

**PENERAPAN METODE *LEAN CONSTRUCTION* DAN
PENJADWALAN DENGAN CCPM PADA PROYEK *UNLOADING*
*SYSTEM CONVEYOR BC3***

SKRIPSI

TEKNIK INDUSTRI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



MIZYAL EL FARUQY
NIM. 135060707111008

UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2017





PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

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

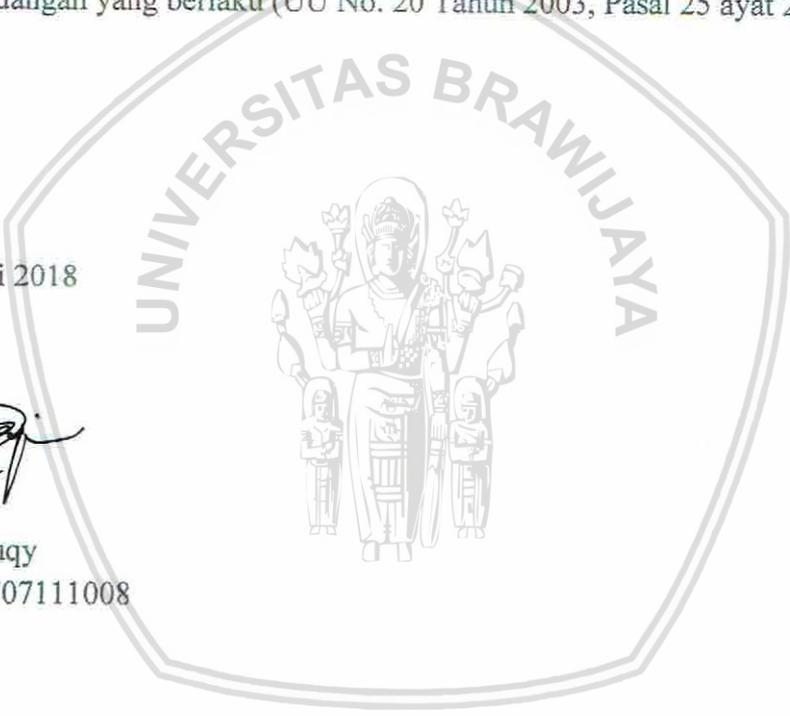
Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 7 Juni 2018

Mahasiswa



Mizyal El Faruqy
NIM. 135060707111008



LEMBAR PENGESAHAN

**PENERAPAN METODE *LEAN CONSTRUCTION* DAN
PENJADWALAN DENGAN CCPM PADA PROYEK *UNLOADING*
*SYSTEM CONVEYOR BC3***

SKRIPSI

TEKNIK INDUSTRI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



MIZYAL EL FARUQY

NIM. 135060707111008

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing pada
tanggal 6 Juni 2018

Dosen Pembimbing I

Ir. Mochamad Choiri, MT.
NIP. 19540104 198602 1 001

Dosen Pembimbing II

Ihwan Hamdala, ST., MT.
NIP. 20120883 1018 1 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Industri

Oyong Novareza ST., MT., Ph.D.
NIP. 19741115 200604 1 002



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena atas limpahan rahmat, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Tidak lupa shalawat dan salam juga tercurah kepada Rasulullah Nabi Muhammad SAW. Skripsi yang berjudul **“Penerapan Metode *Lean Construction* dan Penjadwalan dengan CCPM Pada Proyek *Unloading System Conveyor BC3*”** 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 terdapat banyak hambatan yang penulis hadapi dalam penulisan skripsi ini, namun berkat dukungan, bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, hambatan-hambatan tersebut dapat teratasi. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas rahmat nikmat dan sempit serta berkah sehingga penelitian skripsi ini dapat diselesaikan.
2. Kedua orang tua tercinta, Bapak Supi'i dan Ibu Titik Muawanah atas kasih sayang, doa dan kesabaran yang tak terbatas, untuk pelajaran dan didikan yang diberikan selama ini, motivasi, nasihat, dukungan mental dan materiil, serta perjuangan yang tidak pernah lelah demi memberikan pendidikan yang terbaik kepada penulis.
3. Bapak Oyong Novareza, ST., MT., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Industri Fakultas Universitas Brawijaya dan Ibu Rahmi, ST., MT., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Brawijaya yang memberi ilmu yang bermanfaat kepada penulis.
4. Bapak Ir. Mochammad Choiri, MT. selaku dosen pembimbing I, atas kesabaran, motivasi, nasihat, dan kritikan selama menjalani seluruh rangkaian proses hingga saat ini. Penulis berterima kasih atas waktu yang diluangkan untuk membimbing dan memberikan masukan serta solusi ketika penulis membutuhkan bimbingan.
5. Bapak Ihwan Hamdala, ST., MT. selaku dosen pembimbing II, atas kesabaran, motivasi, nasihat, dan kritikan selama menjalani seluruh rangkaian proses hingga saat ini. Penulis berterima kasih atas waktu yang diluangkan untuk membimbing dan memberikan masukan serta solusi ketika penulis membutuhkan bimbingan.
6. Bapak Yeni Sumantri, S.Si., MT., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Akademik, yang selalu memberikan bimbingan dan arahan terhadap kegiatan akademik maupun non akademik kepada penulis.

