menurut Husen (2009:169) menjelaskan bahwa, 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 sehingga diusahakan juga durasi proyek tidak menjadi terlalu terlambat.

Menurut Husen (2009:169) bahwa sumber daya yang terbatas karena ketersediaannya yang memang langka dapat menjadi masalah besar bagi pelaksana proyek, karena hal ini akan mempengaruhi durasi proyek. Semakin sedikit jumlah ketersediaan sumber daya, maka durasi proyek semakin lama karena banyak kegiatan yang tidak dapat dilakukan akibatnya adalah adanya sanksi dari pemilik proyek yang berupa denda atau pemutusan hubungan kerja sepihak karena keterlambatan waktu penyelesaian proyek.

Menurut Husen (2009: 170), ada dua 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 kegiatan pada beberapa kegiatan.

2. Batasan sumber daya, batasan yang diakibatkan oleh ketidaktersediaan sumber daya. Menurut Husen (2009: 170), ada empat aturan yang dapat diterapkan pada penjadwalan proyek dengan hubungan alokasi sumber daya yang terbatas, yaitu:
 1. Memprioritaskan kegiatan yang mempunyai batasan kegiatan-kegiatan dengan sumber daya maksimum, lalu dilakukan penjadwalan terhadap kegiatan tersebut berbasis kontinyu.
 2. Memprioritaskan pada kegiatan kritis atau mendekati kritis dengan total *float* paling rendah, lalu dilakukan penjadwalan terhadap kegiatan tersebut dengan cara basis kontinyu.
 3. Memprioritaskan pada kegiatan mempunyai durasi paling pendek, lalu dilakukan penjadwalan terhadap kegiatan tersebut dengan cara basis kontinyu.
 4. Setelah salah satu dari 3 aturan di atas terpenuhi dilakukan pada kegiatan dengan prioritas rendah dengan berbasis terputus, kemudian dilakukan interupsi oleh kegiatan yang lebih tinggi prioritasnya.

2.7.2 Perataan Sumber Daya Manusia (*Resource Leveling*)

Menurut Soeharto (1997: 222) menjelaskan bahwa, *resource leveling* merupakan suatu metode pengalokasian sumber daya dimana kita mengatur jadwal aktifitas sedemikian rupa sehingga tingkat kebutuhan sumber daya dari waktu ke waktu menjadi serata mungkin. Dengan demikian akan diperoleh tingkat penggunaan sumber daya yang optimal, atau tingkat pengangguran sumber daya yang lebih kecil.

Pada masalah penjadwalan proyek menurut Gray & Larson (2009: 226) menjelaskan bahwa, *resource leveling* dibedakan menjadi dua, yaitu *resource constrained project* dan *times constrained project*. *Resource constrained project* adalah penjadwalan proyek dengan persediaan sumber daya yang terbatas sehingga terjadi keterlambatan proyek dengan persediaan sumber daya yang terbatas sehingga terjadi keterlambatan waktu penyelesaian proyek, sedangkan *times constrained project* adalah penjadwalan proyek dengan keterbatasan waktu proyek sehingga sumber daya yang tersedia harus ditambah agar waktu proyek sesuai dengan perencanaan. Dalam terminologi penjadwalan, dibatasi waktu berarti waktu (durasi proyek) ditetapkan dan sumber daya fleksibel, sedangkan dibatasi sumber daya berarti sumber daya ditetapkan dan waktu fleksibel.

Menurut Gray & Larson (2009: 226), ada beberapa asumsi dalam mengalokasikan sumber daya proyek. Pertama, *splitting* aktivitas tidak diperbolehkan. Ini berarti sekali sebuah aktivitas ditempatkan didalam jadwal, diasumsikan aktivitas itu akan dikerjakan terus

menerus sampai ia selesai. Oleh karena itu, sebuah aktivitas tidak bisa dimulai, dihentikan untuk satu periode waktu, dan kemudian diselesaikan. Sumber daya tingkat kedua digunakan untuk sebuah aktivitas yang tidak bisa diubah. Asumsi pembatasan ini tidak ada dalam praktik, cukup dipelajari saja. Manajer proyek yang baru, dalam kenyataannya tidak mengalami kesulitan untuk menangani aktivitas-aktivitas yang di-*split* dan tingkat sumber daya yang diubah.

Heuristik tidak selalu menghasilkan jadwal optimal, tetapi mampu menghasilkan jadwal yang “baik” untuk jaringan yang sangat kompleks dengan banyak jenis sumber daya. Efisiensi dari aturan yang berbeda-beda dan kombinasi aturan-aturan berbeda telah didokumentasikan dengan baik. Heuristik mengalokasikan berbagai sumber daya ke berbagai aktivitas untuk meminimalkan penundaan proyek. Ia memprioritaskan aktivitas-aktivitas mana yang mendapatkan sumber daya dan mana yang ditunda ketika sumber daya tidak cukup. Penjadwalan heuristik berikut ini secara konsisten meminimalkan penundaan proyek pada berbagai proyek besar (Gray & Larson 2009: 228). Penentuan tingkat prioritas heuristik sesuai dengan urutan sebagai berikut:

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

Berikut merupakan aturan pengalokasian sumber daya menggunakan metode *Resource Leveling*:

1. Cari ES paling kecil, jika *eligible* (mungkin dilakukan) maka *load* kegiatan tersebut.
2. Jika ES sama, maka ambil *slack* yang lebih kecil.
3. Jika ES dan *slack* sama, maka ambil durasi yang lebih kecil.
4. Jika ES, *slack*, dan durasi sama, maka urutkan sesuai ID atau nomor kegiatan.

Dari semua penjelasan di atas, perataan sumber daya dimaksudkan untuk meningkatkan produktifitas, efektivitas, dan efisiensi penggunaannya, menjaga pola penyebarannya yang logis dari segi kuantitas serta menempatkan kualitas sumber daya yang sesuai dengan kebutuhan proyek dan diharapkan dengan durasi yang tidak berubah.

2.8 Penjadwalan Alat Proyek

Dalam penentuan alokasi sumber daya peralatan yang akan digunakan dalam suatu proyek, kondisi kerja serta kondisi peralatan perlu diidentifikasi terlebih dahulu. Agar tingkat kebutuhan pemakaian dapat direncanakan secara efektif dan efisien. Menurut Husen (2009: 40), beberapa yang perlu diidentifikasi adalah:

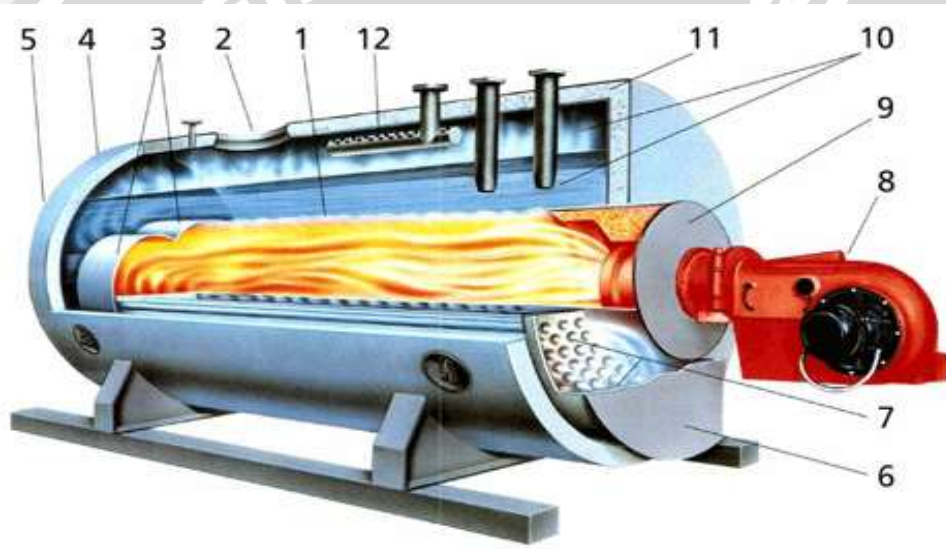
1. Medan Kerja, untuk menentukan kondisi medan kerja dari tingkat mudah, sedang, atau berat. Kapasitas peralatan yang digunakan dapat disesuaikan dengan kondisi-kondisi tersebut.
2. Cuaca, identifikasi ini perlu dilakukan khususnya pada proyek dengan keadaan lahan terbuka. Cuaca basah/hujan cenderung menyulitkan pengendalian peralatan, baik mobilisasinya maupun manuver-manuver yang akan dilakukan di lokasi proyek.
3. Mobilisasi/Perpindahan, perlu direncanakan dengan detail, khususnya untuk peralatan-peralatan berat. Akan ada kesulitan bila rute perjalanan menuju proyek tidak didukung oleh keadaan jalan atau jembatan kecil atau tidak memadai.
4. Komunikasi, antar operator peralatan dengan pengendali pekerjaan harus saling berkomunikasi, dengan peralatan komunikasi yang cukup dan harus tersedia agar langkah-langkah pekerjaan yang dilakukan sesuai rencana.
5. Fungsi peralatan harus sesuai dengan pekerjaan yang akan dilakukan untuk menghindari tingkat pemakaian yang tidak efektif dan efisien.
6. Kondisi peralatan harus layak pakai agar pekerjaan tidak tertunda karena peralatan rusak. Bila perlu tenaga mekanikal peralatan harus disiapkan guna mengatasi kerusakan-kerusakan alat.

Menurut Husen (2007: 41) dari kesemua hal di atas, selain *master schedule*, hendaknya penjadwalan peralatan dibuat tersendiri sebagai bagian terpadu, sehingga pengendalian peralatan dapat ditangani oleh seorang supervisi yang mengatur agar semua kebutuhan pekerjaan yang menggunakan peralatan tersebut disesuaikan dengan kebutuhan *master schedule*. Seperti alokasi penggunaan tenaga kerja, alokasi penggunaan peralatan disesuaikan dengan kebutuhan di sepanjang durasi proyek dengan pertimbangan-pertimbangan logis dari awal hingga akhir proyek.

2.9 Boiler

Boiler/ketel uap merupakan bejana tertutup dimana panas pembakaran dialirkan ke air sampai terbentuk air panas atau steam berupa energi kerja. Air adalah media yang berguna dan murah untuk mengalirkan panas ke suatu proses. Air panas atau *steam* pada tekanan dan suhu tertentu mempunyai nilai energi yang kemudian digunakan untuk mengalirkan panas dalam bentuk energi kalor ke suatu proses. Jika air dididihkan sampai menjadi steam, maka volumenya akan meningkat sekitar 1600 kali, menghasilkan tenaga yang menyerupai bubuk mesiu yang mudah meledak, sehingga sistem boiler merupakan peralatan yang harus dikelola dan dijaga dengan sangat baik.

Sistem boiler terdiri dari sistem air umpan, sistem steam, dan sistem bahan bakar. Sistem air umpan menyediakan air untuk boiler secara otomatis sesuai dengan kebutuhan steam. Berbagai kran disediakan untuk keperluan perawatan dan perbaikan dari sistem air umpan, penanganan air umpan diperlukan sebagai bentuk pemeliharaan untuk mencegah terjadi kerusakan dari sistem steam. Sistem steam mengumpulkan dan mengontrol produksi steam dalam boiler. *Steam* dialirkan melalui sistem pemipaan ke titik pengguna. Pada keseluruhan sistem, tekanan steam diatur menggunakan kran dan dipantau dengan alat pemantau tekanan. Sistem bahan bakar adalah semua peralatan yang digunakan untuk menyediakan bahan bakar untuk menghasilkan panas yang dibutuhkan. Peralatan yang diperlukan pada sistem bahan bakar tergantung pada jenis bahan bakar yang digunakan pada sistem. Berikut adalah bagian-bagian boiler secara umum.



Gambar 2. 3 Bagian-Bagian Boiler

Sumber: <http://boiler.co.id> (diakses pada 25 April 2016)

Pada gambar 2.3 dapat dilihat bagian-bagian dari boiler secara umum. Berikut merupakan penjelasan dari bagian-bagian boiler pada Gambar 2.3:

1. *Flame Tube* yang memiliki diameter besar yang akan menghasilkan pembakaran yang sempurna. *Combustion Chamber* memiliki dimensi yang berbeda-beda disesuaikan dengan jenis *boiler*.
2. *Man Hole* dan lubang inspeksi untuk mengetahui kondisi boiler secara cepat seperti kondisi air.
3. “*Wet-back*” desain *boiler* dengan ruangan pembalik air dingin
4. *Sight Holes* untuk mengamati pembakaran *boiler* dari sisi belakang tabung.
5. *Safety Flap* untuk menghindari kerusakan akibat pembakaran tidak sempurna.
6. Tempat pembersihan cepat

7. Eksploitasi bahan bakar fase 2 dan 3 yang akan mempengaruhi efisiensi pembakaran.
8. Lubang kaca untuk mengamati pembakaran dari sisi depan tabung.
9. Sirkulasi natural air *boiler*.
10. *Steady Capacity* dan tekanan untuk ruang air dan uap.
11. *High Grade Insulation* untuk meminimalkan panas yang terbuang (*heat loss*).
12. *Steam Drier*, permukaan evaporasi.

2.9.1 Universal Steam Boiler UL-S/UL-SX

Water tube boiler memiliki karakteristik yang hampir sama dengan Fire tube boiler, jika pada Fire tube boiler itu hanya mampu menyimpan tekanan steam rendah sedangkan pada Water tube boiler mampu menghasilkan kapasitas dan tekanan steam yang tinggi. Bukan hanya itu saja karakteristik dari Water tube boiler diantaranya kurang toleran terhadap kualitas air yang dihasilkan dari plant pengolahan air. Water tube boiler dirancang dengan kapasitas steam antara 4.500 – 12.000 kg/jam, dengan tekanan sangat tinggi.

Boiler yang digunakan pada proyek ini adalah jenis *water tube boiler*, *UNIVERSAL steam boiler UL-S/UL-SX*. Dimana boiler ini memosisikan *flame tube*, *the internal wet-back rear smoke gas*, pipa asap pertama dan kedua secara horizontal di bawah agar memberikan tekanan yang optimal. Panas dan konveksi di permukaan dapat disalurkan dengan cepat menuju pipa-pipa air. Mengenai spesifikasi boiler yang digunakan pada proyek yang dibahas dapat dilihat pada Lampiran 3 yang bersumber dari *bosch-industrial.com*.

Proses pengapian terjadi diluar pipa, kemudian panas yang dihasilkan memanaskan pipa yang berisi air dan sebelumnya air tersebut dikondisikan terlebih dahulu melalui economizer, kemudian steam yang dihasilkan terlebih dahulu dikumpulkan di dalam sebuah steam-drum. Sampai tekanan dan temperatur sesuai, melalui tahap *secondary superheater* dan *primary superheater* baru steam dilepaskan ke pipa utama distribusi. Steam atau uap yang dihasilkan oleh boiler didistribusikan untuk mesin pengolah cengkeh dan mesin pengering tembakau melalui *header* dan sistem *piping* menuju masing-masing *plant* cengkeh dan tembakau.

2.10 Hipotesa Penelitian

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya beserta tinjauan pustaka diatas, dapat hipotesis awal yaitu: dengan penjadwalan proyek pengadaan dan pemasangan *Steam Boiler* dan *Central Boiler* menggunakan metode CPM dan mengatasi masalah keterbatasan SDM dan alat menggunakan metode *resource leveling* berdasarkan ketersediaan SDM dan alat pada tiap periode pengerjaan.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi tentang metode 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

Penelitian ini menggunakan metode penelitian deskriptif, yaitu penelitian yang bermaksud untuk membuat pencandraan (deskripsi) mengenai situasi-situasi atau kejadian-kejadian. Dalam arti penelitian deskriptif itu adalah akumulasi data dasar dalam cara deskriptif semata-mata tidak perlu mencari atau menerangkan saling berhubungan, mentest hipotesis, membuat ramalan, atau mendapatkan makna dan implikasi walaupun penelitian yang bertujuan untuk menemukan hal-hal tersebut dapat mencakup juga metode-metode deskriptif (Suryabrata 2009:76).

Penelitian ini melakukan deskripsi dan analisa sebab permasalahan berdasarkan kondisi langsung yang terjadi di lapangan. Untuk memperoleh solusi saran perbaikan dari permasalahan yang ada.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT. Swadaya Graha, Kota Kediri. Dan dimulai sejak bulan Maret 2016 sampai selesai. Dengan berfokus pada proyek “*Steam Boiler dan Central Boiler*” di PT. Gudang Garam Tbk. Unit V”

3.3 Langkah-Langkah Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Lapangan

Pengamatan langsung, melakukan wawancara dan mempelajari arsip data perusahaan mengenai proyek yang sedang dikerjakan. Untuk mengetahui kondisi proyek terbaru serta mengetahui permasalahan yang dapat mengindikasikan keterlambatan pengerjaan proyek.

2. Studi Literatur

Mengumpulkan dan membaca referensi terkait dengan permasalahan atau kondisi yang didapatkan dari hasil studi lapangan.

3. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah awal diperoleh dengan melakukan diskusi dan wawancara dengan *Site Manager* dari PT. Swadaya Graha untuk mengetahui gambaran umum mengenai masalah yang terjadi. Selain itu juga dilakukan pengamatan langsung pada pengerjaan proyek di lapangan untuk memperoleh beberapa kemungkinan akar permasalahan. Setelah memahami permasalahan tersebut dengan jelas maka dapat mulai dilakukan identifikasi lebih mendalam mengenai permasalahan yang telah didapat. Selanjutnya melakukan studi literatur untuk menentukan metode yang sesuai untuk menyelesaikan permasalahan yang ada.

4. Perumusan Masalah

Setelah mengidentifikasi permasalahan dan mengetahui beberapa kemungkinan akar permasalahan. Serta mengetahui metode apa yang sesuai dengan permasalahannya. Selanjutnya merumuskan hasil tersebut sesuai dengan permasalahan yang terjadi di lapangan.

5. Penentuan Tujuan Penelitian

Dalam menentukan tujuan penelitian, mengacu berdasarkan hasil dari perumusan masalah yang telah dilakukan sebelumnya. Dimana pada akhirnya, tujuan juga digunakan sebagai parameter tingkat keberhasilan dari penelitian.

6. Pengumpulan Data

Jenis data yang dikumpulkan pada penelitian ini adalah data mengenai informasi aktivitas proyek mencakup nama aktivitas, durasi pengerjaan, waktu rencana dan realisasi pengerjaan, laporan kemajuan proyek mingguan/bulanan, data sumber daya dan alat yang tersedia, serta pengalokasian sumber daya dan alat proyek yang dilakukan oleh perusahaan. Metode pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Wawancara, mengajukan pertanyaan secara langsung dengan pihak yang berhubungan dengan objek penelitian, khususnya *project manager* dan bidang PPC. Data yang diperoleh dari teknik wawancara ini adalah informasi proyek dan faktor penyebab ketidaksesuaian jadwal aktual proyek.
- b. Mengadakan pengamatan langsung ke lapangan atau observasi ke lapangan. Data yang diperoleh dari teknik observasi ini berupa prosentase data tingkat pencapaian pengerjaan proyek.

- c. Mengamati dan mempelajari arsip-arsip pendukung yang berkaitan dengan permasalahan dari proyek yang sedang diteliti. Data yang diperoleh dari teknik ini adalah daftar aktivitas kerja proyek, waktu perencanaan proyek awal dan waktu realisasi / aktual.

7. Pengolahan Data

Kumpulan data yang telah diperoleh selanjutnya diolah melalui tahapan-tahapan sebagai berikut:

- a. Pengamatan laporan kemajuan mingguan/bulanan, mewawancarai *supervisor* lapangan dan koordinator bagian PPC untuk mengetahui aktivitas proyek yang terlambat, berapa lama aktivitas tersebut mengalami keterlambatan dan sebab keterlambatannya.
- b. Penentuan waktu dimulainya penjadwalan aktivitas yang belum dilakukan, untuk mengatasi permasalahan keterlambatan karena kendala keterbatasan SDM dan alat. Serta memperoleh jadwal perencanaan yang lebih sesuai dengan realisasi di lapangan.
- c. Pembuatan *network diagram* berbasis *Activity on Node* (AON) dari aktivitas proyek yang belum dikerjakan (sejak 20 Februari 2016 sampai aktivitas terakhir pengerjaan proyek).
- d. Melakukan penjadwalan proyek menggunakan *Critical Path Method* (CPM) dari aktivitas proyek yang belum dikerjakan untuk mengetahui durasi waktu pengerjaan proyek jika menggunakan metode ini.
- e. Melakukan penjadwalan SDM sesuai dengan jadwal aktivitas yang dihasilkan pada tahapan sebelumnya menggunakan *Resource Levelling*. Untuk memperoleh bagaimana pengalokasian sumber daya yang merata dari waktu ke waktu agar tidak mengalami keterlambatan kedatangan sumber daya yang mengakibatkan terlambatnya durasi pengerjaan proyek.
- f. Melakukan penjadwalan alat berdasarkan jadwal pengalokasian sumber daya berdasarkan hasil dari metode *Resource Levelling*. Karena dalam mengalokasikan peralatan pendukung dalam mengerjakan suatu proyek juga mempertimbangkan tenaga sumber daya yang dialokasikan dalam daftar aktivitas proyek.
- g. Membandingkan jadwal aktivitas, pengalokasian SDM dan alat dari hasil penelitian ini dengan milik perusahaan.

8. Analisa dan Pembahasan

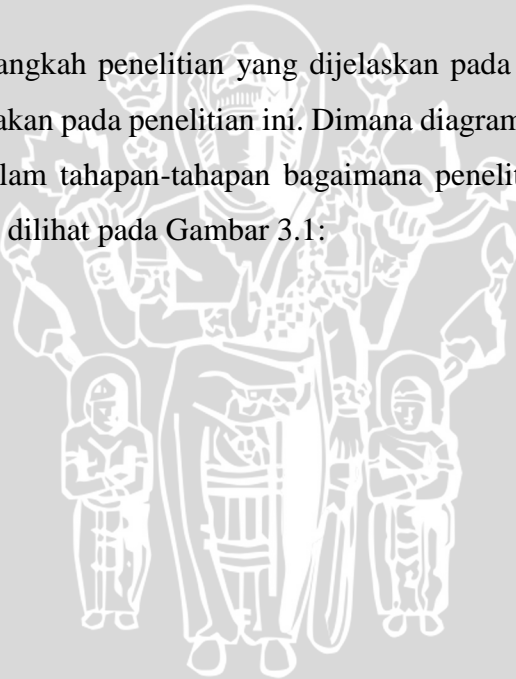
Setelah data yang dibutuhkan telah diperoleh selanjutnya data tersebut diolah sesuai dengan tahapan-tahapan yang disebutkan pada tahap pengolahan data. Kemudian menganalisis mengenai durasi waktu penyelesaian proyek, pengalokasian SDM dan alat yang disarankan. Dengan tujuan untuk memperoleh solusi yang sesuai untuk menyelesaikan permasalahan kendala keterbatasan SDM dan alat pada proyek.

9. Penarikan Kesimpulan dan Saran

Setelah memperoleh hasil analisis dan pembahasan dari data yang telah dikumpulkan. Maka tahap selanjutnya adalah menentukan kesimpulan dari hasil penelitian, yang disesuaikan dengan tujuan penelitian yang dideskripsikan di awal. Memberikan saran terhadap proyek yang sedang diteliti, serta memberikan saran untuk kedepannya.

3.4 Diagram Alir Penelitian

Berdasarkan dari langkah-langkah penelitian yang dijelaskan pada sub-bab 3.3 dapat disusun diagram alir yang digunakan pada penelitian ini. Dimana diagram alir ini digunakan sebagai acuan atau panduan dalam tahapan-tahapan bagaimana penelitian ini dilakukan. Diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1:



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang gambaran umum perusahaan dan proyek *Steam Boiler* dan *Central Boiler* sebagai objek penelitian, pengumpulan data yang terdiri dari informasi nama dan durasi aktivitas proyek, data SDM dan alat yang tersedia, pengalokasian SDM dan alat oleh perusahaan. Dan pengolahan data yang terdiri dari pembuatan *Network Diagram* berdasarkan jadwal aktivitas dari perusahaan, penjadwalan aktivitas proyek yang tersedia menggunakan *Critical Path Method* (CPM), pejadwalan SDM dan alat proyek serta perbandingan hasil dengan milik perusahaan.

4.1 Gambaran Umum Perusahaan

PT Swadaya Graha telah tumbuh untuk menjadi perusahaan yang dapat dipercaya dengan baik dalam pengerjaan dan perencanaan jasa konstruksi sejak terbentuk di tahun 1985. Kami selalu melakukan yang terbaik pada setiap pekerjaan untuk memenuhi keinginan pelanggan dan secara konsisten melakukan perbaikan secara berkala pada pelayanan kami. Selain itu, perusahaan telah mencapai sertifikasi ISO 9001: 2008 untuk Sistem Manajemen Mutu perusahaan, serta berhasil menerapkan Sistem Manajemen Kesehatan dan Keselamatan Kerja sesuai dengan aturan yang dikeluarkan oleh pemerintah Indonesia pada sistem manajemen OHSAS : 2007.

Tetap konsisten dalam pemahaman filosofi kerjanya untuk menjadi perusahaan yang “*trustworthy-in-excellence*”. PT Swadaya Graha telah dipercaya oleh perusahaan tingkat nasional dan internasional. Sejauh ini kami layak memperoleh keyakinan tersebut karena kita sudah berupaya untuk memberikan solusi yang terbaik terhadap pembangunan bisnis usaha dari pelanggan kami dengan memanfaatkan sinergi kami pada empat kompetensi utama perusahaan.

4.1.1 Visi dan Misi Perusahaan

Visi dari PT Swadaya Graha adalah:

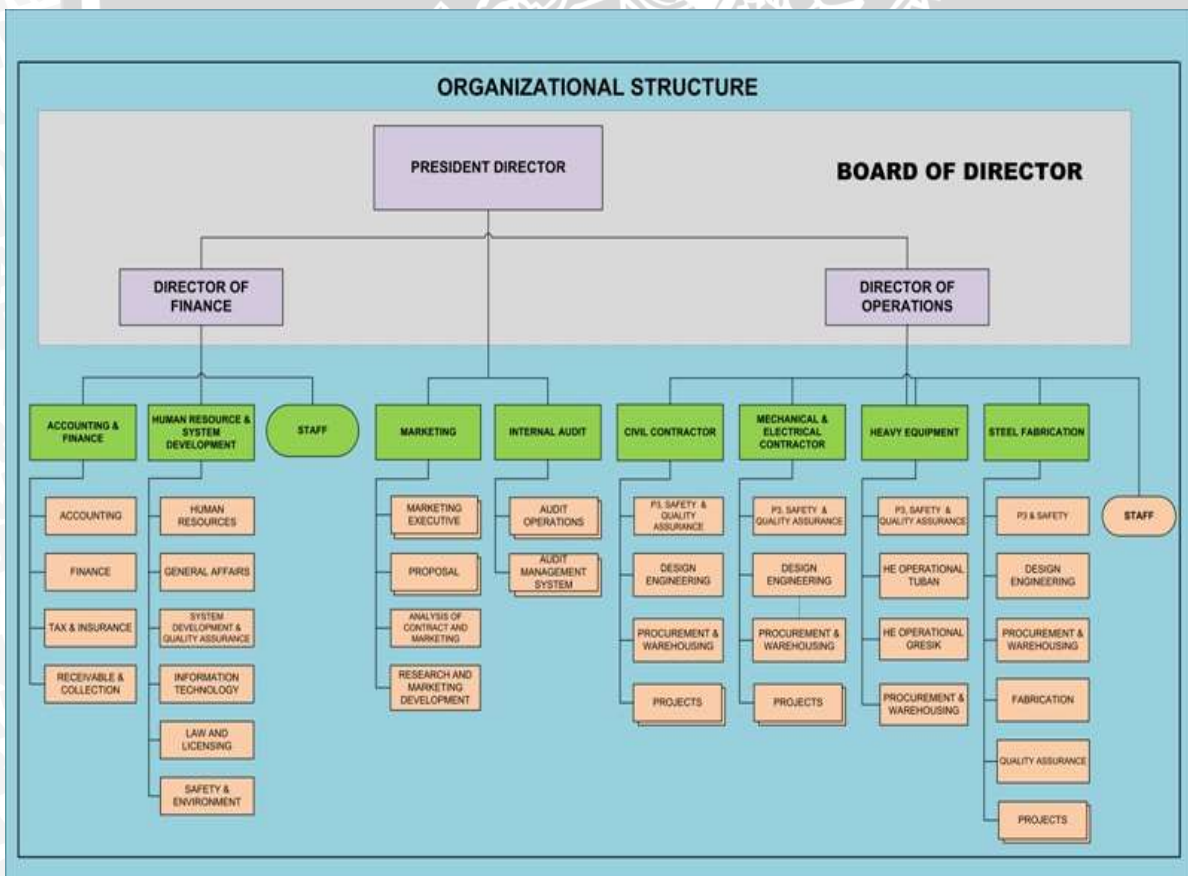
Menjadi perusahaan tingkat dunia dan pilihan andalan pelanggan dalam industri teknik, pengadaan dan jasa konstruksi.

Misi dari PT Swadaya Graha adalah:

1. Untuk memberikan produk terbaik di bidang teknik, pengadaan dan pembangunan yang sesuai dengan keinginan pelanggan dengan cara memberikan prioritas yang bermutu serta inovasi di bidang teknologi.
2. Untuk meningkatkan kepuasan dan menambahkan nilai dari para *stakeholders*, yang secara khusus bertujuan untuk pelanggan, pemegang saham, masyarakat sekitar yang sesuai dengan pertumbuhan perusahaan.
3. Untuk meningkatkan kompetensi pada organisasi di bidang teknik, pengadaan dan jasa konstruksi serta tumbuh menjadi kuat dan menjadi perusahaan yang mempunyai daya saing yang tinggi.

4.1.2 Struktur Organisasi Perusahaan

Berikut merupakan struktur organisasi dari PT Swadaya Graha, dimana terdiri dari 3 direktur, yaitu presiden direktur, direktur bagian keuangan dan direktur bagian operasional. Dimana presiden direktur mengkoordinasi semuanya. Dan direktur keuangan mengatur masalah keuangan, direktur operasional mengatur masalah pengerjaan proyek dan hal-hal teknis lainnya. Untuk lebih jelasnya ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Struktur Organisasi PT Swadaya Graha
Sumber: PT Swadaya Graha (2016)

4.1.3 Bidang Kerja Perusahaan

PT Swadaya Graha bergerak di bidang jasa pengerjaan proyek, dengan empat fokus kegiatan utama yaitu sebagai berikut.

1. Bidang Kerja Sipil (*Civil Work Division*)

Divisi ini menawarkan jasa konstruksi sipil terpadu, gedung bertingkat dan seperti pada umumnya pekerjaan sipil lainnya (misalnya instansi perusahaan, struktur beton, jalan, drainase, dll) serta pekerjaan kelautan (misalnya dermaga, *caused way*, *trestles*, dll). Hal ini juga didukung oleh tim proyek yang profesional, sistem pengelolaan proyek yang canggih, dan metode eksekusi proyek yang canggih.

2. Bidang Kerja Fabrikasi Baja (*Steel Fabrication Division*)

Divisi ini saat ini berfokus pada tiga hal, yaitu; *plate works*, struktur rangka baja, dan *conveyors* / peralatan *material handling*. Perencanaan telah terkualifikasi dengan tepat untuk bekerja pada seri pekerjaan dari awal desain untuk pekerjaan tersebut. Kami juga memiliki toko fabrikasi kita sendiri yang meliputi lahan sekitar 60,000 hektar untuk kantor dan ruang produksi dengan rata rata kapasitas lebih dari 2.000 ton per bulan.

3. Bidang Kerja *Mechanical* dan *Electrical*

Divisi ini berfokus pada instalasi mesin, pekerjaan pipa, pekerjaan pipa saluran minyak, pekerjaan listrik, HV/AC serta *instrumentation*. Dalam menjalankan bisnis usaha ini, bidang ini juga didukung oleh berbagai alat berat dari kita sendiri. Kami juga memenuhi syarat untuk bekerja di seluruh bidang instalasi mesin termasuk pembayaran dan pengaturan awal atau perencanaan, karena kita telah bekerja dan berpengalaman dalam bidang tersebut di beberapa proyek besar di Indonesia

4. Bidang Kerja Persewaan Alat Berat

Divisi ini telah secara nasional terkenal sebagai salah satu agen sewa alat berat yang terkenal dan mampu memberikan peralatan dengan kapasitas 18 sampai 260 ton. Peralatan yang kami sediakan mencakup *crane*, *forklift*, mesin las, generator, dan sebagainya. Ketersediaan peralatan ini tentu saja didukung oleh pemeliharaan yang baik, operator yang disertifikasi secara profesional, dan para teknisi kami yang handal akhirnya menjamin layanan profesional di banyak proyek besar di Indonesia.

4.2 Pengumpulan Data

Terdapat beberapa data yang harus dikumpulkan untuk melakukan pengolahan data. Data tersebut terdiri dari informasi proyek, rencana pengerjaan / *planning schedule* oleh

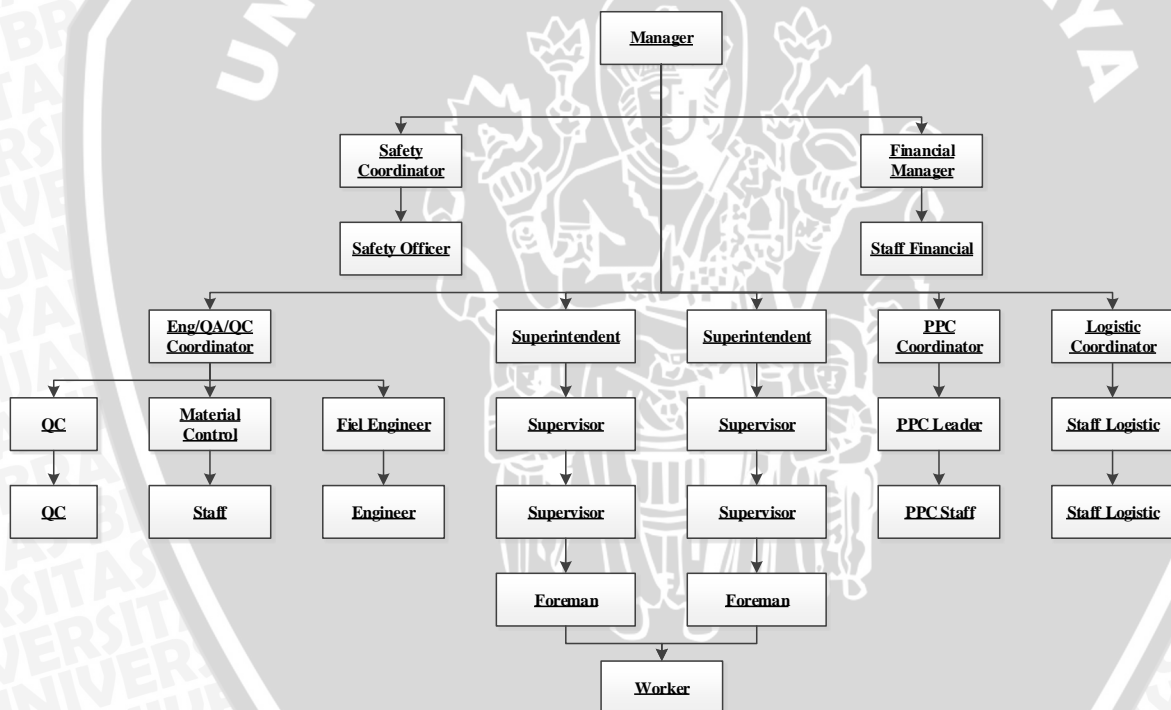
perusahaan, data SDM dan alat yang tersedia, serta data pengalokasian SDM dan alat pada proyek.

4.2.1 Informasi Proyek

Proyek “*Steam Boiler dan Central Boiler*” adalah salah satu proyek yang sedang dikerjakan oleh PT Swadaya Graha pada awal tahun 2016.

4.2.1.1 Struktur Organisasi Proyek

Dalam pengerjaan suatu proyek pasti dibentuk suatu organisasi fungsional yang didalamnya terdiri dari anggota organisasi awal dari perusahaan. Organisasi tersebut berlaku selama proyek tersebut berjalan. Setelah proyek tersebut selesai maka organisasi fungsional tersebut tidak berlaku, kembali ke organisasi dari perusahaan. Gambar 4.2 merupakan struktur organisasi proyek “*Steam Boiler & Central Boiler*”:



Gambar 4. 2 Struktur Organisasi Proyek *Steam Boiler & Central Boiler*
Sumber: PT Swadaya Graha (2016)

4.2.1.2 Data Proyek

Berikut merupakan data umum dari proyek “*Steam Boiler dan Central Boiler*”:

Nama Proyek : “*Steam Boiler & Central Boiler* GG Unit V – Kediri”

User : PT Gudang Garam Tbk.

Waktu Pelaksanaan : 28 Januari 2016 sampai dengan 4 April 2016

4.2.1.3 Aktivitas Kerja Proyek *Steam Boiler dan Central Boiler*

Proyek “*Steam Boiler & Central Boiler*” memiliki beberapa aktivitas utama dalam pengerjaannya, antara lain sebagai berikut.

1. Persiapan

Pada tahap persiapan ini meliputi kegiatan permesinan / *engineering process*, pengadaan material, *marking line* dan persiapan SDM dan alat yang akan dialokasikan pada proyek.

2. Pengerjaan *Feed Deaeration Plant Central Boiler*

Pada tahap ini melakukan pemasangan *feed deaeration plant central boiler*.

3. Pengerjaan *Central Boiler dan Chimney*

Pada tahap ini melakukan pemasangan *boiler loss (new boiler)*, pembongkaran *boiler loss (ex clove processing)*, pemasangan *boiler loss (ex clove processing)* dan pemasangan 4 unit *chimney*.

4. Pengerjaan *Line Steam & Condensate Central Boiler*

Pada tahap ini melakukan pemasangan *steam line boiler to steam header central boiler*, pemasangan *steam line boiler intec to steam header*, pemasangan *condensat line boiler intec*, pemasangan *steam line distilasi from steam header*, pemasangan *condensate line clove*, pemasangan *steam line ABL from steam header*, pemasangan *condensate line ABL*, pemasangan *steam line diet plant from steam header*, pemasangan *condensate line diet plant*.

5. Pengerjaan *Line Feed Deaerator Plant (WSM)*

Pada tahap ini melakukan pemasangan *line feed deaerator plant (WSM)*.

6. Pengerjaan *Separator Blowdown Central Boiler*

Pada tahap ini melakukan pemasangan *separator blowdown central boiler*.

7. Pengerjaan *Fuel Line Central Boiler Unit V*

Pada tahap ini melakukan pemasangan *line CNG central boiler Unit V* dan pemasangan *line solar central boiler Unit V*.

8. Pengerjaan *Water Softener*

Pada tahap ini melakukan pemasangan *water softener & line compressor*.

Untuk rincian aktivitas pekerjaan proyek “*Steam Boiler & Central Boiler*” yang disusun oleh perusahaan dapat dilihat pada Lampiran 1.

4.2.2 Data SDM Proyek dan Kebijakan Jam Kerja

Pada proyek “*Steam Boiler & Central Boiler*”, PT Swadaya Graha menetapkan hari kerja bagi karyawannya adalah 7 hari kerja tiap minggu terkecuali untuk hari libur nasional. Dengan jam kerja dalam sehari yaitu 10 jam kerja dengan 9 jam kerja dan 1 jam istirahat. Dengan kebijakan lembur maksimal 3 jam per hari. Dimana durasi pengerjaan dari masing-masing aktivitas dalam satuan hari, yang berarti selama durasi tersebut telah diberikan kelonggaran dan alokasi waktu lembur. Sumber daya manusia yang tersedia pada proyek “*Steam Boiler & Central Boiler*” dijelaskan pada tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4. 1 Sumber Daya Manusia Proyek *Steam Boiler & Central Boiler*

No.	Pekerja	Job Description	Keahlian	Jumlah
1.	<i>Superintendent</i>	Mengkoordinir dan mengawasi <i>supervisor</i> / grup kerja.	Mampu mengkoordinir dan mengoreksi pekerjaan yang sedang/selesai dikerjakan.	2
2.	<i>Supervisor</i>	Mengkoordinir foreman dan masing-masing grup kerja.	Mampu mengawasi pengerjaan aktivitas proyek.	4
3.	<i>Foreman</i>	Mengkoordinir masing-masing grup kerja.	Mampu mengawasi dan membantu pekerjaan instalasi dan penyesuaian.	7
4.	<i>Welder</i>	Melakukan proses pengelasan.	Mengerjakan pekerjaan <i>welding</i> .	15
5.	<i>Fitter</i>	Melakukan penyesuaian dan instalasi.	Mampu melakukan pekerjaan <i>fitting</i> .	16
6.	<i>Semi Fitter</i>	Membantu pekerjaan dari <i>fitter</i> .	Mampu membantu pekerjaan <i>fitting</i> .	30
7.	<i>Helper</i>	Membantu semua pekerjaan proyek.	Membantu pekerjaan <i>welding</i> dan atau <i>fitting</i> .	22

Sumber: PT Swadaya Graha (2016)

4.2.3 Data Alat Proyek

Pada pengerjaan proyek ini dibutuhkan beberapa peralatan yang mendukung pengerjaan aktivitas dari penyelesaian proyek. Nama peralatan, fungsi dan jumlah yang dialokasikan pada proyek “*Steam Boiler & Central Boiler*” oleh PT Swadaya Graha dijelaskan pada tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4. 2 Alat Proyek *Steam Boiler & Central Boiler*

No.	Nama Alat	Fungsi	Jumlah
1.	<i>Crane 45 ton</i>	<i>erection, tailing, installation</i>	1
2.	<i>Crane 85 ton</i>	<i>erection, tailing, installation</i>	1
3.	<i>Crane 130 ton</i>	<i>erection, tailing, installation</i>	1
4.	<i>Forklift 5 ton</i>	<i>moving, tailing</i>	3
5.	<i>Chain Block</i>	<i>fitting, installation</i>	20
6.	Mesin Las	<i>welding</i>	15
7.	<i>Miller</i>	<i>welding, power supply</i>	6
8.	Gerinda 4” dan 7”	<i>cutting</i>	20
9.	<i>Hand Bor</i>	<i>drilling pada besi atau beton</i>	5

Sumber: PT Swadaya Graha (2016)

4.3 Pengolahan Data

Pengolahan data penelitian ini terdiri dari penentuan hubungan antar aktivitas, pembuatan *Network Diagram* berdasarkan jadwal aktivitas dari perusahaan, penjadwalan aktivitas proyek yang tersisa menggunakan *Critical Path Method* (CPM), pejadwalan SDM dan penjadwalan alat proyek serta perbandingan hasil dengan milik perusahaan.

4.3.1 Pendefinisian Aktivitas Proyek (WBS)

Pendefinisian WBS berfungsi untuk menggambarkan semua elemen pekerjaan pada proyek. *Work Breakdown Structure* (WBS) proyek “*Steam Boiler & Central Boiler*” dapat dilihat pada Lampiran 1. Setelah melakukan pendefinisian aktivitas pada *Work Breakdown Structure* (WBS), maka didapatkan daftar aktivitas pekerjaan yang akan digunakan untuk menyusun aktivitas kerja. Pada Tabel 4.3 dapat dilihat daftar aktivitas kerja berdasarkan daftar aktivitas dari perusahaan.

Tabel 4. 3 Daftar Aktivitas Proyek “*Steam Boiler & Central Boiler*” Aktivitas A – F.14

No	Uraian Pekerjaan
A	<i>Engineering Process</i>
B	Pengadaan Material
C	<i>Marking Line</i>
D	Pengadaan dan Pemasangan <i>Feed Deaeration Plant Central Boiler</i>
D.2	Pemasangan <i>Feed Deaeration Plant Central Boiler</i>
E	Pengadaan dan Oemasangan <i>Boiler Central Boiler & Chimney</i>
E.2	Pemasangan <i>Boiler Loss S/N 120315 & S/N 120316 Cap.16T/hr (New Boiler)</i>
E.3	Pembongkaran <i>Boiler Loss (Ex Clove Processing)</i>
1	Pembongkaran <i>Boiler Loss Type: UL_S 16000 X16 With Accecories</i>
2	Pembongkaran <i>Boiler Loss Type: UL_S 16000 X10 With Accecories</i>
E.4	Pemasangan <i>Boiler Loss (Ex Clove Processing)</i>
1	Pemasangan <i>Boiler Loss Type: UL_S 16000 X16 With Accecories</i>
2	Pemasangan <i>Boiler Loss Type: UL_S 16000 X10 With Accecories</i>
E.6	Pemasangan <i>Chimney</i>
1	Pemasangan <i>Chimney Ø900MM, H=23500MM (3 unit)</i>
2	Pemasangan <i>Chimney Ø700MM, H=23500MM (1 unit)</i>
F	Pengadaan dan Pemasangan <i>Line Steam dan Condensat Central Boiler</i>
F.2	Pemasangan <i>Steam Line Boiler Intec to Steam Header</i>
F.4	Pemasangan <i>Condensat Line Boiler Intec</i>
F.6	Pemasangan <i>Steam Line Clove to Steam Header</i>
F.8	Pemasangan <i>Condensat Line Clove</i>
F.10	Pemasangan <i>Steam Line Distilasi From Steam Header</i>
F.12	Pemasangan <i>Condensat Line Distilasi</i>
F.14	Pemasangan <i>Steam Line ABL from Steam Header</i>

Tabel 4. 4 Daftar Aktivitas Proyek “*Steam Boiler & Central Boiler*” Aktivitas F.16 – N

No	Uraian Pekerjaan
F.16	Pemasangan <i>Condensat Line</i> ABL
F.18	Pemasangan <i>Steam Line Diet Plant From Steam Header</i>
F.20	Pemasangan <i>Condensat Line Diet Plant</i>
G	Pengadaan dan Pemasangan <i>Line Feed Deaerator Plant</i> (WSM)
G.2	Pemasangan <i>Line Feed Deaerator Plant</i> (WSM)
H	Pengadaan dan Pemasangan <i>Separator Blowdown Central Boiler</i>
H.2	Pemasangan <i>Separator Blowdown Central Boiler</i>
I	Pengadaan dan Pemasangan <i>Fuel Line Central Boiler Unit-V</i>
I.2	Pemasangan <i>Line CNG Central Boiler Unit-V</i>
I.4	Pemasangan <i>Line Solar Central Boiler Unit-V</i>
J	Pengadaan dan Pemasangan <i>Water Softener</i>
J.2	Pemasangan <i>Water Softener</i>
J.4	Pemasangan <i>Line Compressor</i>
K	<i>Completion Work</i>
L	<i>Flashing & Hydro</i>
M	<i>Insulation & Jacketing</i>
N	<i>Commisionning</i>

4.3.2 Penentuan Hubungan Antar Aktivitas

Berdasarkan daftar aktivitas kerja yang telah ditentukan oleh perusahaan, maka tahap selanjutnya adalah menentukan hubungan antar masing-masing aktivitas kerja proyek. Dalam menentukan hubungan antar masing-masing aktivitas kerja proyek dilakukan berdasarkan hasil diskusi dengan manajer proyek dan bidang PPC dari proyek “*Steam Boiler & Central Boiler*”. Berikut Tabel 4.5 sampai dengan Tabel 4.8 menunjukkan hubungan antar aktivitas kerja proyek, serta menunjukkan durasi pengerjaan, kebutuhan SDM dan kebutuhan peralatan masing-masing aktivitas proyek “*Steam Boiler & Central Boiler*”.