7. Ibu Ceria Farela Mada Tantrika, ST., MT. dan Ibu Wifqi Azlia, ST., MT. selaku Dosen Pengamat Seminar Proposal, atas bimbingan, arahan, dan masukan kepada penulis.
8. Bapak Raditya Ardianwiliandri, ST., M.MT. dan Ibu Debrina Puspita Andriani, ST., M.Eng selaku Dosen Pengamat Seminar Hasil, atas bimbingan, arahan, dan masukan kepada penulis.
9. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Industri yang telah dengan ikhlas memberikan ilmu yang sangat berharga dan bermanfaat bagi penulis.
10. Bapak dan Ibu karyawan Jurusan Teknik Industri yang telah membantu memberikan informasi serta melaksanakan proses akademik.
11. Sahabat sekaligus rekan seperjuangan yang biasanya selalu berbagi cerita suka duka menempuh S1, Diansa, Gary, Redy, Rakhalifa, Naufal Dasuki, Sulthon, jauhari, Cakra, Yudha, Putri, Ajibah, Rizki Adhitama dan seluruh teman-teman angkatan 2013 yang selalu memberikan bantuan, dukungan, motivasi dan semangat serta doa kepada penulis.
12. Sahabat dan seluruh pihak yang belum disebutkan satu persatu oleh penulis atas keterlibatan dan dukungannya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

Penulis mengucapkan pula permohonan maaf atas kesalahan dan kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat dikembangkan dan bermanfaat bagi ilmu pengetahuan ke depannya.

Malang, Juni 2018

Penulis

DAFTAR ISI

KATA 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.....	4
1.3 Rumusan Masalah.....	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Batasan Penelitian.....	5
1.7 Asumsi Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Penelitian Terdahulu	7
2.2 Proyek	9
2.2.1 Definisi Proyek	9
2.2.2 Karakteristik Proyek	9
2.2.3 Siklus Hidup Proyek	9
2.2.4 Manajemen Proyek	10
2.2.5 Unsur-unsur Pembangunan	10
2.2.6 Sasaran Proyek dan Tiga Kendala (<i>Triple Constraint</i>).....	11
2.3 Perencanaan Proyek	12
2.3.1 Sistematika Perencanaan Proyek	12
2.4 <i>Lean Construction</i>	13
2.4.1 Sejarah <i>Lean Construction</i>	13
2.4.2 Konsep <i>Lean Construction</i>	14
2.5 <i>Work Breakdown Structure (WBS)</i>	16
2.6 <i>Borda Method</i>	17
2.7 <i>Root Cause Analysys</i>	18



2.8 Risk Management	19
2.9 Penjadwalan Proyek	21
2.9.1 Metode Penjadwalan Proyek	21
2.9.2 Critical Chain Project Management (CCPM).....	21
2.9.2.1 Pengertian CCPM.....	21
2.9.2.2 Student's Syndrome.....	22
2.9.2.3 Parkinson's Law	22
2.9.2.4 Buffer Pada Proyek	22
2.10 Kerangka Pemikiran Teoritis.....	24
BAB III METODE PENELITIAN	27
3.1 Jenis Penelitian	27
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	27
3.3 Langkah-langkah Penelitian	27
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1 Gambaran Umum Perusahaan	33
4.1.1 Visi dan Misi.....	34
4.1.2 Struktur Organisasi	34
4.2 Pengumpulan Data.....	35
4.2.1 Informasi Proyek.....	35
4.2.2 Work Breakdown Structure (WBS)	37
4.3 Identifikasi Waste	40
4.4 Pengukuran Waste Kritis	41
4.5 Penyebab Waste Kritis	44
4.6 Penentuan Prioritas Akar Penyebab Waste Berdasarkan Waste Kritis	47
4.6.1 Identifikasi Akar Penyebab Waste Kritis	48
4.6.2 Penilaian akar Penyebab Waste Kritis	49
4.6.3 Pengembangan Alternatif	51
4.7 Penjadwalan Proyek Menggunakan Metode CCPM	54
4.7.1 Penjadwalan Awal Proyek.....	55
4.7.2 Penjadwalan Ulang Menggunakan CCPM	59
4.8 Analisis dan Pembahasan.....	65
BAB V PENUTUP	69
5.1 Kesimpulan	69