Tabel 4. 5 Hubungan Antar Aktivitas, Kebutuhan SDM dan Alat Aktivitas A - D

ID	Uraian Pekerjaan	Durasi (hari)	SDM	Alat	Predesor
A	<i>Engineering Process</i>	5	<i>Helper: 3</i>	Mesin Las: 2 Gerinda: 2 <i>Hand Bor: 2</i>	-
B	Pengadaan Material	11	<i>Helper: 1</i>	-	-
C	<i>Marking Line</i>	3	<i>Superintendent: 1</i> <i>Supervisor: 2</i>	-	-
D	Pemasangan <i>Feed Deaeration Plant Central Boiler</i>	8	<i>Superintendent: 1</i> <i>Supervisor: 1</i> <i>Welder: 3</i> <i>Fitter: 4</i> <i>Semi Fitter: 2</i> <i>Helper: 1</i>	<i>Chain Block: 2</i> Mesin Las:3 <i>Miller: 1</i> Gerinda:2 <i>Hand Bor:1</i>	C

Tabel 4. 6 Hubungan Antar Aktivitas, Kebutuhan SDM dan Alat Aktivitas E - M

ID	Uraian Pekerjaan	Durasi (hari)	SDM	Alat	Predecessor
E	Pemasangan <i>Boiler Loss</i> S/N 120315 & S/N 120316 Cap.16T/hr (<i>New Boiler</i>)	10	<i>Supervisor</i> : 1 <i>Welder</i> : 3 <i>Fitter</i> : 1 <i>Semi Fitter</i> : 3 <i>Helper</i> : 1	<i>Forklift</i> 5t: 1 <i>Chain Block</i> : 6 Mesin Las: 3 <i>Miller</i> : 1 Gerinda: 3 <i>Hand Bor</i> : 1	C
F	Pembongkaran <i>Boiler Loss</i> Type: UL_S 16000 X16 With <i>Accecories</i>	5	<i>Supervisor</i> : 1 <i>Fitter</i> : 2 <i>Semi Fitter</i> : 3 <i>Helper</i> : 3	<i>Forklift</i> 5t: 1 <i>Miller</i> : 2 Gerinda: 2	A
G	Pembongkaran <i>Boiler Loss</i> Type: UL_S 16000 X10 With <i>Accecories</i>	5	<i>Supervisor</i> : 1 <i>Foreman</i> : 1 <i>Fitter</i> : 1 <i>Semi Fitter</i> : 4 <i>Helper</i> : 3	<i>Forklift</i> 5t: 1 <i>Miller</i> : 2 Gerinda: 2	A
H	Pemasangan <i>Boiler Loss</i> Type: UL_S 16000 X16 With <i>Accecories</i>	4	<i>Supervisor</i> : 1 <i>Fitter</i> : 4 <i>Semi Fitter</i> : 2 <i>Helper</i> : 3	<i>Forklift</i> 5t: 1 <i>Chain Block</i> : 6 Mesin Las: 2 <i>Miller</i> : 1 Gerinda: 4 <i>Hand Bor</i> : 1	F
I	Pemasangan <i>Boiler Loss</i> Type: UL_S 16000 X10 With <i>Accecories</i>	4	<i>Supervisor</i> : 1 <i>Fitter</i> : 1 <i>Semi Fitter</i> : 3 <i>Helper</i> : 3	<i>Forklift</i> 5t: 1 <i>Chain Block</i> : 6 Mesin Las: 2 <i>Miller</i> : 1 Gerinda: 3 <i>Hand Bor</i> : 1	G
J	Pemasangan <i>Chimney</i> Ø900MM, H=23500MM (3 unit)	9	<i>Supervisor</i> : 1 <i>Welder</i> : 6 <i>Fitter</i> : 2 <i>Semi Fitter</i> : 3 <i>Helper</i> : 3	<i>Crane</i> 45t: 1 <i>Crane</i> 130t: 1 <i>Chain Block</i> : 3 Mesin Las: 6 <i>Miller</i> : 2 Gerinda: 4	D, E, H, I
K	Pemasangan <i>Chimney</i> Ø700MM, H=23500MM (1 unit)	6	<i>Supervisor</i> : 1 <i>Foreman</i> : 1 <i>Welder</i> : 2 <i>Fitter</i> : 2 <i>Semi Fitter</i> : 3 <i>Helper</i> : 3	<i>Crane</i> 85t: 1 <i>Chain Block</i> : 3 Mesin Las: 2 <i>Miller</i> : 2 Gerinda: 2	D, E, H, I
L	Pemasangan <i>Steam Line Boiler Intec</i> to <i>Steam Header</i>	28	<i>Superintendent</i> : 1 <i>Supervisor</i> : 2 <i>Welder</i> : 4 <i>Fitter</i> : 5 <i>Semi Fitter</i> : 5 <i>Helper</i> : 7	<i>Forklift</i> 5t: 1 <i>Chain Block</i> : 7 Mesin Las: 4 <i>Miller</i> : 2 Gerinda: 8 <i>Hand Bor</i> : 3	J, K
M	Pemasangan <i>Condensat Line Boiler Intec</i>	19	<i>Superintendent</i> : 1 <i>Foreman</i> : 2 <i>Welder</i> : 3 <i>Fitter</i> : 1 <i>Semi Fitter</i> : 7 <i>Helper</i> : 4	<i>Forklift</i> 5t: 1 <i>Chain Block</i> : 2 Mesin Las: 3 <i>Miller</i> : 1 Gerinda: 1	L

Tabel 4. 7 Hubungan Antar Aktivitas, Kebutuhan SDM dan Alat Aktivitas N - W

ID	Uraian Pekerjaan	Durasi (hari)	SDM	Alat	Predesor
N	Pemasangan <i>Steam Line Clove to Steam Header</i>	16	Foreman: 1 Welder: 4 Fitter: 1 Semi Fitter: 3 Helper: 1	Mesin Las: 4 Miller: 1 Gerinda: 2	J, K
O	Pemasangan <i>Condensat Line Clove</i>	13	Welder: 2 Fitter: 1 Semi Fitter: 2 Helper: 1	Chain Block: 4 Mesin Las: 2 Miller: 1 Gerinda: 1	N
P	Pemasangan <i>Steam Line Distilasi From Steam Header</i>	21	Supervisor: 1 Foreman: 1 Welder: 2 Fitter: 1 Semi Fitter: 3 Helper: 1	Mesin Las: 2 Miller: 1 Gerinda: 2	J, K
Q	Pemasangan <i>Condensat Line Distilasi</i>	18	Foreman: 1 Welder: 2 Fitter: 2 Semi Fitter: 3 Helper: 3	Chain Block: 2 Mesin Las: 2 Miller: 1 Gerinda: 4 Hand Bor: 1	P
R	Pemasangan <i>Steam Line ABL from Steam Header</i>	13	Foreman: 1 Welder: 3 Fitter: 1 Semi Fitter: 3 Helper: 1	Forklift 5t: 1 Chain Block: 1 Mesin Las: 3 Miller: 1 Gerinda: 2	J, K
S	Pemasangan <i>Condensat Line ABL</i>	16	Welder: 1 Fitter: 2 Semi Fitter: 3 Helper: 2	Chain Block: 2 Mesin Las: 1 Miller: 2 Gerinda: 1 Hand Bor: 1	R
T	Pemasangan <i>Steam Line Diet Plant From Steam Header</i>	15	Superintendent: 1 Foreman: 1 Semi Fitter: 3 Helper: 2	Mesin Las: 1 Miller: 1 Gerinda: 2	J, K
U	Pemasangan <i>Condensat Line Diet Plant</i>	16	Superintendent: 1 Foreman: 1 Welder: 2 Semi Fitter: 3 Helper: 2	Chain Block: 6 Mesin Las: 2 Miller: 1	T
V	Pemasangan <i>Line Feed Daerator Plant (WSM)</i>	6	Welder: 2 Fitter: 1 Semi Fitter: 3 Helper: 3	Mesin Las: 2 Chain Block: 2	B, H, I
W	Pemasangan <i>Separator Blowdown Central Boiler</i>	6	Supervisor: 1 Welder: 4 Fitter: 1 Semi Fitter: 3 Helper: 3	Chain Block: 2 Mesin Las: 4 Miller: 1 Gerinda: 2	B, H, I

Tabel 4. 8 Hubungan Antar Aktivitas, Kebutuhan SDM dan Alat Aktivitas X - AE

ID	Uraian Pekerjaan	Durasi (hari)	SDM	Alat	Predecessor
X	Pemasangan <i>Line CNG Central Boiler Unit V</i>	6	Foreman: 1 Welder: 4 Fitter: 2 Semi Fitter: 1 Helper: 1	Mesin Las: 4 Gerinda: 3	V, W
Y	Pemasangan <i>Line Solar Central Boiler Unit V</i>	5	Supervisor: 1 Welder: 4 Fitter: 4 Semi Fitter: 2 Helper: 2	Mesin Las: 4 Miller: 2 Hand Bor: 1	V, W
Z	Pemasangan <i>Water Softener</i>	6	Foreman: 1 Welder: 3 Fitter: 2 Semi Fitter: 1 Helper: 1	Chain Block: 4 Mesin Las: 3 Gerinda: 2	X, Y
AA	Pemasangan <i>Line Compressor</i>	6	Welder: 3 Fitter: 1 Semi Fitter: 3 Helper: 2	Mesin Las: 3 Miller: 1 Gerinda: 2 Hand Bor: 1	X, Y
AB	<i>Completion Work</i>	17	Foreman: 2 Welder: 3 Fitter: 1 Semi Fitter: 2	Mesin Las: 3	S, O
AC	Flashing & Hydro	10	Foreman: 2 Fitter: 1 Semi Fitter: 2	Mesin Las: 1	U
AD	Insulation & Jacketing	16	Foreman: 2 Fitter: 1 Semi Fitter: 2	Mesin Las: 1	U
AE	<i>Commisionning</i>	11	Supervisor: 1	-	Q, M, Z, AA, AB, AC, AD

4.3.3 Penyusunan *Network Diagram AON (Activity On Node)*

Penyusunan *network diagram* bertujuan untuk mengetahui hubungan keterkaitan masing-masing aktivitas kerja proyek dalam bentuk diagram jaringan kerja. Serta menunjukkan alur proses dan ketergantungan hubungan tiap aktivitas dalam menyelesaikan proyek. Selain alasan-alasan tersebut, dari pihak perusahaan belum menerapkan tahap ini dalam tahap perencanaan proyek, sehingga keterkaitan antar aktivitas tidak tampak jelas. Berikut merupakan contoh perhitungan dari ES, EF, LS, LF dan *slack* dari salah satu aktivitas proyek.

Misalnya L merupakan aktivitas dengan pendahulu J dan K. ES (*Early Start*) untuk aktivitas L diperoleh dari waktu paling cepat selesai (*Early Finish*) dari aktivitas pendahulunya. EF aktivitas J= 23 dan K=20. Berdasarkan waktu paling cepat selesai (*Early*

Finisih) dari kegiatan pendahulu yang paling lama, maka nilai ES aktivitas L adalah 23 (dipilih nilai ES yang paling besar). Berikut merupakan contoh perhitungan nilai EF (*Early Finish*) dari aktivitas L:

$$EF_{(i)} = ES_{(i)} + D_{(i)}$$

$$EF_L = 23 + 28 = 51$$

LF (*Late Finish*) untuk aktivitas L didapatkan dari waktu paling lambat mulai (*Latest Start*) dari aktivitas sesudahnya, yaitu aktivitas M. Nilai LS dari aktivitas M = 51. Berdasarkan nilai LS dari aktivitas yang sesudah aktivitas L yang paling cepat, maka nilai LF aktivitas L adalah 51. Berikut merupakan contoh perhitungan nilai LS (*Late Start*) dari aktivitas L:

$$LS_{(i)} = LF_{(i)} - D_{(i)}$$

$$LS_p = 51 - 28 = 23$$

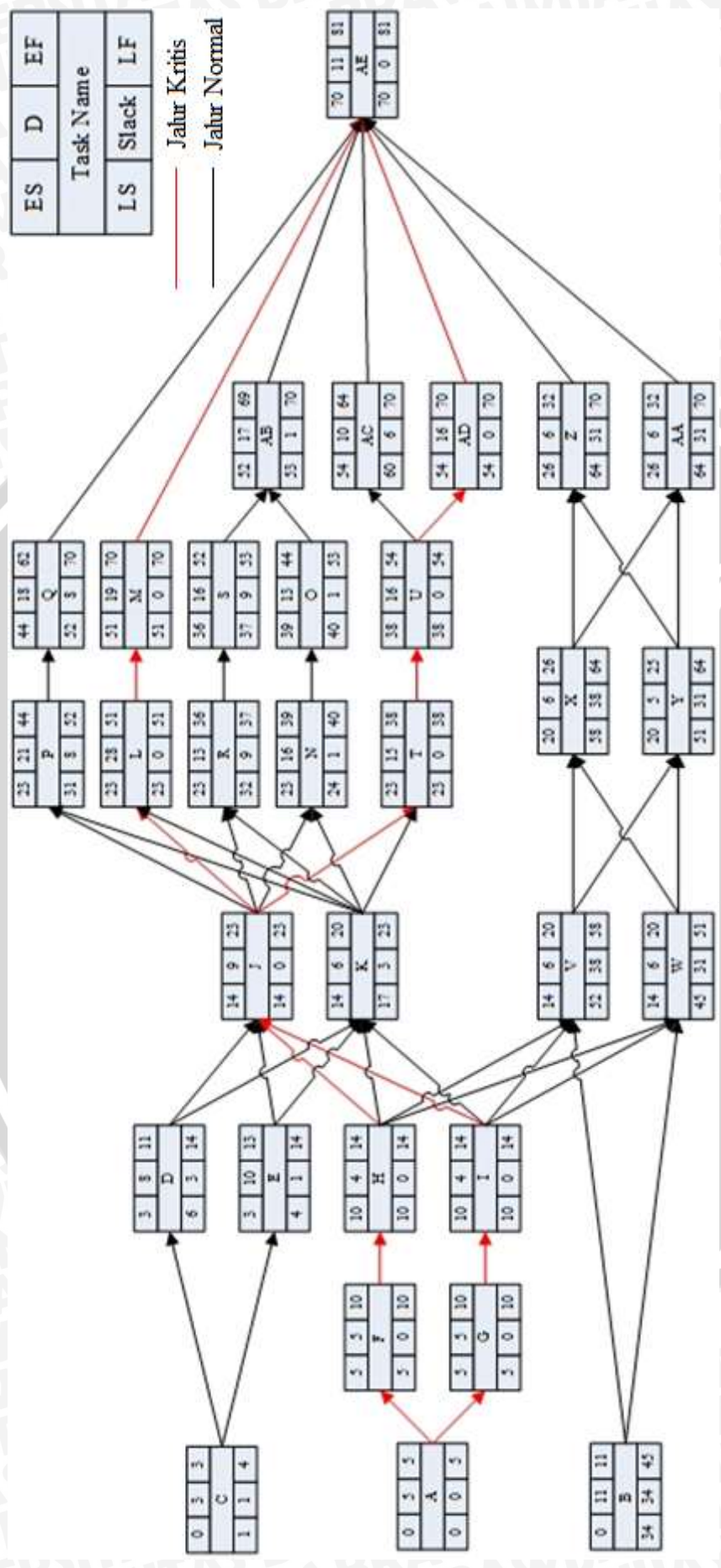
Berikut contoh perhitungan *Total Float* atau *Slack* untuk aktivitas L:

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

$$TF = 51 - 51 = 23 - 23$$

$$= 0$$

Diagram jaringan kerja dari proyek “*Steam Boileri & Central Boiler*” dapat dilihat pada Gambar 4.3 dibawah ini. Dimana *network diagram* tersebut disusun berdasarkan keterkaitan hubungan antara aktivitas *successor* dan *predecessor* dari masing-masing aktivitas pada sub bab penentuan hubungan antar aktivitas. Pada *network diagram* tersebut dapat diketahui nilai ES, EF, LS, LF dan *slack* dari masing-masing aktivitas. Masing-masing aktivitas digambarkan dengan *node* dan dihubungkan dengan panah (*arc*). Dimana panah tersebut menunjukkan alur atau keterkaitan dari masing-masing aktivitas. Aktivitas dengan panah berwarna merah merupakan aktivitas dengan nilai *slack* 0, dan hubungan dari aktivitas-aktivitas dengan nilai *slack* 0 membentuk lintasan kritis yang dipergunaan untuk menentukan durasi penyelesaian proyek.



Gambar 4. 3 Network Diagram Proyek Steam Boiler & Central Boiler

4.3.4 Penentuan Jalur Kritis (*Critical Path*)

Pada tahapan ini dilakukan penentuan lintasan kritis dari aktivitas proyek “*Steam Boiler & Central Boiler*” berdasarkan *network diagram* yang telah disusun pada tahapan sebelumnya. Karena perencanaan oleh perusahaan tidak membentuk *network diagram* maka tidak tampak mana yang termasuk aktivitas kritis. Oleh karena itu perlu dilakukan tahapan ini. Berikut pada Tabel 4.8 adalah daftar nilai ES, EF, LS, LF dan *slack* dari masing-masing aktivitas proyek.

Tabel 4. 9 Data Nilai ES, EF, LS, LF dan Slack Tiap Aktivitas

ID	Durasi (hari)	ES (<i>Early Start</i>)	EF (<i>Early Finish</i>)	LS (<i>Latest Start</i>)	LF (<i>Latest Finish</i>)	Slack
A	5	0	5	0	5	0
B	11	0	11	34	45	34
C	3	0	3	1	4	1
D	8	3	11	6	14	3
E	10	3	13	4	14	1
F	5	5	10	5	10	0
G	5	5	10	5	10	0
H	4	10	14	10	14	0
I	4	10	14	10	14	0
J	9	14	23	14	23	0
K	6	14	20	17	23	3
L	28	23	51	23	51	0
M	19	51	70	51	70	0
N	21	23	39	24	40	1
O	18	39	52	40	53	1
P	16	23	44	31	52	8
Q	13	44	62	52	70	8
R	13	23	28	32	37	9
S	16	28	44	37	53	9
T	15	23	38	23	38	0
U	16	38	54	38	54	0
V	6	14	20	52	58	38
W	6	14	20	45	51	31
X	6	20	26	58	64	38
Y	5	20	33	51	64	31
Z	6	33	39	64	70	31
AA	6	33	39	64	70	31
AB	17	52	69	53	70	1
AC	10	54	64	60	70	6
AD	16	54	70	54	70	0
AE	11	70	81	70	81	0

Berdasarkan Tabel 4.8 diatas dapat diperoleh daftar aktivitas kritis atau aktivitas yang memiliki nilai *slack* 0 sebagai berikut:

A – F – H – J – L – M – AE

A – F – H – J – T – U – AD – AE

A – G – I – J – L – M – AE

A – G – I – J – T – U – AD – AE

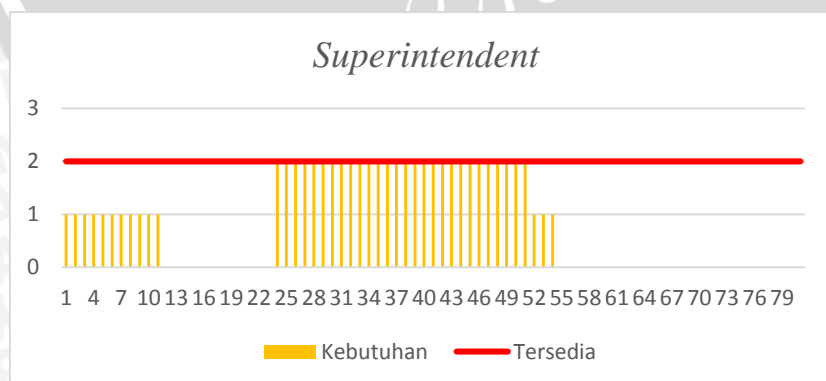
Sehingga diperoleh durasi penyelesaian proyek selama 81 hari dari penjumlahan durasi pengerjaan dari masing-masing aktivitas pada lintasan kritis.

$$\begin{aligned}
 \text{Durasi Penyelesaian Proyek} &= \sum \text{durasi aktivitas kritis} \\
 &= \sum A + F + H + J + T + U + AD + AE \\
 &= \sum 5 + 5 + 4 + 9 + 15 + 16 + 16 + 11 \\
 &= 81 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh waktu tercepat dalam penyelesaian proyek “*Steam Boiler & Central Boiler*” dimulai sejak 27 Januari 2016 sampai dengan 17 April 2016, dengan durasi waktu selama 81 hari.

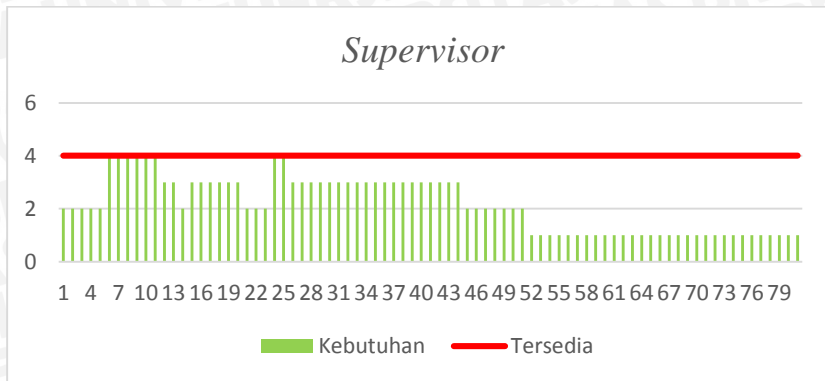
4.3.5 Penjadwalan SDM (Sumber Daya Manusia)

Berdasarkan hasil penjadwalan aktivitas proyek, maka selanjutnya adalah melakukan penjadwalan SDM. Tahapan ini bertujuan untuk menganalisis jenis SDM apa yang mengalami kendala keterbatasan sehingga perlu untuk dilakukan pemerataan sumber daya manusia. Dibawah ini disajikan grafik yang berisi data kebutuhan SDM dan SDM yang tersedia, dengan sumbu *x* merupakan periode pengerjaan proyek dan sumbu *y* adalah jumlah SDM yang dibutuhkan/tersedia. Gambar 4.4 menunjukkan kebutuhan SDM *superintendent* pada tiap periode pengerjaan proyek, serta kebutuhan dari semua Sumber Daya Manusia yang digunakan pada proyek ini.



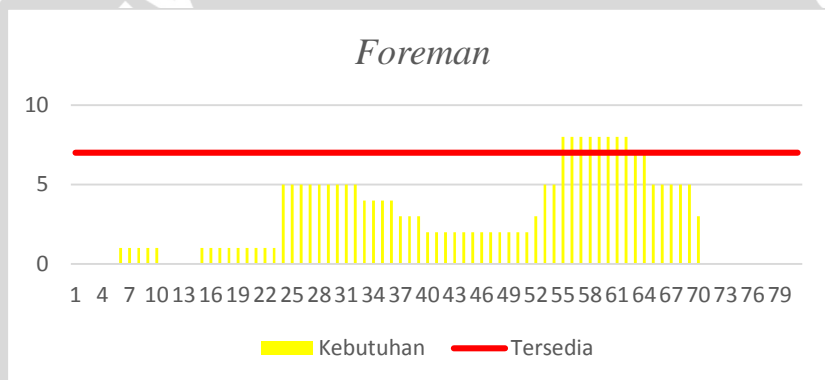
Gambar 4. 4 Grafik Kebutuhan SDM *Superintendent*

Pada Gambar 4.4 dapat dilihat bahwa sumber daya *superintendent* tidak mengalami kelebihan alokasi sumber daya, sehingga tidak perlu dilakukan pemerataan sumber daya.



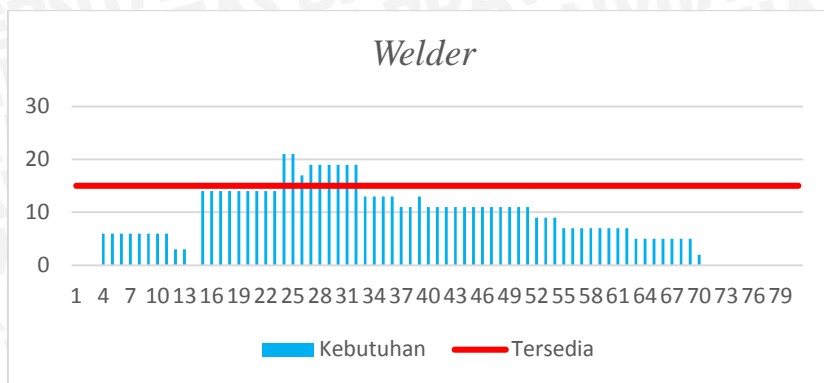
Gambar 4. 5 Grafik Kebutuhan SDM *Supervisor*

Pada Gambar 4.5 dapat dilihat bahwa sumber daya *superintendent* tidak mengalami kelebihan alokasi sumber daya, sehingga tidak perlu dilakukan pemerataan sumber daya.



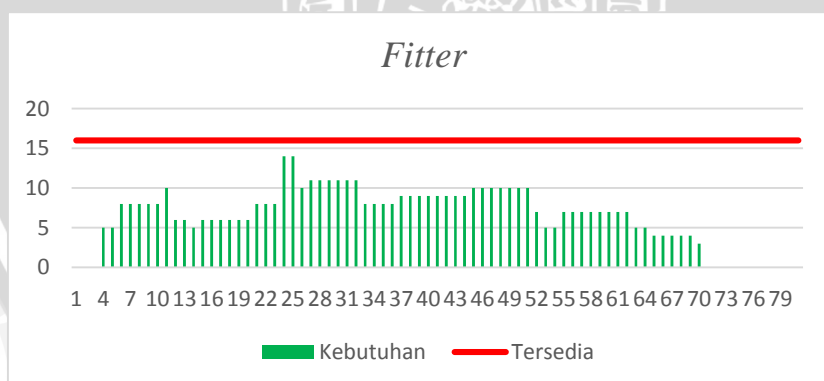
Gambar 4. 6 Grafik Kebutuhan SDM *Foreman*

Pada Gambar 4.6 dapat dilihat bahwa sumber daya *foreman* mengalami kelebihan alokasi sumber daya pada periode 55 sampai 63. Pada periode 55 sampai 63 dibutuhkan 8 orang namun sumber daya *foreman* yang tersedia hanya 7 orang ditunjukkan pada Gambar 4.6 dengan batas garis merah. Kelebihan pengalokasian ini tidak akan bisa untuk dipenuhi pada realisasinya. Hal ini terjadi juga berarti pendelegasian tugas yang dilakukan pada salah satu sumber daya melebihi kemampuan untuk menyelesaikan tugas tersebut. Sehingga, perlu meratakan jumlah kebutuhan sumber daya *foreman* yang diperlukan menggunakan metode *resource leveling*. Peranan *foreman* pada pengerjaan aktivitas proyek ini untuk mengkoordinir bagaimana *welder*, *fitter*, *semi fitter*, dan *helper* dalam mengerjakan aktivitas proyek.



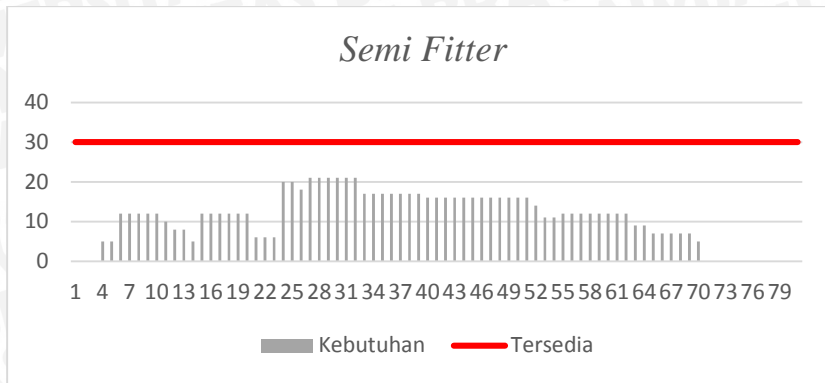
Gambar 4. 7 Grafik Kebutuhan SDM *Welder*

Pada Gambar 4.7 dapat dilihat bahwa sumber daya *welder* mengalami kelebihan alokasi sumber daya pada periode 24 sampai 32. Pada periode 24 sampai 25 dibutuhkan 21 orang, periode 26 sejumlah 17 orang, periode 27 sampai 32 sejumlah 19 orang namun sumber daya *welder* yang tersedia hanya 15 orang ditunjukkan pada Gambar 4.7 dengan batas garis merah. Kelebihan pengalokasian ini tidak akan bisa untuk dipenuhi pada realisasinya. Peranan *welder* dalam pengerjaan proyek untuk melakukan proses pengelasan sebelum semua komponen siap untuk dipasang atau dilakukan proses *fitting*. Sehingga, perlu meratakan jumlah kebutuhan sumber daya *foreman* yang diperlukan menggunakan metode *resource leveling*. Selain itu perlu dilakukan penyesuaian antara sumber daya *welder* dengan peralatan mesin las, dikarenakan dimana ada *welder* yang bekerja pada suatu aktivitas maka harus ada mesin las sejumlah *welder* yang bekerja.



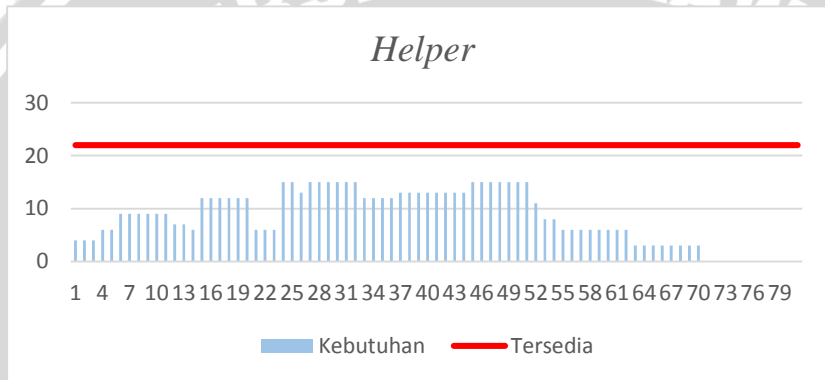
Gambar 4. 8 Grafik Kebutuhan SDM *Fitter*

Pada Gambar 4.8 dapat dilihat bahwa sumber daya *fitter* tidak mengalami kelebihan alokasi sumber daya, sehingga tidak perlu dilakukan pemerataan sumber daya.



Gambar 4. 9 Grafik Kebutuhan SDM *Semi Fitter*

Pada Gambar 4.9 dapat dilihat bahwa sumber daya *semi fitter* tidak mengalami kelebihan alokasi sumber daya, sehingga tidak perlu dilakukan pemerataan sumber daya.



Gambar 4. 10 Grafik Kebutuhan SDM *Helper*

Pada Gambar 4.10 dapat dilihat bahwa sumber daya *helper* tidak mengalami kelebihan alokasi sumber daya, sehingga tidak perlu dilakukan pemerataan sumber daya. Sumber daya *foreman* dan *welder* mengalami kelebihan pengalokasian pada beberapa periode pengerjaan, namun sumber daya lainnya seperti *superintendent*, *supervisor*, *fitter*, *semi fitter* dan *helper* tidak mengalami kelebihan pengalokasian. Sehingga perlu dilakukan pemerataan sumber daya pada dua jenis sumber daya yang mengalami kelebihan pengalokasian saja. Namun permasalahan ini oleh perusahaan tidak dianalisis dan diselesaikan dengan melakukan pemerataan sumber daya. Sehingga pada penelitian ini dilakukan tahapan pemerataan sumber daya.

Proses pemerataan sumber daya dilakukan pada jenis SDM yang mengalami kelebihan pengalokasian pada periode aktivitas kerja tertentu. Tabel 4.13 merupakan *gant chart* periode 24 sampai 30 dengan jenis SDM yang dibutuhkan dan SDM tersedia. Kelebihan pengalokasian pada jenis SDM *welder* pada periode 24 sampai 32 pada aktivitas kerja L, N, P, R, X dan Y. Misalnya untuk aktivitas N, SDM yang dibutuhkan terdiri dari 1 Fm, 4 W, 1 F, 3 SF, dan 1 H. Aktivitas ini dapat diselesaikan dengan durasi selama 21 hari. *Early Start*

dari aktivitas N adalah 23 yang berarti waktu dimulai paling cepat dari aktivitas N adalah pada periode ke 24, sedangkan *Latest Finish* dari aktivitas N adalah 67 yang berarti waktu paling lambat dapat diselesaikan dari aktivitas N pada periode ke 67, tanpa mempengaruhi durasi akhir penyelesaian proyek. Sehingga *slack* aktivitas N adalah 18 yang artinya aktivitas N dapat ditunda selama 18 periode dengan tidak mempengaruhi durasi akhir dari waktu penyelesaian proyek.

Misalnya untuk periode 23 - 24 dengan aktivitas L, N, P, R, X dan Y membutuhkan welder sebanyak 21 orang, namun yang tersedia hanya 15 orang. Oleh karena itu perlu dilakukan pemerataan sumber daya dengan langkah-langkah yang diuraikan pada Tabel 4.10.

Tabel 4. 10 Pemerataan Sumber Daya Periode 23 - 24

Periode	Tahapan
23 – 24	<p>Aktivitas L, N, P, R, X, dan Y melebihi batasan SDM 15 welder.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aktivitas L memiliki nilai <i>slack</i> paling rendah (0) – Aturan 1. Aktivitas L tetap pada jadwal, dengan ES = 23, LF = 51, <i>Slack</i> = 0 dan kebutuhan SDM 4 welder. - Tersisa 11 welder, aktivitas N memiliki <i>slack</i> = 1 (terendah setelah aktivitas L) – Aturan 1. Aktivitas N tetap pada jadwal, dengan ES = 23, LF = 40, <i>Slack</i> = 1 dan kebutuhan SDM 4 welder. - Tersisa 7 welder, aktivitas R memiliki <i>slack</i> = 1 (terendah setelah aktivitas N) – Aturan 1. Aktivitas R tetap pada jadwal, dengan ES = 23, LF = 37, <i>Slack</i> = 1 dan kebutuhan SDM 3 welder. - Tersisa 4 welder, aktivitas P memiliki <i>slack</i> = 8 (terendah setelah aktivitas R) – Aturan 1. Aktivitas P tetap pada jadwal, dengan ES = 23, LF = 52, <i>Slack</i> = 8 dan kebutuhan SDM 2 welder. - Tunda aktivitas X, <i>update</i> nilai ES = 21, LF = 64 dan <i>Slack</i> = 37. - Tunda aktivitas Z yang memiliki aktivitas pendahulu X. <i>Update</i> nilai ES = 28, LF = 70 dan <i>slack</i> = 36. - Tunda aktivitas AA yang memiliki aktivitas pendahulu X. <i>Update</i> nilai ES = 28, LF = 70 dan <i>slack</i> = 36. - Tunda aktivitas Y <i>update</i> nilai ES = 21, LF = 64 dan <i>Slack</i> = 38. - Lakukan 4 langkah terakhir diatas sampai: - Aktivitas X memiliki nilai ES = 24, LF = 64, dan <i>Slack</i> = 34. - Aktivitas Y memiliki nilai ES = 24, LF = 64 dan <i>Slack</i> = 35. - Aktivitas Z memiliki nilai ES = 30, LF = 70 dan <i>Slack</i> = 34. - Aktivitas AA memiliki nilai ES = 30, LF = 70 dan <i>Slack</i> = 34.

Hasil dari pemerataan sumber daya periode 23 – 24 dapat dilihat pada Gambar 4.12. Pada Tabel 4.14 dapat diketahui bahwa pada aktivitas X terjadi penundaan jadwal, sehingga dimulai pada periode 25 dan nilai *slack* berkurang menjadi 24 periode (hari). Begitu pula pada aktivitas Y, Z dan AA juga mengalami penundaan, sehingga nilai *early start* dan *slack* dari setiap aktivitas tersebut berubah sesuai hasil pada tahapan pada Tabel 4.10. Total

sumber daya *welder* yang dibutuhkan pada periode 23 – 24 adalah 21 pekerja, sedangkan yang tersedia hanya 15 pekerja. Setelah dilakukan tahapan pemerataan sumber daya seperti pada tabel 4.10 jumlah *welder* yang dibutuhkan hanya 13 orang dan untuk jenis pekerja lainnya tidak ada yang mengalami kelebihan pengalokasian pada periode tersebut. Selanjutnya perlu dilakukan pemerataan sumber daya pada periode 24 – 25 karena terjadi kelebihan alokasi sumber daya *welder*. Langkah-langkah pemerataan tersebut diuraikan pada Tabel 4.11.

Tabel 4. 11 Pemerataan Sumber Daya Periode 24 - 25

Periode	Tahapan
24 – 25	<p>Aktivitas L, N, P, R, X, dan Y melebihi batasan SDM 15 <i>welder</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aktivitas L memiliki nilai <i>slack</i> paling rendah (0) – Aturan 1. <p>Aktivitas L tetap pada jadwal, dengan ES = 23, LF = 51, <i>Slack</i> = 0 dan kebutuhan SDM 4 <i>welder</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tersisa 11 <i>welder</i>, aktivitas N memiliki <i>slack</i> = 1 (terendah setelah aktivitas L) – Aturan 1. <p>Aktivitas N tetap pada jadwal, dengan ES = 23, LF = 40, <i>Slack</i> = 1 dan kebutuhan SDM 4 <i>welder</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tersisa 7 <i>welder</i>, aktivitas R memiliki <i>slack</i> = 1 (terendah setelah aktivitas N) – Aturan 1. <p>Aktivitas R tetap pada jadwal, dengan ES = 23, LF = 37, <i>Slack</i> = 1 dan kebutuhan SDM 3 <i>welder</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tersisa 4 <i>welder</i>, aktivitas P memiliki <i>slack</i> = 8 (terendah setelah aktivitas R) – Aturan 1. <p>Aktivitas P tetap pada jadwal, dengan ES = 23, LF = 52, <i>Slack</i> = 8 dan kebutuhan SDM 2 <i>welder</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tunda aktivitas X, <i>update</i> nilai ES = 25, LF = 64 dan <i>Slack</i> = 33 - Tunda aktivitas Z yang memiliki aktivitas pendahulu X. <i>Update</i> nilai ES = 31, LF = 70 dan <i>slack</i> = 33 - Tunda aktivitas AA yang memiliki aktivitas pendahulu X. <i>Update</i> nilai ES = 31, LF = 70 dan <i>slack</i> = 33 - Tunda aktivitas Y, <i>update</i> nilai ES = 25, LF = 64 dan <i>Slack</i> = 34

Hasil dari pemerataan sumber daya periode 24 – 25 dapat dilihat Tabel 4.15. Pada gambar 4.13 dapat diketahui bahwa pada aktivitas X terjadi penundaan jadwal, sehingga dimulai pada periode 26 dan nilai *slack* berkurang menjadi 33 periode (hari). Begitu pula pada aktivitas Y, Z dan AA juga mengalami penundaan, sehingga nilai *early start* dan *slack* dari setiap aktivitas tersebut berubah sesuai hasil pada tahapan pada Tabel 4.11. Total sumber daya *welder* yang dibutuhkan pada periode 24 – 25 adalah 21 pekerja, sedangkan yang tersedia hanya 15 pekerja. Setelah dilakukan tahapan pemerataan sumber daya seperti pada Tabel 4.11 jumlah *welder* yang dibutuhkan hanya 13 orang dan untuk jenis pekerja lainnya tidak ada yang mengalami kelebihan pengalokasian pada periode tersebut. Selanjutnya perlu dilakukan pemerataan sumber daya pada periode 25 – 26 karena terjadi

kelebihan alokasi sumber daya *welder*. Langkah-langkah pemerataan tersebut diuraikan pada Tabel 4.12.

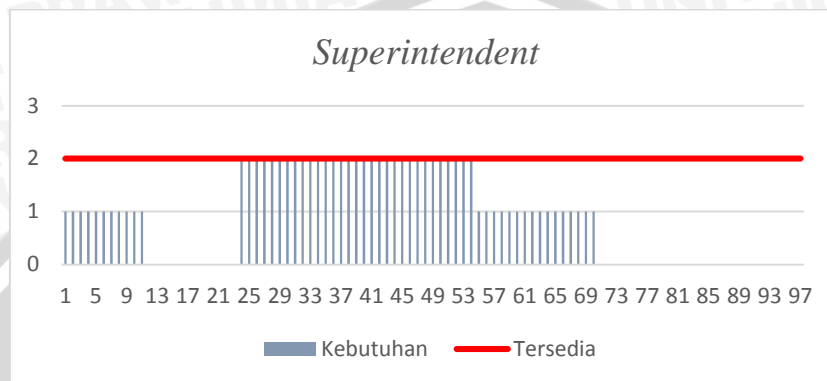


Tabel 4. 12 Pemerataan Sumber Daya Periode 25 - 26

Periode	Tahapan
25 – 26	<p>Aktivitas L, N, P, R, X, dan Y melebihi batasan SDM 15 <i>welder</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aktivitas L memiliki nilai <i>slack</i> paling rendah (0) – Aturan 1. <p>Aktivitas L tetap pada jadwal, dengan ES = 23, LF = 51, <i>Slack</i> = 0 dan kebutuhan SDM 4 <i>welder</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tersisa 11 <i>welder</i>, aktivitas N memiliki <i>slack</i> = 1 (terendah setelah aktivitas L) – Aturan 1. <p>Aktivitas N tetap pada jadwal, dengan ES = 23, LF = 40, <i>Slack</i> = 1 dan kebutuhan SDM 4 <i>welder</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tersisa 7 <i>welder</i>, aktivitas R memiliki <i>slack</i> = 1 (terendah setelah aktivitas N) – Aturan 1. <p>Aktivitas R tetap pada jadwal, dengan ES = 23, LF = 37, <i>Slack</i> = 1 dan kebutuhan SDM 3 <i>welder</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tersisa 4 <i>welder</i>, aktivitas P memiliki <i>slack</i> = 8 (terendah setelah aktivitas R) – Aturan 1. <p>Aktivitas P tetap pada jadwal, dengan ES = 23, LF = 52, <i>Slack</i> = 8 dan kebutuhan SDM 2 <i>welder</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tunda aktivitas X, <i>update</i> nilai ES = 26, LF = 64 dan <i>Slack</i> = 32 - Tunda aktivitas Z yang memiliki aktivitas pendahulu X. <i>Update</i> nilai ES = 32, LF = 70 dan <i>slack</i> = 32 - Tunda aktivitas AA yang memiliki aktivitas pendahulu X. <i>Update</i> nilai ES = 32, LF = 70 dan <i>slack</i> = 32 - Tunda aktivitas Y, <i>update</i> nilai ES = 26, LF = 64 dan <i>Slack</i> = 33

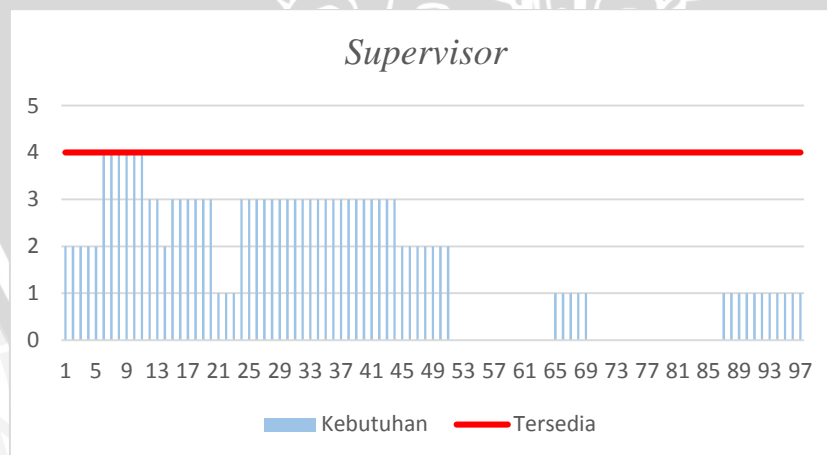
Hasil dari pemerataan sumber daya periode 25 – 26 dapat dilihat Tabel 4.16. Pada Tabel 4.16 dapat diketahui bahwa pada aktivitas X terjadi penundaan jadwal, sehingga dimulai pada periode 27 dan *slack* yang tersedia berkurang menjadi 26 periode (hari). Begitu pula pada aktivitas Z dan AA juga mengalami penundaan, sehingga nilai *early start* dan *slack* dari setiap aktivitas tersebut berubah sesuai hasil pada tahapan pada Tabel 4.12. Total sumber daya *welder* yang dibutuhkan pada periode 25 – 26 adalah 21 pekerja, sedangkan yang tersedia hanya 15 pekerja. Setelah dilakukan tahapan pemerataan sumber daya seperti pada Tabel 4.12 jumlah *welder* yang dibutuhkan hanya 13 orang dan untuk jenis pekerja lainnya tidak ada yang mengalami kelebihan pengalokasian pada periode tersebut. Selanjutnya perlu dilakukan pemerataan sumber daya pada periode 27 dan periode – periode selanjutnya yang mengalami kelebihan pengalokasian SDM sampai tidak terjadi kelebihan pengalokasian SDM dari SDM yang tersedia.