5.2 Saran..... 70

DAFTAR PUSTAKA 71

LAMPIRAN 73





Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 1.1	Data Keterlambatan Proyek Terbesar PT. Swadaya Graha Tahun 2016.....	2
Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan	8
Tabel 2.2	Skala <i>Impact</i>	19
Tabel 2.3	<i>Likelihood Score Risk</i>	19
Tabel 2.4	<i>Risk Matrix</i>	20
Tabel 2.5	<i>Risk Rating Descriptors</i>	20
Tabel 4.1	Rekap Kuisisioner.....	42
Tabel 4.2	Urutan <i>Waste</i> Berdasarkan Bobot.....	43
Tabel 4.3	RCA Sub <i>Waste Waiting</i>	44
Tabel 4.4	RCA Sub <i>Waste Defect</i>	46
Tabel 4.5	<i>Impact</i> Akar Penyebab <i>Waste</i> Pada Proyek.....	48
Tabel 4.6	<i>Risk Matrix</i>	50
Tabel 4.7	Form Penilaian Akar Penyebab <i>Waste</i>	50
Tabel 4.8	Pengembangan Alternatif.....	52
Tabel 4.9	Penjadwalan Eksisting Proyek.....	55
Tabel 4.10	Perbandingan Durasi Waktu Sebenarnya dengan Waktu Optimis dan <i>Most Likely</i> pada Rantai Kritis.....	60
Tabel 4.11	Perbandingan Durasi Waktu Sebenarnya dengan Waktu Optimis dan <i>Most Likely</i> pada Rantai Non Kritis.....	62
Tabel 4.12	Zona Konsumsi <i>Buffer Time</i>	67



Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 1.1	Anggaran Belanja Infrastruktur Indonesia.....	1
Gambar 2.1	Sasaran Proyek Dan <i>Triple Constraint</i>	11
Gambar 2.2	Konsep <i>Conversion</i>	14
Gambar 2.3	Konsep <i>Flow</i>	14
Gambar 2.4	Konsep <i>Value</i>	16
Gambar 2.5	WBS dalam Bentuk Grafis	17
Gambar 2.6	<i>Template Cause and Effect Diagram</i>	18
Gambar 2.7	Grafik Pemakaian <i>Buffer</i>	24
Gambar 2.8	Kerangka Pemikiran Teoritis	25
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	31
Gambar 4.1	Struktur Organisasi PT. Swadaya Graha.....	35
Gambar 4.2	<i>Drawing</i> Proyek <i>Unloading System Conveyor BC3</i>	36
Gambar 4.3	Proses Produksi PT. Swadaya Graha	36
Gambar 4.3	WBS Proyek <i>Unloading System Conveyor BC3</i>	39
Gambar 4.5	<i>Gantt Chart</i> Proyek Pembuatan <i>Unloading System Conveyor BC3</i>	58



Halaman ini sengaja dikosongkan



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1	Kuisisioner	73
Lampiran 2	<i>Gantt Chart</i> Eksisting Proyek Pembuatan <i>Unloading Conveyor BC3</i>	77
Lampiran 3	<i>Gantt Chart</i> Penjadwalan Ulang dan Alokasi <i>Feeding</i> serta <i>Project Buffer</i>	83





Halaman ini sengaja dikosongkan

RINGKASAN

Mizyal El Faruqy, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, April 2018, Penerapan Metode *Lean Construction* dan Penjadwalan dengan CCPM Pada Proyek *Unloading System Conveyor BC3*, Dosen Pembimbing: Ir. Mochammad Choiri, MT. dan Ihwan Hamdala, ST., MT.

Salah satu perusahaan konstruksi alat bantu produksi di Indonesia adalah PT Swadaya Graha yang dapat memproduksi *Unloading System Conveyor BC3*. Dalam proyek tersebut masih memiliki masalah dalam proses produksinya. Permasalahan yang sering terjadi pada perusahaan ini adalah sering terjadi keterlambatan (*delay*) karena pekerjaan yang tertunda akibat material yang tidak datang tepat pada waktunya, pembongkaran dan pengerjaan ulang karena pengerjaan tidak sesuai dengan spesifikasi, serta pemesanan kembali akibat material/*tools* yang cacat ditengah-tengah proses. Pada pengamatan yang dilakukan pada tanggal 1 september 2017, pekerjaan aktual proyek *Unloading System Conveyor BC3* masih sebesar 60,57%, sementara yang direncanakan sebesar 86,71%. Proyek direncanakan selesai dalam waktu 64 hari, akan tetapi waktu aktual penyelesaian proyek mengalami keterlambatan menjadi 109 hari.

Salah satu *improvement* yang bisa digunakan adalah dengan menerapkan konsep *Lean Construction*. Pada penerapan *Lean Construction*, terdapat beberapa *tools* yang akan digunakan, yaitu Metode Borda, *Root Cause Analysis*, *Risk Management*, dan *Critical Chain Project Management*. Langkah pertama dengan melakukan penjadwalan ulang menggunakan CCPM. CCPM merupakan suatu metode penjadwalan dengan *safety time* pada durasi aktivitas dan memasukkan *buffer time* untuk menjaga durasi penyelesaian. Pada tahapan penjadwalan dilakukan dengan pengolahan hubungan antar aktivitas, pengurangan 50% durasi setiap aktivitas, menentukan rantai kritis dengan *Microsoft project*, dan memasukkan *project* dan *feeding buffer*. Perhitungan *buffer* dilakukan dengan menggunakan metode *root square error Method* (RSEM). Selanjutnya dilakukan identifikasi *waste* dan hasil dari penelitian ini menunjukkan jika *waste* kritis pada proyek pengerjaan *Unloading System Conveyor BC3* adalah *waste waiting* dan *waste defect* dengan bobot kuisisioner sebesar 0,226 dan 0,220. Setelah itu dilakukan analisa terhadap akar penyebab *waste* kritis dan penilaian dengan menggunakan pendekatan *risk management*.

Hasilnya menunjukkan apabila pengelolaan database yang tidak baik menjadi akar penyebab *waste* dengan kategori *extreme*. Alternatif perbaikan yang diusulkan adalah menempatkan seseorang yang bertanggung jawab untuk memperbaiki database *supplier* dan menerapkan metode AHP (*Analitycal Hierarchy Process*) untuk pengambilan keputusan dalam memilih *supplier*. Selain itu juga dilakukan pengalokasian *buffer time* dengan metode *critical chain project management* dan didapatkan *buffer* selama 19 hari dan proyek dapat diselesaikan lebih cepat dari yang awalnya 109 hari menjadi 74 hari.

Kata Kunci: *Borda Method, Critical Chain Project Management, Lean Construction, Risk Management, Root Cause Analysis*





Halaman ini sengaja dikosongkan

SUMMARY

Mizyal El Faruqy, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Brawijaya, April 2018, Implementation Of Lean Construction Method and Scheduling with CCPM On the Unloading System Conveyor BC3 Project. Academic Supervisor: Ir. Mochammad Choiri, MT. and Ihwan Hamdala, ST., MT.

PT Swadaya Graha is one of construction equipment production company in Indonesia that can produce Unloading System Conveyor BC3. In that project still have problem in production process. The problem that often happen in this company is often delay because of activity that is delayed due to material that can not come on time, rework because of process is not according with the specification, and reorder because of material/tools which defect in the middle of the process. Based on the observation made on 1 September 2017, the actual activity of *Unloading System Conveyor BC3* project still at 60,57%, while planned is 86,71%. The project was planned to be completed within 64 days, but the actual time of project completion has been delayed to 109 days.

One of the improvement that can be use is implementation of the Lean Construction concept. In the implementation of Lean Construction, there are some tools that will be use, like Borda Method, Root Cause Analysis, Risk Management, and Critical Chain Project Management. The first step is to plan a new schedule using CCPM. CCPM is a scheduling method by eliminating the safety time from the duration activity and inserting buffer time to maintain the completion duration. The stages of scheduling were done by processing the relationships between activities, 50% reduction in the duration of each activity, determining critical chain with Microsoft project, and inserting project and feeding buffers. Buffer calculation was done by *root square error Method* (RSEM). Then identified waste and the result of observation showed that critical waste in *Unloading System Conveyor BC3* project activity is waste waiting and waste defect with questionnaire weight is 0,226 and 0,220. After that an analysis of root cause in critical waste is made and scoring with risk management approach.