Setelah dilakukan proses pemerataan sumber daya, berikut adalah grafik kebutuhan sumber daya dari masing-masing jenis SDM. Disajikan grafik yang menunjukkan kebutuhan SDM dan jumlah yang tersedia dari masing-masing periode. Dengan sumbu x adalah periode pengerjaan proyek dan sumbu y adalah jumlah SDM yang dibutuhkan atau tersedia. Gambar 4.11 menunjukkan grafik kebutuhan sumber daya *Superintendent* setelah dilakukan pemerataan sumber daya.



Gambar 4. 11 Grafik Kebutuhan *Superintendent* Setelah Pemerataan Sumber Daya

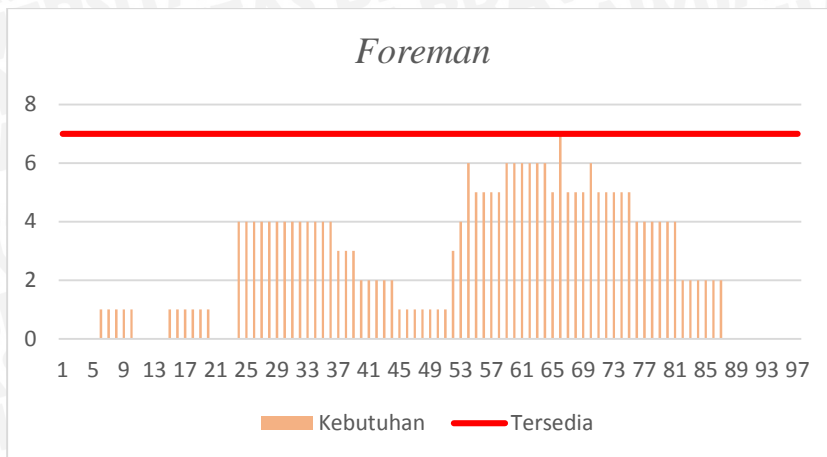
Setelah dilakukan pemerataan sumber daya, berdasarkan Gambar 4.11 dapat diketahui bahwa sumber daya *Superintendent* yang tersedia sebanyak 2 orang dan tidak mengalami kelebihan pengalokasian sumber daya pada masing-masing periodenya. Gambar 4.12 menunjukkan grafik kebutuhan sumber daya *Supervisor* setelah dilakukan pemerataan sumber daya.



Gambar 4. 12 Grafik Kebutuhan *Supervisor* Setelah Pemerataan Sumber Daya

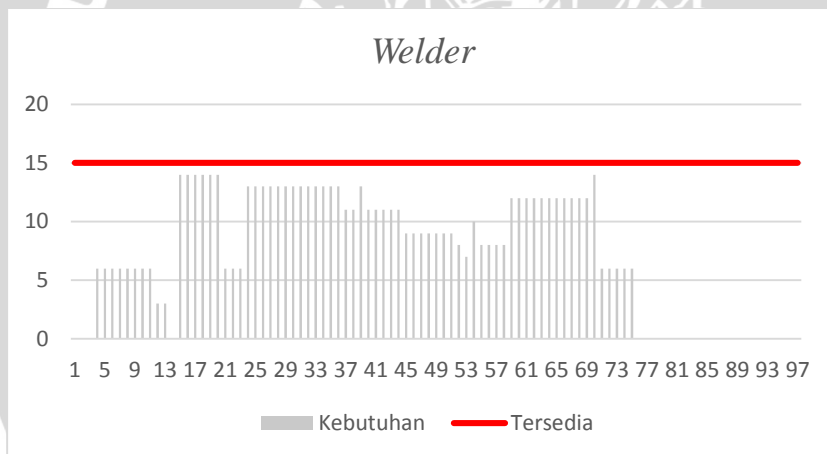
Setelah dilakukan pemerataan sumber daya, berdasarkan Gambar 4.12 dapat diketahui bahwa sumber daya *Supervisor* yang tersedia sebanyak 4 orang dan tidak mengalami kelebihan pengalokasian sumber daya pada masing-masing periodenya. Gambar 4.13 menunjukkan grafik kebutuhan sumber daya *Foreman* setelah dilakukan pemerataan sumber daya.





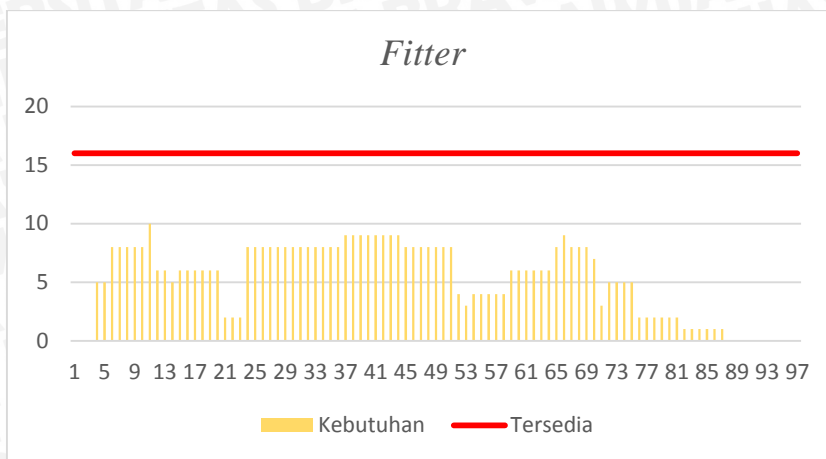
Gambar 4. 13 Grafik Kebutuhan *Foreman* Setelah Pemerataan Sumber Daya

Setelah dilakukan pemerataan sumber daya, berdasarkan Gambar 4.13 dapat diketahui bahwa sumber daya *Foreman* yang tersedia sebanyak 7 orang dan tidak mengalami kelebihan pengalokasian sumber daya pada masing-masing periodenya. Gambar 4.14 menunjukkan grafik kebutuhan sumber daya *Welder* setelah dilakukan pemerataan sumber daya.



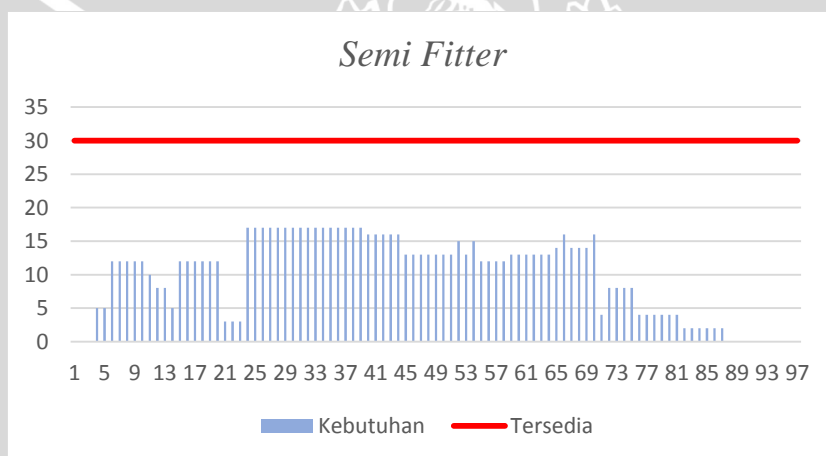
Gambar 4. 14 Grafik Kebutuhan *Welder* Setelah Pemerataan Sumber Daya

Setelah dilakukan pemerataan sumber daya, berdasarkan Gambar 4.14 dapat diketahui bahwa sumber daya *Welder* yang tersedia sebanyak 15 orang dan tidak mengalami kelebihan pengalokasian sumber daya pada masing-masing periodenya. Gambar 4.15 menunjukkan grafik kebutuhan sumber daya *Fitter* setelah dilakukan pemerataan sumber daya.



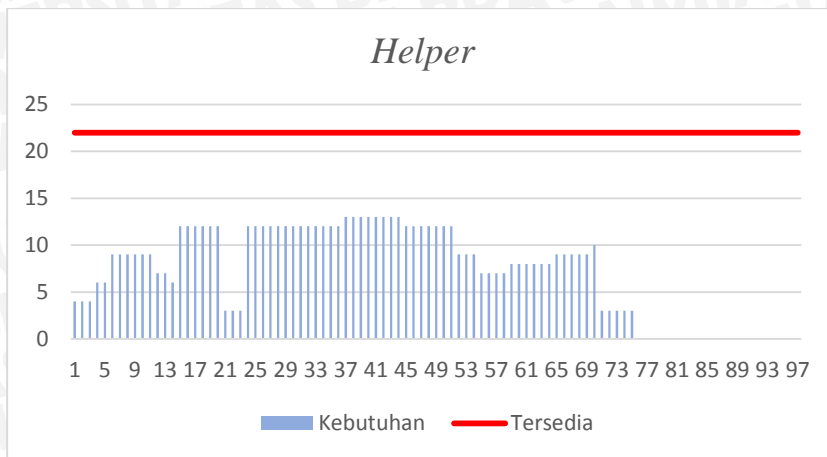
Gambar 4. 15 Grafik Kebutuhan *Fitter* Setelah Pemerataan Sumber Daya

Setelah dilakukan pemerataan sumber daya, berdasarkan Gambar 4.15 dapat diketahui bahwa sumber daya *Fitter* yang tersedia sebanyak 16 orang dan tidak mengalami kelebihan pengalokasian sumber daya pada masing-masing periodenya. Gambar 4.16 menunjukkan grafik kebutuhan sumber daya *Semi Fitter* setelah dilakukan pemerataan sumber daya.



Gambar 4. 16 Grafik Kebutuhan *Semi Fitter* Setelah Pemerataan Sumber Daya

Setelah dilakukan pemerataan sumber daya, berdasarkan Gambar 4.16 dapat diketahui bahwa sumber daya *Semi Fitter* yang tersedia sebanyak 16 orang dan tidak mengalami kelebihan pengalokasian sumber daya pada masing-masing periodenya. Gambar 4.17 menunjukkan grafik kebutuhan sumber daya *Helper* setelah dilakukan pemerataan sumber daya.



Gambar 4.17 Grafik Kebutuhan *Helper* Setelah Pemerataan Sumber Daya

Setelah dilakukan pemerataan sumber daya, berdasarkan Gambar 4.17 dapat diketahui bahwa sumber daya *Helper* yang tersedia sebanyak 22 orang dan tidak mengalami kelebihan pengalokasian sumber daya pada masing-masing periodenya.

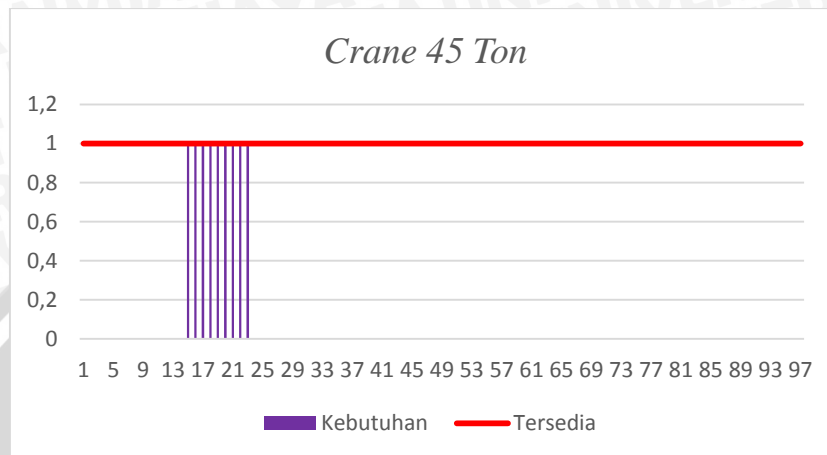
Berdasarkan hasil dari pemerataan sumber daya manusia, sudah tidak terjadi kelebihan pengalokasian sumber daya manusia. Namun durasi penyelesaian proyek yang pada awalnya selama 81 periode berubah menjadi 97 periode setelah dilakukan pemerataan sumber daya. Selanjutnya dilakukan penjadwalan alat berdasarkan hasil penjadwalan setelah pemerataan sumber daya.

4.3.6 Penjadwalan Alat

Berdasarkan hasil penjadwalan aktivitas proyek menggunakan CPM dengan menggunakan pemerataan sumber daya, maka selanjutnya melakukan penjadwalan alat proyek. Selanjutnya akan dijelaskan mengenai pengalokasian masing-masing jenis peralatan yang dimiliki sesuai dengan jadwal pengerjaan aktivitas setelah dilakukan pemerataan sumber daya. Dengan tujuan untuk menganalisis jenis peralatan apa yang mengalami kendala keterbatasan dan dapat menimbulkan keterlambatan penyelesaian proyek. Pada penjadwalan alat ini, dibahas dua pilihan dalam mengatasi kelebihan pengalokasian peralatan proyek. Yang pertama dengan menambahkan atau pengadaan peralatan baru yang mengalami kekurangan untuk menjaga agar durasi pengerjaan proyek tidak semakin lama. Atau dengan memanfaatkan peralatan yang ada dan melakukan pemerataan sumber daya dengan konsekuensi durasi pengerjaan proyek menjadi bertambah.

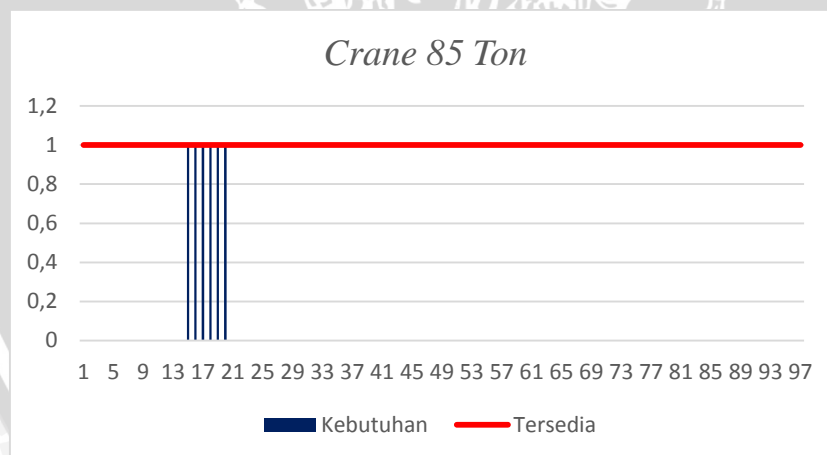
Pada beberapa peralatan proyek khusus seperti *Crane* 45 ton, *Crane* 85 ton, *Crane* 130 ton sudah termasuk operator dari peralatan tersebut. Untuk mesin las mengikuti bagaimana kebutuhan dari sumber daya *welder*, jenis peralatan lainnya berdasarkan dari kapan peralatan

tersebut dibutuhkan dan tidak memerlukan operator khusus. Disajikan grafik yang menunjukkan kebutuhan peralatan dan jumlah peralatan yang tersedia, sumbu x menunjukkan periode pengerjaan proyek, dan sumbu y menunjukkan jumlah peralatan yang dibutuhkan atau tersedia. Gambar 4.18 menunjukkan kebutuhan peralatan *Crane 45 Ton* pada tiap periode pengerjaan.



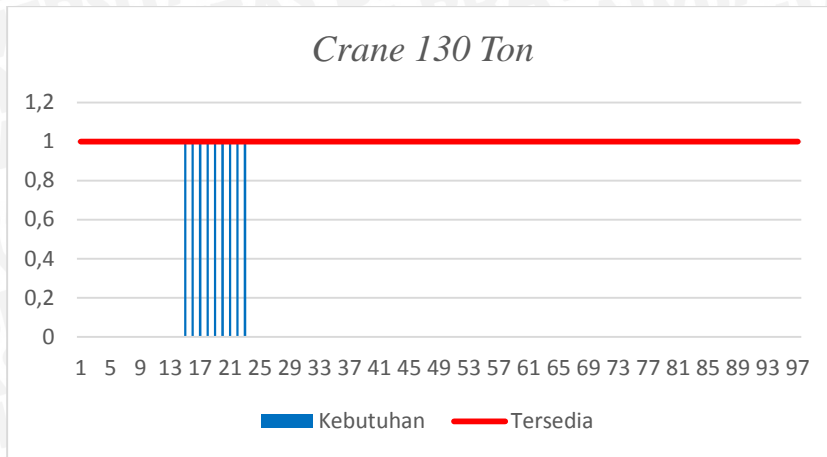
Gambar 4. 18 Grafik Kebutuhan *Crane 45 Ton* Sebelum Pemerataan Sumber Daya

Pada Gambar 4.18 dapat dilihat bahwa jenis peralatan *Crane 45 Ton* tidak mengalami kelebihan alokasi sumber daya, sehingga tidak perlu dilakukan pemerataan sumber daya. Gambar 4.19 menunjukkan kebutuhan peralatan *Crane 85 Ton* pada tiap periode pengerjaan.



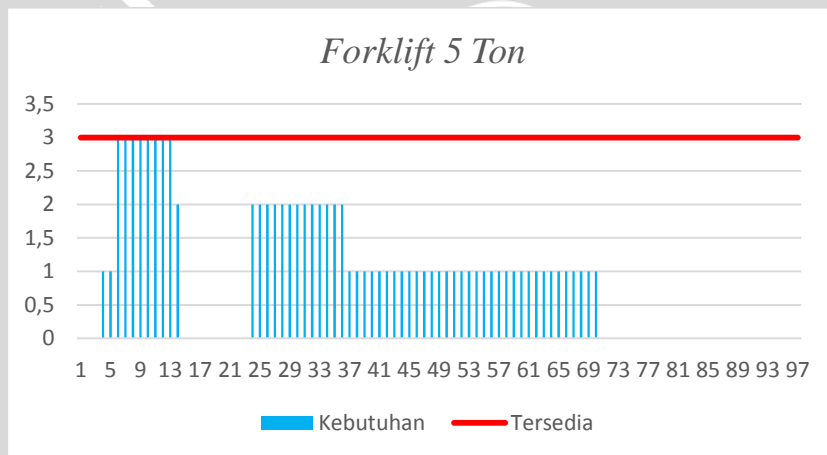
Gambar 4. 19 Grafik Kebutuhan *Crane 85 Ton* Sebelum Pemerataan Sumber Daya

Pada Gambar 4.19 dapat dilihat bahwa jenis peralatan *Crane 85 Ton* tidak mengalami kelebihan alokasi sumber daya, sehingga tidak perlu dilakukan pemerataan sumber daya. Gambar 4.20 menunjukkan kebutuhan peralatan *Crane 130 Ton* pada tiap periode pengerjaan.



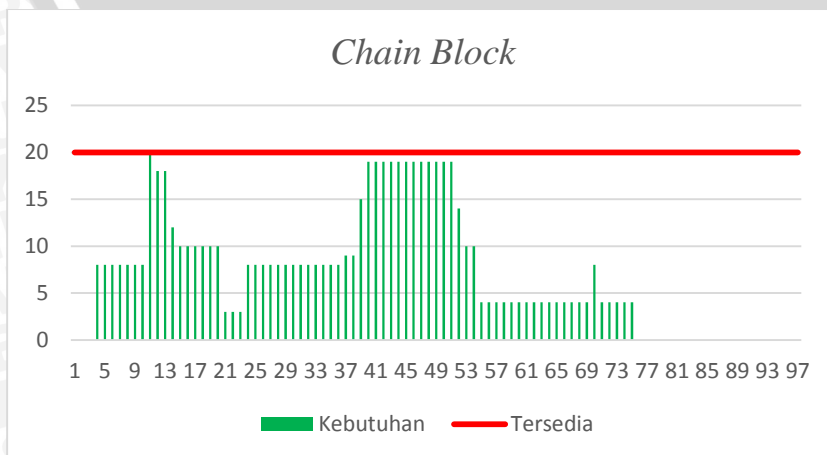
Gambar 4. 20 Grafik Kebutuhan *Crane 130 Ton* Sebelum Pemerataan Sumber Daya

Pada Gambar 4.20 dapat dilihat bahwa jenis peralatan *Crane 130 Ton* tidak mengalami kelebihan alokasi sumber daya, sehingga tidak perlu dilakukan pemerataan sumber daya. Gambar 4.21 menunjukkan kebutuhan peralatan *Forklift 5 Ton* pada tiap periode pengerjaan.



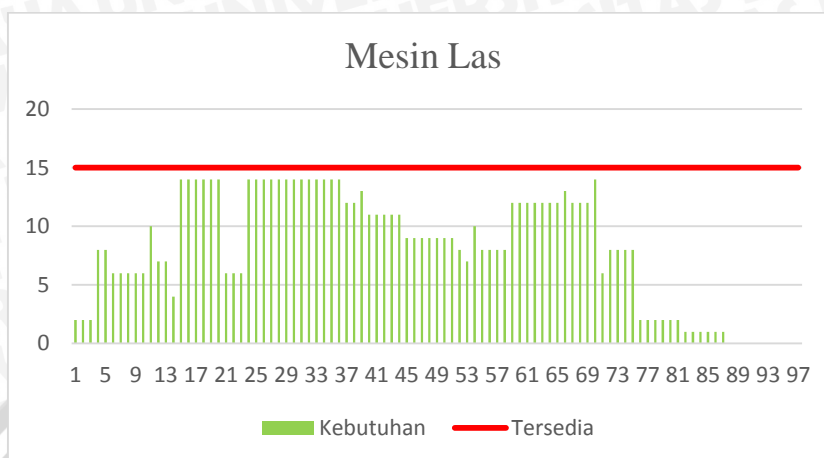
Gambar 4. 21 Grafik Kebutuhan *Forklift 5 Ton* Sebelum Pemerataan Sumber Daya

Pada Gambar 4.21 dapat dilihat bahwa jenis peralatan *Forklift 5 Ton* tidak mengalami kelebihan alokasi sumber daya, sehingga tidak perlu dilakukan pemerataan sumber daya. Gambar 4.22 menunjukkan kebutuhan peralatan *Chain Block* pada tiap periode pengerjaan.



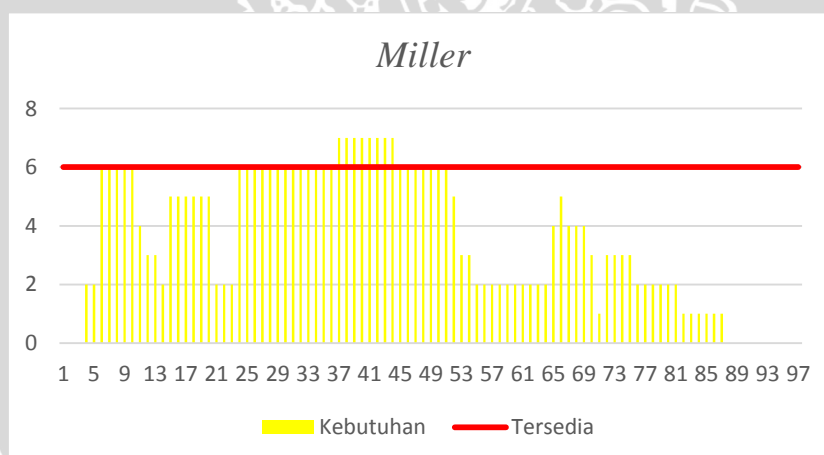
Gambar 4. 22 Grafik Kebutuhan *Chain Block* Sebelum Pemerataan Sumber Daya

Pada Gambar 4.22 dapat dilihat bahwa jenis perlatan *Chain Block* tidak mengalami kelebihan alokasi sumber daya, sehingga tidak perlu dilakukan pemerataan sumber daya. Gambar 4.23 menunjukkan kebutuhan peralatan Mesin Las pada tiap periode pengerjaan.



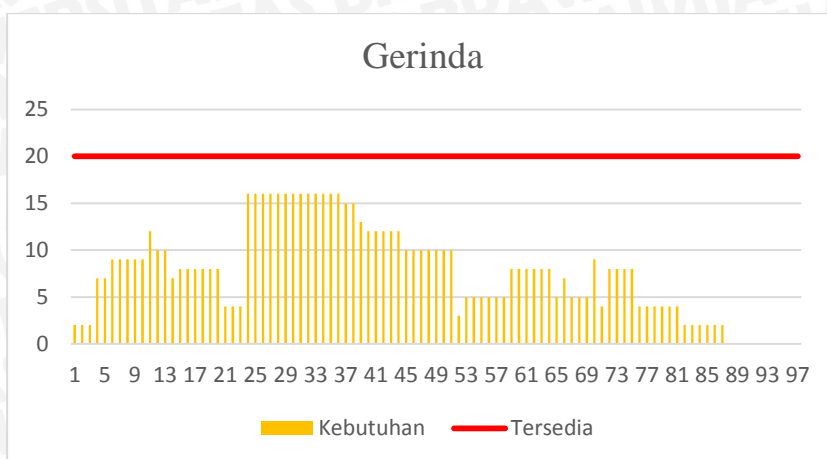
Gambar 4. 23 Grafik Kebutuhan Mesin Las Sebelum Pemerataan Sumber Daya

Pada Gambar 4.23 dapat dilihat bahwa jenis perlatan Mesin Las tidak mengalami kelebihan alokasi sumber daya, sehingga tidak perlu dilakukan pemerataan sumber daya. Gambar 4.24 menunjukkan kebutuhan peralatan *Miller* pada tiap periode pengerjaan.



Gambar 4. 24 Grafik Kebutuhan *Miller* Sebelum Pemerataan Sumber Daya

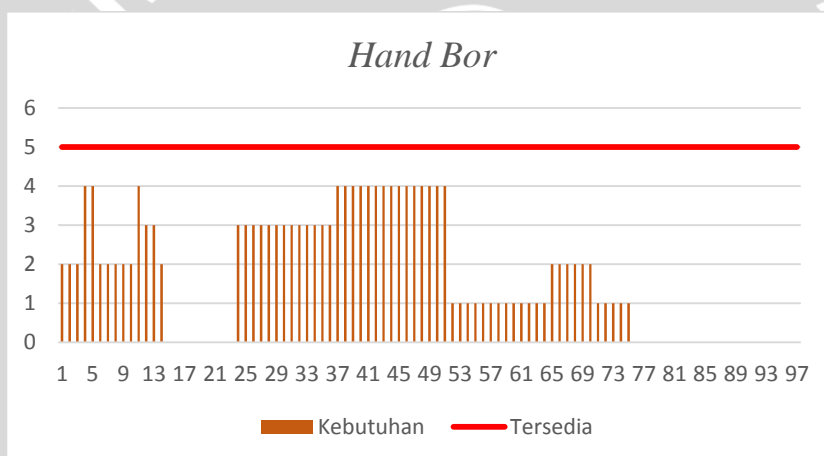
Pada Gambar 4.24 dapat dilihat bahwa jenis perlatan *Miller* mengalami kelebihan alokasi sumber daya pada periode-37 sampai 44. Pada periode tersebut diperlukan 7 unit *Miller* namun yang tersedia hanya 6 unit *Miller*. Sehingga perlu dilakukan pemerataan sumber daya atau penambahan peralatan baru. Gambar 4.25 menunjukkan kebutuhan peralatan Gerinda pada tiap periode pengerjaan.



Gambar 4. 25 Grafik Kebutuhan Gerinda Sebelum Pemerataan Sumber Daya

Pada Gambar 4.25 dapat dilihat bahwa jenis peralatan Gerinda tidak mengalami kelebihan alokasi sumber daya, sehingga tidak perlu dilakukan pemerataan sumber daya.

Gambar 4.26 menunjukkan kebutuhan peralatan *Hand Bor* pada tiap periode pengerjaan.



Gambar 4. 26 Grafik Kebutuhan Hand Bor Sebelum Pemerataan Sumber Daya

Pada Gambar 4.26 dapat dilihat bahwa jenis peralatan *Hand Bor* tidak mengalami kelebihan alokasi sumber daya, sehingga tidak perlu dilakukan pemerataan sumber daya.

Peralatan jenis *Miller* mengalami kelebihan pengalokasian pada beberapa periode pengerjaan, namun peralatan lainnya tidak mengalami kelebihan pengalokasian. Sehingga perusahaan perlu melakukan penambahan atau pengadaan peralatan *Miller* baru untuk mengatasi kelebihan pengalokasian tersebut. Atau dengan melakukan pemerataan sumber daya peralatan proyek pada kedua jenis peralatan tersebut.

4.3.6.1 Penambahan Peralatan Baru

Jika perusahaan menambahkan peralatan baru sesuai dengan jumlah dan jenis peralatan yang mengalami kekurangan. Maka durasi pengerjaan proyek tidak akan berubah. Tabel 4.17 menjelaskan peralatan jenis apa yang mengalami kekurangan, pada periode ke berapa

peralatan tersebut mengalami kekurangan, berapa jumlah yang dibutuhkan, berapa jumlah yang tersedia dan berapa jumlah unit yang harus ditambahkan.

Tabel 4.17 Penambahan Sumber Daya Peralatan Baru

Nama Peralatan	Periode	Kebutuhan (unit)	Tersedia (unit)	Ditambahkan (unit)
Miller	37	7	6	1
Miller	38	7	6	1
Miller	39	7	6	1
Miller	40	7	6	1
Miller	41	7	6	1
Miller	42	7	6	1
Miller	43	7	6	1
Miller	44	7	6	1

Dengan penambahan 1 unit *Miller*, maka durasi pengerjaan proyek tetap selama 97 periode. Dimana mesin *miller* disini digunakan sebagai sumber daya dan bagi beberapa peralatan lainnya. Sehingga jika mesin *miller* mengalami kekurangan akan menyebabkan peralatan lain tidak berfungsi dan pekerjaan menjadi terlambat.

4.3.6.2 Pemerataan Sumber Daya Peralatan

Proses pemerataan sumber daya peralatan dilakukan pada jenis peralatan yang mengalami kelebihan pengalokasian pada periode aktivitas kerja tertentu. Tabel 4.21 merupakan *gant chart* periode 37 sampai 40 dengan keterangan jenis peralatan yang dibutuhkan dan jumlah peralatan tersedia. Kelebihan pengalokasian pada periode ini terjadi pada jenis peralatan *Miller*/ pada periode 37, pada aktivitas L, N, P, S, dan T. Misalnya untuk aktivitas L, peralatan yang dibutuhkan terdiri 1 F5t, 7 CB, 4 ML, 2 M/B, 8 G, dan 3 HB. Aktivitas ini dapat diselesaikan dengan durasi selama 28 hari. *Early Start* dari aktivitas L adalah 23 yang berarti waktu dimulai paling cepat dari aktivitas L adalah pada periode ke 24, sedangkan *Latest Finish* dari aktivitas L adalah 51 yang berarti waktu paling lambat dapat diselesaikan dari aktivitas L pada periode ke 51, tanpa mempengaruhi durasi akhir penyelesaian proyek. Sehingga *slack* aktivitas D adalah 0 yang artinya jika aktivitas D ditunda akan mempengaruhi durasi akhir dari waktu penyelesaian proyek.

Misalnya untuk periode 36 – 37 dengan aktivitas L, N, P, S, dan T membutuhkan *Miller* sebanyak 7 unit, namun yang tersedia hanya 6 unit. Oleh karena itu perlu dilakukan pemerataan sumber daya peralatan dengan langkah-langkah yang diuraikan pada Tabel 4.18.

Tabel 4. 18 Pemerataan Sumber Daya Peralatan Periode 36 - 37

Periode	Tahapan
36 – 37	<p>Aktivitas L, N, P, S, dan T melebihi batasan Peralatan 6 <i>Miller</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aktivitas L memiliki nilai <i>slack</i> paling rendah (0) – Aturan 1. <p>Aktivitas L tetap pada jadwal, dengan ES = 23, LF = 51, <i>Slack</i> = 0 dan kebutuhan peralatan 2 <i>Miller</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tersisa 4 <i>Miller</i>, aktivitas T memiliki <i>slack</i> = 0 (terendah setelah aktivitas L) – Aturan 1. <p>Aktivitas T tetap dalam jadwal, dengan ES = 23, LF = 38, <i>Slack</i> = 0 dan kebutuhan peralatan 1 <i>Miller</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tersisa 3 <i>Miller</i>, aktivitas N memiliki <i>slack</i> = 1 (terendah setelah aktivitas T) – Aturan 1. <p>Aktivitas N tetap dalam jadwal, dengan ES = 23, LF = 40, <i>Slack</i> = 1 dan kebutuhan peralatan 1 <i>Miller</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tersisa 2 <i>Miller</i>, aktivitas S memiliki <i>slack</i> = 1 (terendah setelah aktivitas N) – Aturan 1. <p>Aktivitas S tetap dalam jadwal, dengan ES = 36, LF = 53, <i>Slack</i> = 1 dan kebutuhan peralatan 2 <i>Miller</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tunda aktivitas P, <i>update</i> nilai ES = 24, LF = 52 dan <i>Slack</i> = 7. - Lakukan langkah diatas sampai: Aktivitas P memiliki nilai ES = 30, LF = 52, dan <i>Slack</i> = 1. - Tunda aktivitas S, <i>update</i> nilai ES = 37, LF = 53 dan <i>Slack</i> = 0.

Hasil dari pemerataan sumber daya periode 36 – 37 dapat dilihat pada Tabel 4.22. Pada Tabel 4.22 dapat diketahui bahwa pada aktivitas P terjadi penundaan jadwal, sehingga dimulai pada periode 31 dan nilai *slack* berkurang menjadi 1 periode (hari). Begitu pula pada aktivitas S juga mengalami penundaan, sehingga nilai *early start* dan *slack* dari aktivitas tersebut berubah sesuai hasil pada tahapan pada Tabel 4.18. Total peralatan *Miller* yang dibutuhkan pada periode 36 – 37 adalah 7 unit, sedangkan yang tersedia hanya 6 unit. Setelah dilakukan tahapan pemerataan sumber daya peralatan seperti pada Tabel 4.18 jumlah *Miller* yang dibutuhkan hanya 5 unit dan untuk jenis peralatan lainnya tidak ada yang mengalami kelebihan pengalokasian pada periode tersebut. Selanjutnya perlu dilakukan pemerataan sumber daya pada periode 37 – 38 karena terjadi kelebihan alokasi peralatan *Miller*. Langkah-langkah pemerataan tersebut diuraikan pada Tabel 4.19.

Tabel 4. 19 Proses Pemerataan Sumber Daya Periode 37 - 38

Periode	Tahapan
37 – 38	<p>Aktivitas L, N, P, S, dan T melebihi batasan Peralatan 6 <i>Miller</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aktivitas L memiliki nilai <i>slack</i> paling rendah (0) – Aturan 1. <p>Aktivitas L tetap pada jadwal, dengan $ES = 23$, $LF = 51$, $Slack = 0$ dan kebutuhan peralatan 2 <i>Miller</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tersisa 4 <i>Miller</i>, aktivitas S memiliki $slack = 0$ (terendah setelah aktivitas L) – Aturan 1. <p>Aktivitas S tetap dalam jadwal, dengan $ES = 37$, $LF = 53$, $Slack = 0$ dan kebutuhan peralatan 2 <i>Miller</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tersisa 2 <i>Miller</i>, aktivitas T memiliki $slack = 0$ (terendah setelah aktivitas S) – Aturan 1. <p>Aktivitas T tetap dalam jadwal, dengan $ES = 23$, $LF = 38$, $Slack = 0$ dan kebutuhan peralatan 1 <i>Miller</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tersisa 1 <i>Miller</i>, aktivitas N memiliki $slack = 1$ (terendah setelah aktivitas T) – Aturan 1. <p>Aktivitas N tetap dalam jadwal, dengan $ES = 23$, $LF = 40$, $Slack = 1$ dan kebutuhan peralatan 1 <i>Miller</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tunda aktivitas P, <i>update</i> nilai $ES = 31$, $LF = 52$ dan $Slack = 0$. - Tunda aktivitas S, <i>update</i> nilai $ES = 37$, $LF = 53$ dan $Slack = 0$. - Tunda aktivitas N, <i>update</i> nilai $ES = 24$, $LF = 40$ dan $Slack = 0$ - Tunda aktivitas O, yang memiliki aktivitas pendahulu N. <i>Update</i> nilai $ES = 40$, $LF = 53$, dan $Slack = 0$. - Tunda aktivitas T yang merupakan aktivitas dengan nilai ID terakhir sampai nilai $ES = 38$, $LF = 53$ dan $Slack = 0$. - Tunda aktivitas U yang memiliki aktivitas pendahulu T, sampai nilai $ES = 53$, $LF = 69$ dan $Slack = 0$.

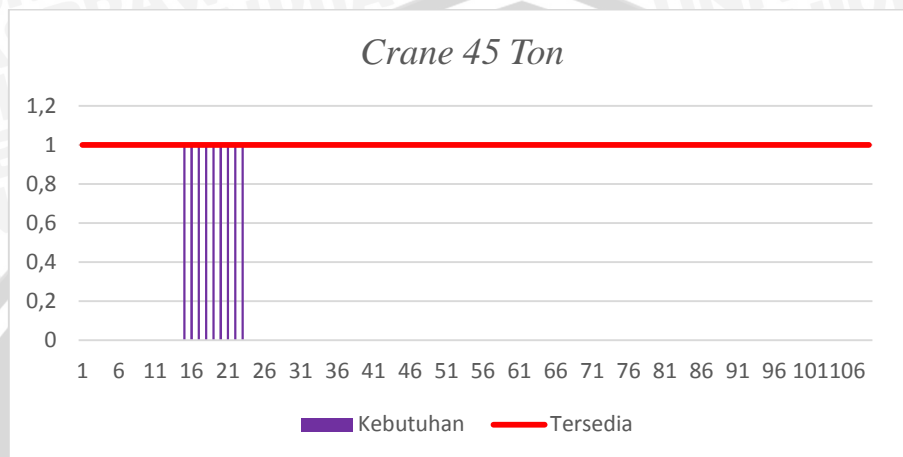
Hasil dari pemerataan sumber daya periode 37 - 38 dapat dilihat pada Tabel 4.23. Pada Tabel 4.23 diketahui bahwa pada aktivitas P terjadi penundaan jadwal, sehingga dimulai pada periode 32 dan nilai *slack* berkurang menjadi 0 periode (hari). Begitu pula pada aktivitas S, N, O, T dan U juga mengalami penundaan, sehingga nilai *early start*, *latest finish* dan *slack* dari aktivitas tersebut berubah sesuai hasil pada tahapan pada tabel 4.15. Total peralatan *Miller* yang dibutuhkan pada periode 36 – 37 adalah 7 unit, sedangkan yang tersedia hanya 6 unit. Setelah dilakukan tahapan pemerataan sumber daya peralatan seperti pada Tabel 4.19 jumlah *Miller* yang dibutuhkan hanya 6 unit dan untuk jenis peralatan lainnya tidak ada yang mengalami kelebihan pengalokasian pada periode tersebut. Selanjutnya perlu dilakukan pemerataan sumber daya pada periode 38 – 39 karena terjadi kelebihan alokasi peralatan *Miller*. Langkah-langkah pemerataan tersebut diuraikan pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20 Proses Pemerataan Sumber Daya Periode 38 - 39

Periode	Tahapan
38 – 39	<p>Aktivitas L, N, P, S, dan T melebihi batasan Peralatan 6 <i>Miller</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aktivitas L memiliki nilai <i>slack</i> paling rendah (0) – Aturan 1. <p>Aktivitas L tetap pada jadwal, dengan $ES = 23$, $LF = 51$, $Slack = 0$ dan kebutuhan peralatan 2 <i>Miller</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tersisa 4 <i>Miller</i>, aktivitas S memiliki $slack = 0$ (terendah setelah aktivitas L) – Aturan 1. <p>Aktivitas S tetap dalam jadwal, dengan $ES = 37$, $LF = 53$, $Slack = 0$ dan kebutuhan peralatan 2 <i>Miller</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tersisa 2 <i>Miller</i>, aktivitas T memiliki $slack = 0$ (terendah setelah aktivitas S) – Aturan 1. <p>Aktivitas T tetap dalam jadwal, dengan $ES = 23$, $LF = 38$, $Slack = 0$ dan kebutuhan peralatan 1 <i>Miller</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tersisa 1 <i>Miller</i>, aktivitas N memiliki $slack = 1$ (terendah setelah aktivitas T) – Aturan 1. - Tunda aktivitas T yang merupakan aktivitas dengan nilai ID terakhir. Update nilai $ES = 39$, $LF = 54$ dan $Slack = 0$. - Tunda aktivitas U yang memiliki aktivitas pendahulu T, <i>update</i> nilai $ES = 54$, $LF = 70$ dan $Slack = 0$.

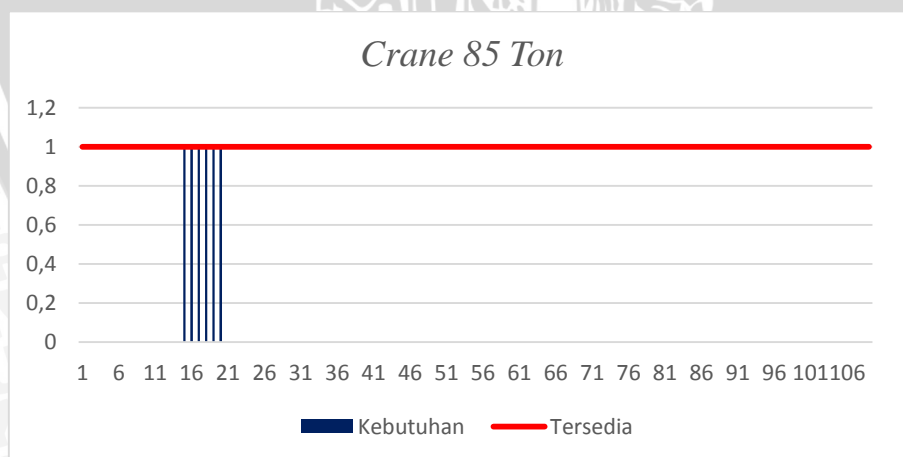
Hasil dari pemerataan sumber daya periode 38 - 39 dapat dilihat pada Tabel 4.24. Pada Tabel 4.24 diketahui bahwa pada aktivitas T terjadi penundaan jadwal, sehingga dimulai pada periode 40 dan nilai *slack* menjadi 0 periode (hari). Begitu pula pada aktivitas U juga mengalami penundaan, sehingga nilai *early start*, *latest finish* dan *slack* dari aktivitas tersebut berubah sesuai hasil pada tahapan pada Tabel 4.20. Total peralatan *Miller* yang dibutuhkan pada periode 36 – 37 adalah 7 unit, sedangkan yang tersedia hanya 6 unit. Setelah dilakukan tahapan pemerataan sumber daya peralatan seperti pada Tabel 4.20 jumlah *Miller* yang dibutuhkan hanya 6 unit dan untuk jenis peralatan lainnya tidak ada yang mengalami kelebihan pengalokasian pada periode tersebut. Selanjutnya perlu dilakukan pemerataan sumber daya pada periode 40 dan periode – periode selanjutnya yang mengalami kelebihan pengalokasian peralatan sampai tidak terjadi kelebihan pengalokasian peralatan dari peralatan yang tersedia.

Setelah dilakukan proses pemerataan sumber daya peralatan, berikut adalah grafik kebutuhan peralatan dari masing-masing periode aktivitas proyek. Disajikan grafik kebutuhan dan ketersediaan peralatan proyek, dengan sumbu x adalah periode pengerjaan proyek dan sumbu y adalah jumlah peralatan yang dibutuhkan/tersedia. Gambar 4.27 menunjukkan grafik kebutuhan peralatan *Crane 45 Ton* setelah dilakukan pemerataan sumber daya.



Gambar 4. 27 Grafik Kebutuhan *Crane 45 Ton* Setelah Pemerataan Sumber Daya

Setelah dilakukan pemerataan sumber daya, berdasarkan Gambar 4.27 dapat diketahui bahwa peralatan *Crane 45 Ton* yang tersedia sebanyak 1 unit dan tidak mengalami kelebihan pengalokasian peralatan pada masing-masing periode pengerjaannya. Gambar 4.28 menunjukkan grafik kebutuhan peralatan *Crane 85 Ton* setelah dilakukan pemerataan sumber daya.

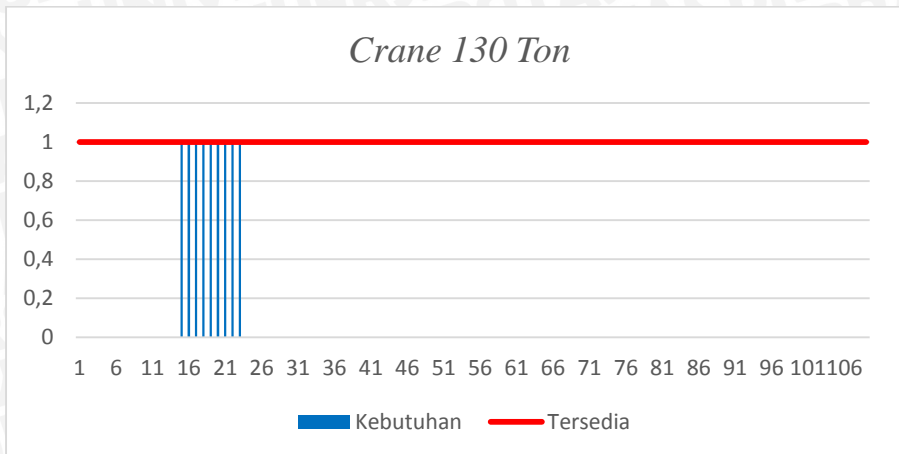


Gambar 4. 28 Grafik Kebutuhan *Crane 85 Ton* Setelah Pemerataan Sumber Daya

Setelah dilakukan pemerataan sumber daya, berdasarkan Gambar 4.28 dapat diketahui bahwa peralatan *Crane 85 Ton* yang tersedia sebanyak 1 unit dan tidak mengalami kelebihan pengalokasian peralatan pada masing-masing periode pengerjaannya. Gambar 4.29

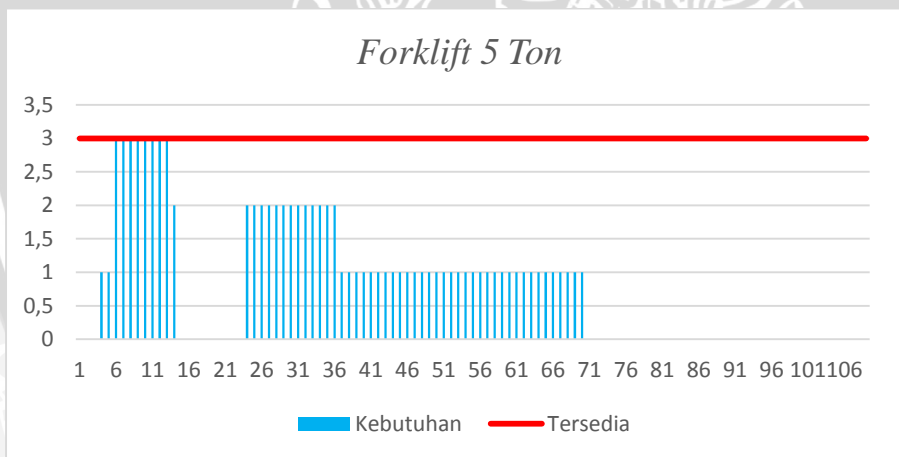


menunjukkan grafik kebutuhan peralatan *Crane* 130 Ton setelah dilakukan pemerataan sumber daya.



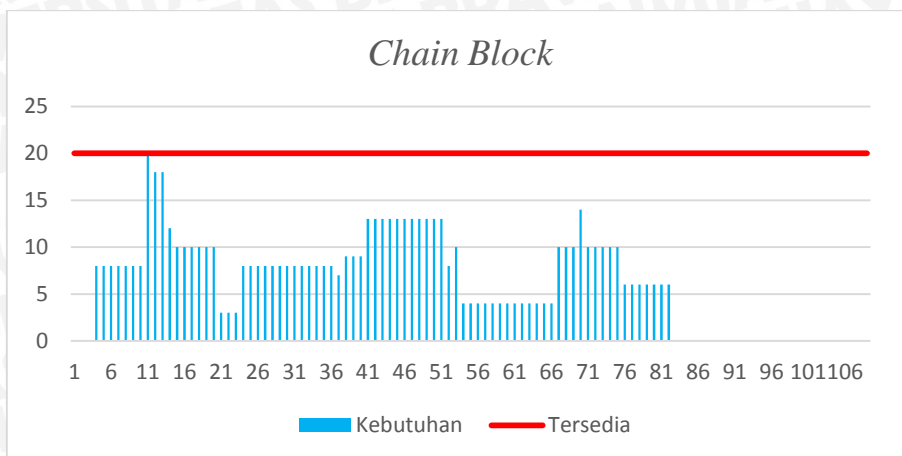
Gambar 4.29 Grafik Kebutuhan *Crane* 130 Ton Setelah Pemerataan Sumber Daya

Setelah dilakukan pemerataan sumber daya, berdasarkan Gambar 4.29 dapat diketahui bahwa peralatan *Crane* 130 Ton yang tersedia sebanyak 1 unit dan tidak mengalami kelebihan pengalokasian peralatan pada masing-masing periode pengerjaannya. Gambar 4.30 menunjukkan grafik kebutuhan peralatan *Forklift* 5 Ton setelah dilakukan pemerataan sumber daya.



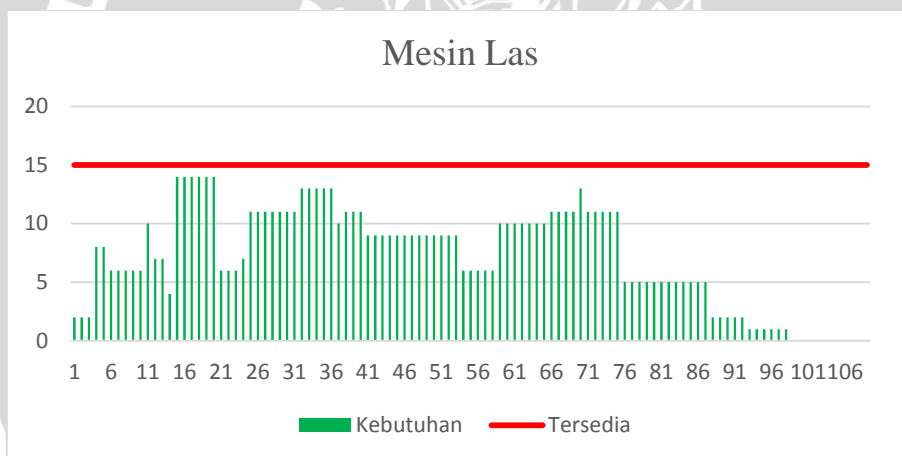
Gambar 4.30 Grafik Kebutuhan *Forklift* 5 Ton Setelah Pemerataan Sumber Daya

Setelah dilakukan pemerataan sumber daya, berdasarkan Gambar 4.30 dapat diketahui bahwa peralatan *Forklift* 5 Ton yang tersedia sebanyak 3 unit dan tidak mengalami kelebihan pengalokasian peralatan pada masing-masing periode pengerjaannya. Gambar 4.31 menunjukkan grafik kebutuhan peralatan *Chain Block* setelah dilakukan pemerataan sumber daya.



Gambar 4.31 Grafik Kebutuhan *Chain Block* Setelah Pemerataan Sumber Daya

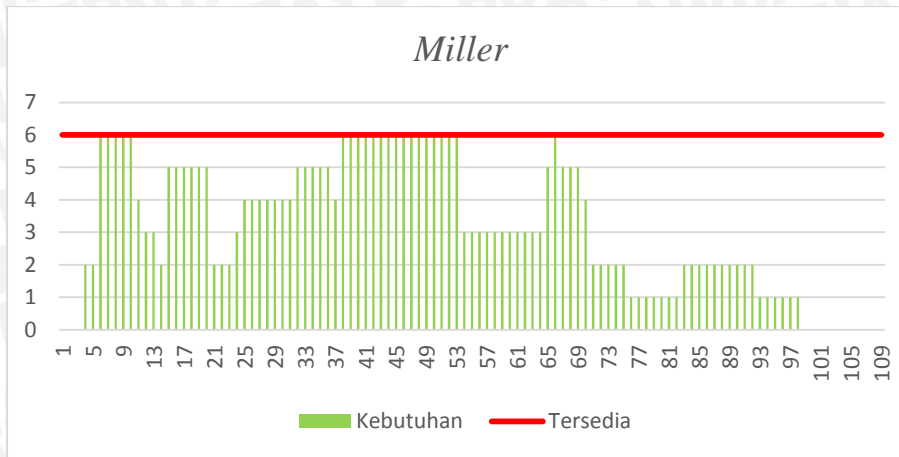
Setelah dilakukan pemerataan sumber daya, berdasarkan Gambar 4.31 dapat diketahui bahwa peralatan *Chain Block* yang tersedia sebanyak 20 unit dan tidak mengalami kelebihan pengalokasian peralatan pada masing-masing periode pengerjaannya. Gambar 4.32 menunjukkan grafik kebutuhan peralatan Mesin Las setelah dilakukan pemerataan sumber daya.



Gambar 4.32 Grafik Kebutuhan Mesin Las Setelah Pemerataan Sumber Daya

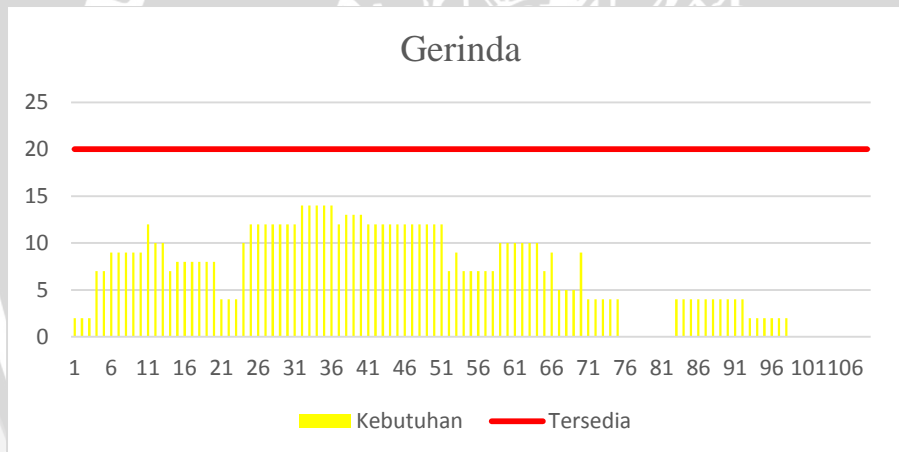
Setelah dilakukan pemerataan sumber daya, berdasarkan Gambar 4.32 dapat diketahui bahwa peralatan Mesin Las yang tersedia sebanyak 15 unit dan tidak mengalami kelebihan pengalokasian peralatan pada masing-masing periode pengerjaannya. Gambar 4.33 menunjukkan grafik kebutuhan peralatan *Miller* setelah dilakukan pemerataan sumber daya.





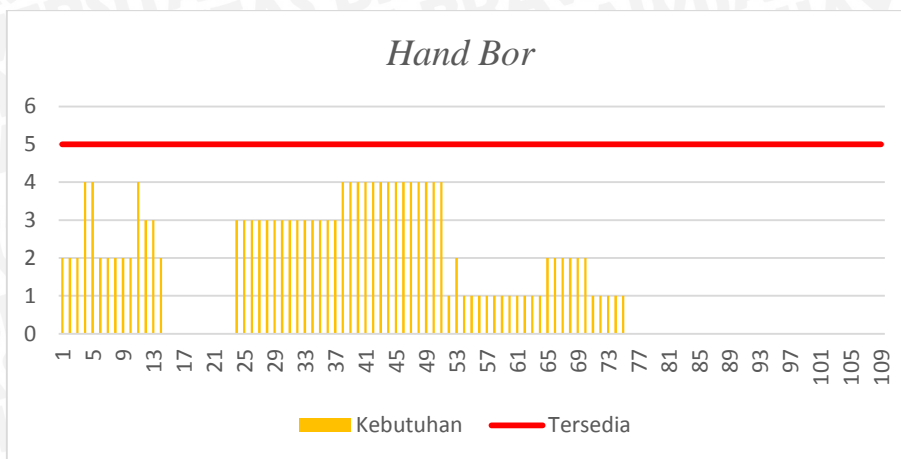
Gambar 4.33 Grafik Kebutuhan *Miller* Setelah Pemerataan Sumber Daya

Setelah dilakukan pemerataan sumber daya, berdasarkan Gambar 4.33 dapat diketahui bahwa peralatan *Miller* yang tersedia sebanyak 6 unit dan tidak mengalami kelebihan pengalokasian peralatan pada masing-masing periode pengerjaannya. Gambar 4.34 menunjukkan grafik kebutuhan peralatan *Gerinda* setelah dilakukan pemerataan sumber daya.



Gambar 4.34 Grafik Kebutuhan *Gerinda* Setelah Pemerataan Sumber Daya

Setelah dilakukan pemerataan sumber daya, berdasarkan Gambar 4.34 dapat diketahui bahwa peralatan *Gerinda* yang tersedia sebanyak 20 unit dan tidak mengalami kelebihan pengalokasian peralatan pada masing-masing periode pengerjaannya. Gambar 4.35 menunjukkan grafik kebutuhan peralatan *Hand Bor* setelah dilakukan pemerataan sumber daya.



Gambar 4.35 Grafik Kebutuhan Hand Bor Setelah Pemerataan Sumber Daya

Setelah dilakukan pemerataan sumber daya, berdasarkan Gambar 4.35 dapat diketahui bahwa peralatan *Hand Bor* yang tersedia sebanyak 5 unit dan tidak mengalami kelebihan pengalokasian peralatan pada masing-masing periode pengerjaannya.

Berdasarkan hasil pemerataan sumber daya peralatan, sudah tidak terjadi kelebihan pengalokasian sumber daya manusia atau peralatan. Namun durasi penyelesaian proyek yang pada awalnya selama 97 periode berubah menjadi 109 periode setelah dilakukan pemerataan sumber daya peralatan proyek.

4.4 Perbandingan Hasil

Tabel 4.17 menyajikan perbedaan durasi penyelesaian proyek kesepakatan dengan *user*, aktual penyelesaian di lapangan, penjadwalan ulang dengan metode CPM, CPM dengan *Resource Leveling* SDM dan CPM dengan *Resource Levelling* Alat.

Tabel 4.25 Perbandingan Durasi Pengerjaan Proyek

PENJADWALAN	DURASI (hari)
Aktual Perusahaan	112
CPM	81
CPM & Pemerataan SDM	97
CPM & Pemerataan SDM Alat	109

Berdasarkan Tabel 4.25 dapat diperoleh bahwa durasi waktu penyelesaian aktual perusahaan selama 112 hari. Berdasarkan hasil penjadwalan ulang dengan metode CPM proyek "*Steam Boiler* dan *Central Boiler*" didapatkan 4 jalur aktivitas kritis, yaitu: A – F – H – J – L – M – AE, A – F – H – J – T – U – AD – AE, A – G – I – J – L – M – AE dan A – G – I – J – T – U – AD – AE. Jika aktivitas kritis tersebut terlambat akan mempengaruhi aktivitas sesudahnya atau juga mempengaruhi durasi akhir penyelesaian proyek.

Berdasarkan aktivitas kritis tersebut, dapat diperoleh durasi waktu pengerjaan proyek selesai dalam waktu 81 hari.

Sedangkan jika dengan *resource leveling* atau pemerataan sumber daya manusia, dimana sumber daya manusia *foreman* dan *welder* mengalami kelebihan pengalokasian. *Foreman* dan *welder* merupakan sumber daya manusia yang memiliki peranan penting dalam penyelesaian aktivitas proyek. Peranaan *foreman* dalam mengkoordinasi grup kerja atau tim kerja yang mereka bawahi berpengaruh dalam kinerja anggota grup kerja tersebut. Sedangkan *welder* yang berperan dalam proses pengelasan atau *welding* komponen-komponen proyek yang akan dilakukan pemasangan atau *fitting*. Jika pengalokasian *welder* berlebih maka komponen yang akan dipasang atau dikerjakan juga terlambat datang atau tidak dapat langsung dikerjakan. Hal tersebut mengakibatkan pengerjaan proyek terlambat atau tidak berjalan sesuai perencanaan oleh perusahaan, dan terjadi keterlambatan aktivitas sesudahnya dan atau durasi akhir pengerjaan proyek. Berdasarkan *time schedule* hasil dari pemerataan sumber daya / *resource leveling* diperoleh durasi penyelesaian proyek “*Steam Boiler* dan *Central Boiler*” selesai dalam waktu 97 hari.

Setelah dilakukan pemerataan sumber daya manusia maka hasil jadwal pengerjaan proyek tersebut digunakan sebagai acuan pengalokasian peralatan proyek. Berdasarkan jadwal pengalokasian tersebut, masih terdapat pengalokasian peralatan proyek yang berlebih. Peralatan *miller* mengalami kelebihan pengalokasian. Dimana peralatan *miller* berfungsi sebagai sumber daya bagi peralatan kerja proyek lainnya. Jika peralatan *miller* mengalami kekurangan pengalokasian akan menyebabkan peralatan-peralatan lainnya tidak dapat digunakan atau berhenti beroperasi. Sehingga dilakukan pemerataan sumber daya peralatan proyek khususnya pada jenis peralatan *miller*.

Berdasarkan hasil jadwal pengalokasian setelah dilakukan pemerataan sumber daya peralatan proyek dapat diperoleh durasi penyelesaian proyek “*Steam Boiler* dan *Central Boiler*” selesai dalam waktu 109 hari. Durasi penjadwalan ulang menggunakan CPM dan pemerataan sumber daya manusia dan alat tidak terlalu jauh berbeda dengan penyelesaian aktual dari proyek. Sehingga penjadwalan dengan metode CPM dan pemerataan sumber daya manusia dan alat dapat digunakan untuk menjadwalkan proyek. Berbeda dengan perencanaan oleh perusahaan yang tidak mempertimbangkan aktivitas kritis, pemerataan sumber daya dan alat proyek.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian Penjadwalan Proyek “*Steam Boiler dan Central Boiler*” dengan kendala keterbatasan SDM dan alat dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan *network diagram* hasil penjadwalan menggunakan metode CPM diperoleh aktivitas kritis sebagai berikut: *Engineering process*, *Pembongkaran Boiler Loss Type: UL_S 16000 X16 With Aceccories*, *Pembongkaran Boiler Loss Type: UL_S 16000 X10 With Aceccories*, *Pemasangan Boiler Loss Type: UL_S 16000 X16 With Aceccories*, *Pemasangan Boiler Loss Type: UL_S 16000 X10 With Aceccories*, *Pemasangan Chimney Ø900MM, H=23500MM (3 unit)*, *Pemasangan Steam Line Boiler Intec to Steam Header*, *Pemasangan Condensat Line Boiler Intec*, *Pemasangan Steam Line Diet Plant From Steam Header*, *Pemasangan Condensat Line Diet Plant*, *Insulation & Jacketing* dan *Commisioning*.
2. Durasi pengerjaan proyek secara aktual di lapangan membutuhkan waktu selama 112 hari. Durasi pengerjaan proyek jika penjadwalan menggunakan metode CPM selama 81 hari, diperoleh dari jumlah aktivitas-aktivitas kritis (memiliki nilai *slack* =0). Selanjutnya dari jadwal tersebut dilakukan *ressource leveling* dikarenakan adanya pengalokasian SDM yang berlebih, yaitu *SDM foreman* dan *welder*. Sumber daya *foreman* yang tersedia hanya 7 orang dan sumber daya *welder* yang tersedia hanya 15 orang. Sehingga diperoleh durasi pengerjaan proyek selama 97 hari. Selanjutnya dilakukan perataan sumber daya peralatan proyek berdasarkan jadwal aktivitas hasil dari perataan sumber daya manusia. Hasil dari perataan sumber daya peralatan memberikan 2 keluaran, yaitu untuk melakukan pengadaan peralatan baru dengan durasi proyek tetap 97 hari atau menggunakan peralatan yang ada dengan menggeser aktivitas tertentu dengan durasi proyek 109 hari. Durasi penjadwalan ulang menggunakan CPM dan perataan sumber daya manusia dan alat tidak terlalu jauh berbeda dengan penyelesaian aktual dari proyek. Sehingga penjadwalan dengan metode CPM dan perataan sumber daya manusia dan alat dapat digunakan untuk menjadwalkan proyek.
3. Pengalokasian SDM dan alat proyek “*Steam Boiler dan Central Boiler*” agar tidak terjadi pengalokasian yang berlebih disarankan mengacu pada jadwal pengalokasian yang dilampirkan pada penelitian ini. Telah mempertimbangkan pendefinisian ulang

aktivitas untuk memperoleh *network diagram*, menjadwalkan menggunakan CPM dan *resource leveling* dimana *constrain* atau batasan dari penjadwalan semakin banyak. Dengan semakin banyaknya batasan tersebut maka jadwal yang dihasilkan akan lebih mendekati aktual pengerjaannya.

5.2 Saran

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

1. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan untuk mempertimbangkan faktor lain seperti pengadaan material dalam penjadwalan proyek dengan batasan-batasan tertentu.
2. Untuk perusahaan tempat penelitian diharapkan dapat menerapkan metode penjadwalan proyek CPM (*Critical Path Method*) dan melakukan *Resource Leveling* sebagai salah satu bentuk metode penjadwalan aktivitas pengerjaan suatu proyek.
3. Untuk perusahaan diharapkan untuk lebih mengontrol pegawainya dimana pegawai tersebut juga berpengaruh pada pengerjaan aktivitas proyek agar sesuai dengan jadwal yang direncanakan (*on-schedule*).



DAFTAR PUSTAKA

- Badri, Sofwan. 1997. *Dasar-Dasar Network Planning*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Bastian, Ifnu. 2015. Optimasi Perencanaan Proyek Pembangunan Perpustakaan Berdasarkan PDM dan Resource Leveling. Skripsi. 2015. Universitas Brawijaya.
- Gray, Clifford F. & Larson, Erik W. 2007. *Manajemen Proyek Proses Manajerial*. Yogyakarta: ANDI.
- Hamzah, Faisal. 2013. "Analisis Network Planning Dengan CPM (Critical Path Method) Dalam Rangka Efisiensi Waktu Dan Biaya Proyek". e-Jurnal Matriks Teknik Sipil, Vol. 1 No. 4, halaman: 408-416.
- Husen, Abrar. 2009. *Manajemen Proyek Perencanaan Penjadwalan & Pengendalian Proyek*. Jakarta: Andi Publisher.
- Heizer, Jay dan Render, Barry. 2005. *Operation Management, 7th edition*. Jakarta: Salemba Empat.
- Putra, Refantino. 2015. Perencanaan Penjadwalan Multi Proyek Konstruksi Dengan Keterbatasan Sumber Daya Manusia Menggunakan Resource Leveling Method. Skripsi. 2015. Universitas Brawijaya.
- Rahmadhania, Ilya. 2016. Penjadwalan Ulang Proses Fabrikasi Boiler Dan Room Dryer Dengan Kendala Tenaga Kerja Dan Waktu. Skripsi. 2016. Universitas Brawijaya.
- Ridho, Muhammad Rizki. 2013. Evaluasi Penjadwalan Waktu Dan Biaya Proyek Dengan Metode PERT Dan CPM. Skripsi. 2013. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Soeharto, Iman. 1997. *Manajemen Proyek dari Konseptual Sampai Operasional*. Jakarta: Gelora Aksara Pratama.
- Suryabrata, Sumadi. 2009. *Metode Penelitian*. Jakarta: CV Rajawali.
- Siswanto. 2007. *Pengantar Manajemen*. Jakarta: PT. Bumi Aksara.

Wulfram, Ervianto. 2004. *Teori-Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta: ANDI.

Yoon, Yungsang. 2005. "Enhanced Resource Levelling Technique for Project Scheduling". *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, Vol. 4 No. 2, halaman 461-466.





LAMPIRAN 2 Laporan Progress Pengerjaan Proyek " Steam Boiler & Central Boiler " Periode Pelaporan 20 Februari 2016 (detail)

No.	Uraian Pekerjaan	Bobot Pekerjaan	Durasi (hari)	Bobot / Hari (%)	Durasi Sampai 20 Feb (hari)	Estimasi Sampai 20 Feb (%)	Durasi Aktual	Realisasi Pelaksanaan (%)
A	Engineering Process	1.50%	5	0.30%	5	1.50%	5	1.50%
B	Pengadaan Material	3.29%	11	0.30%	11	3.29%	11	3.29%
C	Marking Line	0.90%	3	0.30%	3	0.90%	3	0.90%
D	Pengadaan dan Pemasangan Feed Deaeration Plant Central Boiler							0.00%
D.2	Pemasangan Feed Deaeration Plant Central Boiler	2.40%	8	0.30%	8	2.40%	8	2.40%
E	Pengadaan dan Oemasangan Boiler Central Boiler & Chimney							
E.2	Pemasangan Boiler Loss S/N 120315 & S/N 120316 Cap,16T/hr (New Boiler)	2.99%	10	0.30%	10	2.99%	10	2.99%
E.3	Pembongkaran Boiler Loss (Ex Clove Processing)							
1	Pembongkaran Boiler Loss Type : UL S 16000 X16 With Accecories	1.50%	5	0.30%	0	0.00%	0	0.00%
2	Pembongkaran Boiler Loss Type : UL S 16000 X10 With Accecories	1.50%	5	0.30%	0	0.00%	0	0.00%
E.4	Pemasangan Boiler Loss (Ex Clove Processing)							
1	Pemasangan Boiler Loss Type : UL S 16000 X16 With Accecories	1.20%	4	0.30%	0	0.00%	0	0.00%
2	Pemasangan Boiler Loss Type : UL S 16000 X10 With Accecories	1.20%	4	0.30%	0	0.00%	0	0.00%
E.6	Pemasangan Chimney							0.00%
1	Pemasangan Chimney Ø900MM, H=23500MM (3 unit)	2.69%	9	0.30%	7	2.10%	2	0.60%
2	Pemasangan Chimney Ø700MM, H=23500MM (1 unit)	1.80%	6	0.30%	3	0.90%	0	0.00%
F	Pengadaan dan Pemasangan Line Steam dan Condensat Central Boiler							
F.2	Pemasangan Steam Line Boiler Intec to Steam Header	8.38%	28	0.30%	12	3.59%	8	2.40%
F.4	Pemasangan Condensat Line Boiler Intec	5.69%	19	0.30%	9	2.69%	5	1.50%
F.6	Pemasangan Steam Line Clove to Steam Header	4.79%	16	0.30%	0	0.00%	0	0.00%
F.8	Pemasangan Condensat Line Clove	3.89%	13	0.30%	0	0.00%	0	0.00%
F.10	Pemasangan Steam Line Distilasi From Steam Header	6.29%	21	0.30%	6	1.80%	2	0.60%
F.12	Pemasangan Condensat Line Distilasi	5.39%	18	0.30%	3	0.90%	0	0.00%
F.14	Pemasangan Steam Line ABL From Steam Header	3.89%	13	0.30%	0	0.00%	0	0.00%
F.16	Pemasangan Condensat Line ABL	4.79%	16	0.30%	0	0.00%	0	0.00%
F.18	Pemasangan Steam Line Diet Plant From Steam Header	4.49%	15	0.30%	0	0.00%	0	0.00%
F.20	Pemasangan Condensat Line Diet Plant	4.79%	16	0.30%	0	0.00%	0	0.00%
G	Pengadaan dan Pemasangan Line Feed Deaerator Plant (WSM)							
G.2	Pemasangan Line Feed Deaerator Plant (WSM)	1.80%	6	0.30%	0	0.00%	0	0.00%
H	Pengadaan dan Pemasangan Separator Blowdown Central Boiler							
H.2	Pemasangan Separator Blowdown Central Boiler	1.80%	6	0.30%	6	1.80%	6	1.80%
I	Pengadaan dan Pemasangan Fuel Line Central Boiler Unit-V							0.00%
I.2	Pemasangan Line CNG Central Boiler Unit-V	1.80%	6	0.30%	1	0.30%	1	0.30%
I.4	Pemasangan Line Solar Central Boiler Unit-V	1.50%	5	0.30%	0	0.00%	0	0.00%
J	Pengadaan dan Pemasangan Water Softener							
J.2	Pemasangan Water Softener	1.80%	6	0.30%	0	0.00%	0	0.00%
J.4	Pemasangan Line Compressor	1.80%	6	0.30%	0	0.00%	0	0.00%
K	Completion Work	5.09%	17	0.30%	0	0.00%	0	0.00%
L	Flashing & Hydro	2.99%	10	0.30%	0	0.00%	0	0.00%
M	Insulation & Jacketing	4.79%	16	0.30%	0	0.00%	0	0.00%
N	Commisionning	3.29%	11	0.30%	0	0.00%	0	0.00%
	JUMLAH	100%	334			25.15%		18.26%

Laporan Progress Pengerjaan Proyek "Steam Boiler & Central Boiler" Periode Pelaporan 20 Februari 2016 (Kumulatif)

No.	Uraian Pekerjaan	Bobot Pekerjaan	Durasi (hari)	Bobot / Hari (%)	Durasi Sampai 20 Feb (hari)	Estimasi Sampai 20 Feb (%)	Durasi Aktual	Realisasi Pelaksanaan (%)
A	Persiapan	5.69%	19	0.30%	19	5.69%	19	5.69%
B	Pengadaan dan Pemasangan Feed Deaeration Plant Central Boiler	2.40%	8	0.30%	8	2.40%	8	2.40%
C	Pengadaan dan Oemasangan Boiler Central Boiler & Chimney	12.87%	43	2.10%	20	5.99%	12	3.59%
D	Pengadaan dan Pemasangan Line Steam dan Condensat Central Boiler	52.40%	175	2.99%	30	8.98%	15	4.49%
E	Pengadaan dan Pemasangan Line Feed Deaerator Plant (WSM)	1.80%	6	0.30%	0	0.00%	0	0.00%
F	Pengadaan dan Pemasangan Separator Blowdown Central Boiler	1.80%	6	0.30%	6	1.80%	6	1.80%
G	Pengadaan dan Pemasangan Fuel Line Central Boiler Unit-V	3.29%	11	0.60%	1	0.30%	1	0.30%
H	Pengadaan dan Pemasangan Water Softener	3.59%	12	0.60%	0	0.00%	0	0.00%
I	Completion Work	5.09%	17	0.30%	0	0.00%	0	0.00%
J	Flashing & Hydro	2.99%	10	0.30%	0	0.00%	0	0.00%
K	Insulation & Jacketing	4.79%	16	0.30%	0	0.00%	0	0.00%
L	Commisionning	3.29%	11	0.30%	0	0.00%	0	0.00%
	JUMLAH	100%				25%		18%



LAMPIRAN 3

UNIVERSAL steam boiler UL-S/UL-SX

The UNIVERSAL steam boiler UL-S is a three-pass shell boiler, which fulfils all the requirements in the medium to high output ranges.

Thought out to the final detail

The flame tube, the internal wet-back rear smoke gas reversing chamber, as well as the first smoke tube and second smoke tube, are all arranged for optimum flow within the horizontal cylindrical pressure vessel. Radiant and convection heat surfaces generate in tandem a rapid water circulation, which accelerates the steam bubble transport to the steam chamber. The transferred fuel heat is converted into steam quickly and without material stress through an even heat transfer. The large water chamber offers sufficient storage volume to be able to cover off even sudden peaks in consumption.

Optimized efficiency

The flue gas flow from the steam boiler contains significant heat potential. For an increased boiler efficiency this series of boiler is also available with an integrated economizer for flue gas heat recovery.

In addition the optional modules for continuous feed water control, speed-controlled burner fan and O₂ or CO control should also be used to give an even more efficient and environmentally friendly operation.

Benefits at a glance:

- ▶ Intuitive boiler control based on PLC with very high transparency of operating data
- ▶ High level of efficiency due to three-pass technology, an integrated economizer and effective heat insulation materials
- ▶ High level of pressure consistency and steam quality even with widely fluctuating steam demand
- ▶ The boiler can be equipped with a separate fourth pass for waste heat use
- ▶ The boiler body can also be used as a pure waste heat boiler behind combined heat and power plants or gas turbines
- ▶ Automatic start-up, standby and shutdown control SUC
- ▶ Suitable for all burner systems
- ▶ Pollutant reduced combustion thanks to the use of highly developed firing systems and careful matching of the best boiler and burner combination
- ▶ Simple commissioning due to pre-parameterised boiler control
- ▶ Easy wiring on site thanks to plug-in connections

The UNIVERSAL steam boiler UL-S can be used wherever steam or heat is required in a medium to high output range, such as for example in processing industries, in the commercial sector or in communal blocks.



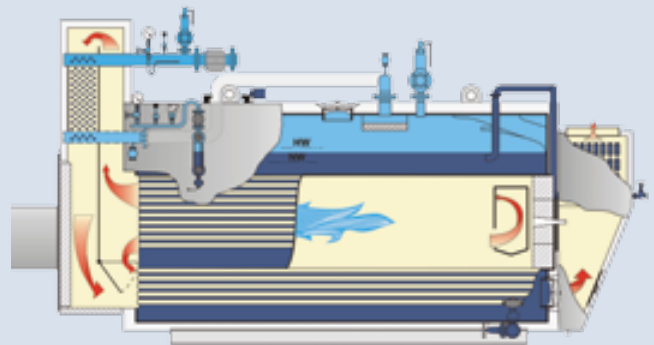
Technical data

Type	UL-S	UL-SX
Heat transfer medium	High-pressure saturated steam	High-pressure superheated steam
Design	Three-pass single-flame tube/smoke tube technology	Three-pass single-flame tube/smoke tube technology
Capacity in kg/h	1 250 up to 28 000	2 600 up to 28 000
Safety pressure in bar	up to 30	up to 30
Max. temperature in °C	235	300
Fuel	Oil, gas	Oil, gas



Construction

Our three-pass patent dating from 1952 forms the basis for the outstanding and ongoing success of this series. The flame tube (first pass) and two smoke tube bundles (second and third pass) are integrated with the wet-back rear reversing chamber in the pressure vessel in an ideal way. The laterally positioned flame tube, and the horizontal rear and vertical front heating gas reversal produce a large radiant and convection heating surface with a large steam chamber, and all of this within the smallest dimensions. The floors are anchored stably by the large continuous flame tube and they are connected with the boiler shell by means of the cleverly devised use of corner anchors for even load distribution.



If superheated steam is required instead of saturated steam, a superheater module can be placed on the front reversing chamber. A bypass flap constantly controls the temperature of the superheated steam over a large load range. The smoke tube areas remain easily accessible thanks to the pivoting door of the reversing chamber.

- ▶ Modular system, controlled on the flue gas side - no injection water required for temperature control of the superheated steam
- ▶ Easy maintenance and installation - simple cleaning possible for the second and third boiler pass
- ▶ High service life thanks to low thermal loading of the heat exchanger bundle of the superheater

For further information see our technical report on 'Superheater module'.

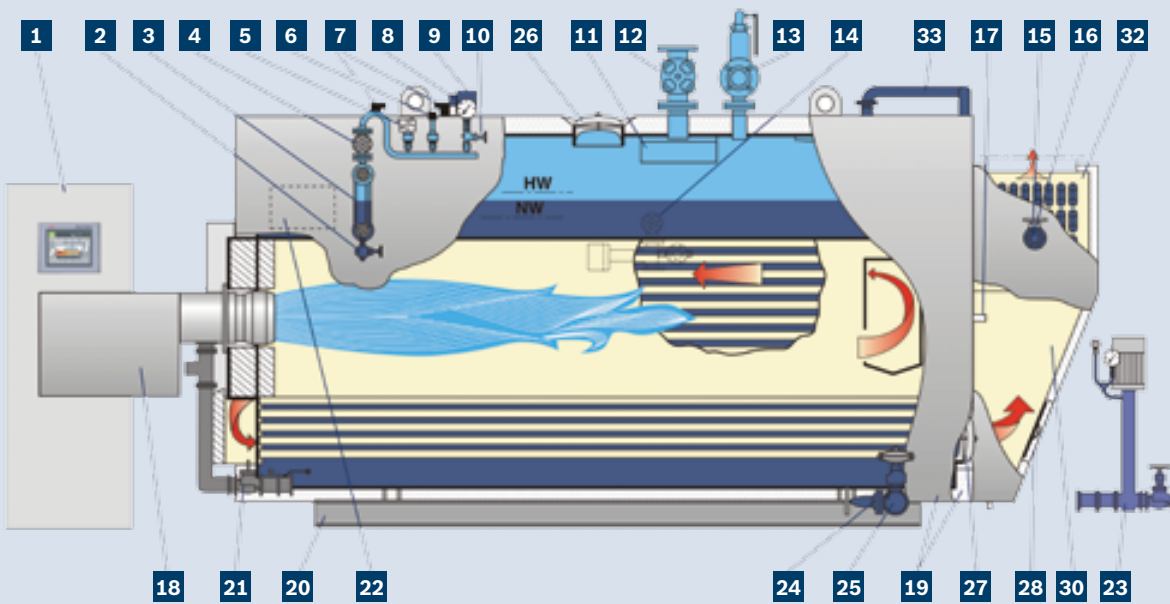


Equipment level

You can obtain all our shell boilers inclusive of all equipment* as fully functioning units. The basic equipment level includes the boiler pressure vessel, the control and safety technology, the burner unit, a pump module, a terminal box and the control switchgear cabinet including our easily operated boiler control BCO. The integrated terminal box is already wired. Pre-assembled, plug-in and coded cable bundles simplify the electrical wiring installation between the boiler control cabinet and the terminal box.

*the equipment level is variable and can be freely configured to customer requirements

- | | |
|--|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1 Control switchgear cabinet with boiler control BCO 2 Blow-off tap 3 Reflective water level indicator 4 Manostat tube shut-off valve, maintenance-free 5 Pressure limiter 6 Pressure transducer (4-20 mA) 7 Low-level limiter electrode 8 Pressure gauge 9 Level transducer (4-20 mA) 10 Pressure gauge shut-off valve with testing flange 11 Steam dryer 12 Steam removal valve 13 Full-lift safety valve 14 Fully automatic conductivity measurement and desalting | <ol style="list-style-type: none"> 15 Feed water non-return valve 16 Feed water shut-off valve, maintenance-free 17 Sight hole 18 Burner 19 Insulation with protective shell 20 Base frame 21 Gas regulation module 22 Terminal box 23 Pump module 24 Drain shut-off valve, maintenance-free 25 Quick shut-off blow-down valve 26 Inspection opening, steam side 27 Inspection opening, water side 28 Inspection opening, flue gas side 29 Flue gas collection chamber 32 Flue gas heat exchanger ECO 33 Connection piping ECO/boiler |
|--|--|



Associated boiler house components:

- ▶ Water treatment module WTM
- ▶ Water service module WSM
- ▶ Condensate service module CSM
- ▶ Blow-down, expansion and cooling module BEM
- ▶ Water analyzer WA
- ▶ Flue gas heat exchanger ECO 1, stand-alone
- ▶ Flue gas heat exchanger ECO 6 for condensing use
- ▶ Expansion and heat recovery module EHM
- ▶ Pump module PM
- ▶ Expansion, heat recovery and blow-down module EHB
- ▶ Vapour cooler VC
- ▶ Gas regulation module GRM
- ▶ Oil circulation module OCM
- ▶ Oil supply module OSM
- ▶ Oil preheater module OPM
- ▶ System control SCO

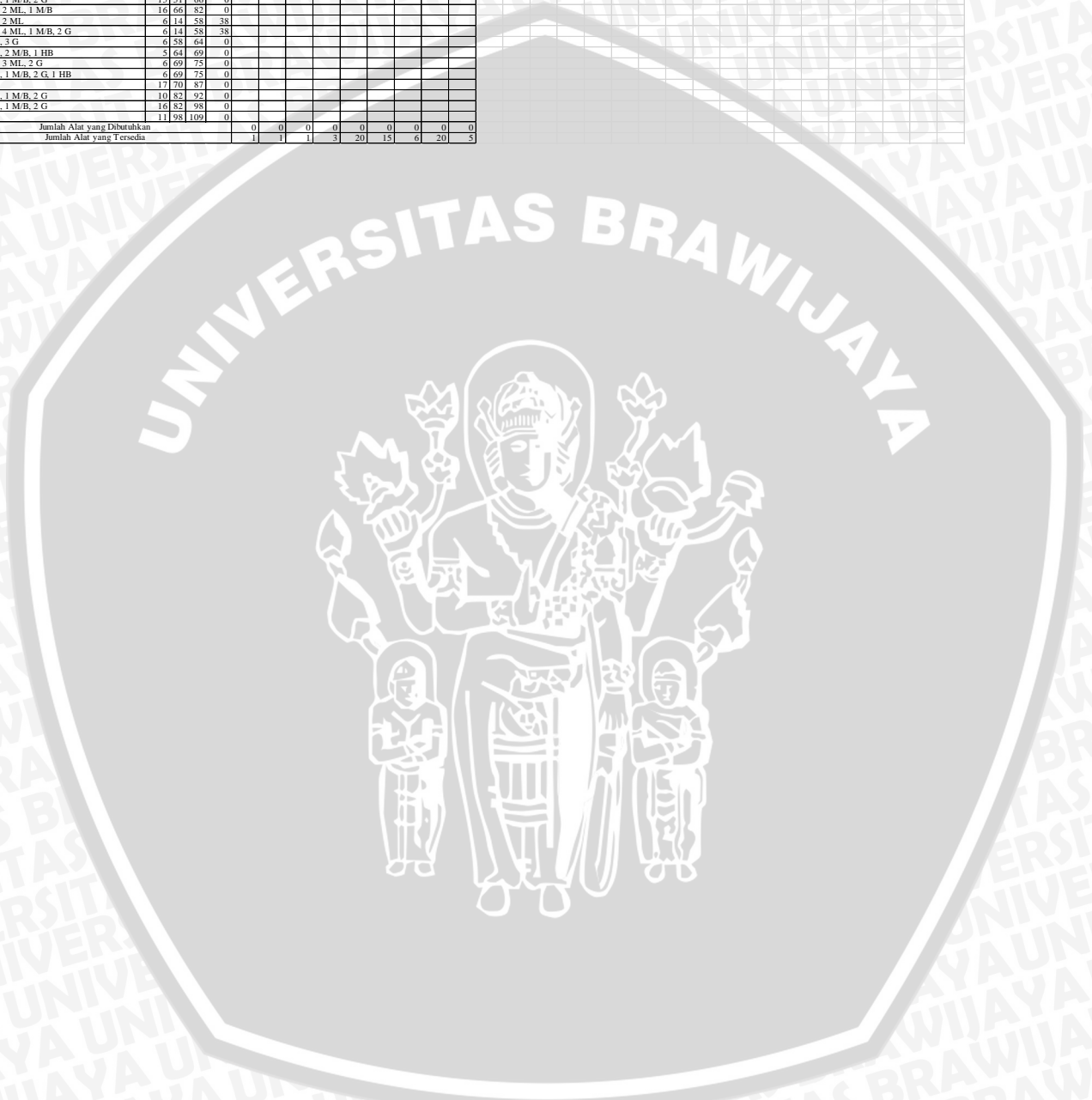
For further information see our brochure on 'Boiler house components'.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



ID	ALAT	DUR	ES	LF	Slack	Mei														
						109														
						C4St	C8St	C130t	FSt	CB	ML	M/B	G	HB						
A	2 ML, 2 G, 2 HB	5	0	5	0															
B	.	11	0	52	41															
C	.	3	0	4	1															
D	2 CB, 3 ML, 1 M/B, 2 G, 1 HB	37	3	14	3															
E	1 FSt, 6 CB, 3 ML, 1 M/B, 3 G, 1 HB	10	3	14	1															
F	1 FSt, 2 M/B, 2 G	5	5	10	0															
G	1 FSt, 2 M/B, 2 G	5	5	10	0															
H	1 FSt, 6 CB, 2 ML, 1 M/B, 4 G, 1 HB	4	10	14	0															
I	1 FSt, 6 CB, 2 ML, 1 M/B, 3 G, 1 HB	4	10	14	0															
J	1 C4St, 1 C130t, 3 CB, 6 ML, 2 M/B, 4 G	9	14	23	0															
K	1 C8St, 3 CB, 2 ML, 2 M/B, 2 G	6	14	23	3															
L	1 FSt, 7 CB, 4 ML, 2 M/B, 8 G, 3 HB	28	23	51	0															
M	1 FSt, 2 CB, 3 ML, 1 M/B, 1 G	19	51	70	0															
N	4 ML, 1 M/B, 2 G	16	24	40	0															
O	4 CB, 2 ML, 1 M/B, 1 G	13	40	53	0															
P	2 ML, 1 M/B, 2 G	21	31	52	0															
Q	2 CB, 2 ML, 1 M/B, 4 G, 1 HB	18	52	70	0															
R	1 FSt, 1 CB, 3 ML, 1 M/B, 2 G	13	23	37	1															
S	2 CB, 1 ML, 2 M/B, 1 G, 1 HB	16	37	53	0															
T	1 ML, 1 M/B, 2 G	15	51	66	0															
U	6 CB, 2 ML, 1 M/B	16	66	82	0															
V	2 CB, 2 ML	6	14	58	38															
W	2 CB, 4 ML, 1 M/B, 2 G	6	14	58	38															
X	4 ML, 3 G	6	58	64	0															
Y	4 ML, 2 M/B, 1 HB	5	64	69	0															
Z	4 CB, 3 ML, 2 G	6	69	75	0															
AA	3 ML, 1 M/B, 2 G, 1 HB	6	69	75	0															
AB	3 ML	17	70	87	0															
AC	1 ML, 1 M/B, 2 G	10	82	92	0															
AD	1 ML, 1 M/B, 2 G	16	82	98	0															
AE	.	11	98	109	0															
Jumlah Alat yang Dibutuhkan						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jumlah Alat yang Tersedia						1	1	1	3	20	15	6	20	5						



repository.ub.ac.id

UNIVERSITAS
BRAWIJAYA