The result showed that bad database management became the root cause of waste with extreme category. Alternative improvement that recommended is placing someone who responsible in database supplier update and implement the AHP method (Analytical Hierarchy Process) for decision making in choosing supplier. On the other hand buffer time alocation with critical chain project management method have been done and the result is the project buffer in 19 days and project can be finished faster than before from 109 days became 74 days.

Keywords: *Borda Method, Critical Chain Project Management, Lean Construction, Risk Management, Root Cause Analysis*



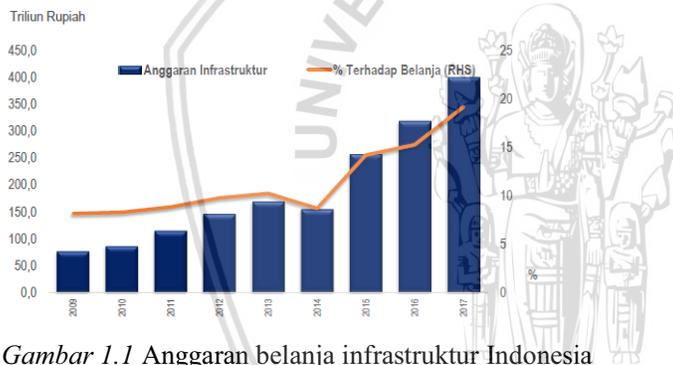
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I PENDAHULUAN

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

1.1 Latar Belakang

Pasar industri konstruksi di Indonesia sangatlah besar, hal ini terjadi karena rencana pemerintah untuk melakukan pembangunan infrastruktur secara besar-besaran. Hal ini seharusnya akan menjadi keuntungan bagi industri konstruksi nasional yang mengerjakan berbagai proyek. Menurut data dari sumber kementerian keuangan, anggaran yang dikeluarkan oleh negara untuk pembangunan infrastruktur dari Tahun 2009 terus mengalami peningkatan, bahkan di Tahun 2017 mencapai angka Rp. 387,3 triliun.



Gambar 1.1 Anggaran belanja infrastruktur Indonesia
Sumber: Kemenko, Kemenkeu (2017)

Proyek menurut Gray & Larson (2007:3) merupakan usaha yang kompleks, tidak rutin, yang dibatasi oleh waktu, anggaran, sumber daya, dan spesifikasi kinerja yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan pelanggan. Salah satu karakteristik manajemen proyek yaitu memiliki awal dan akhir dan umumnya terdiri dari empat tahap yaitu penentuan, perencanaan, eksekusi, dan pengiriman. Kegiatan proyek dapat diartikan sebagai suatu kegiatan sementara yang berlangsung dalam jangka waktu yang terbatas, dengan alokasi sumber daya tertentu dan dimaksudkan untuk melaksanakan tugas yang sarannya telah digariskan dengan jelas (Soeharto, 1995:1). Manajemen proyek yang efektif dimulai dengan memilih dan memprioritaskan proyek yang mendukung misi dan strategi perusahaan. Dengan mengatur segala hal yang berkaitan dengan suatu proyek maka diperlukan perencanaan dan penjadwalan yang dapat meminimalkan *input* dan memaksimalkan *output*.

Perusahaan di bidang konstruksi pada umumnya selalu menerapkan konsep manajemen proyek dalam setiap pengerjaan proyek. Bertambahnya kebutuhan perusahaan akan peralatan ataupun mesin untuk peningkatan kapasitas produksi dalam pemenuhan kebutuhan, berimbas pada permintaan kepada perusahaan jasa penyedia atau fabrikasi alat produksi. Dimana peran perusahaan penyedia tersebut untuk mengatur aktifitas atau pekerjaan apa saja yang harus dikerjakan dan berapa lama waktu pengerjaannya agar sesuai dengan waktu yang diminta oleh *user*. 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. Sebagai perusahaan jasa penyedia atau fabrikasi alat produksi atau mesin industri manufaktur, PT. Swadaya Graha diharapkan mampu memenuhi kepuasan konsumen dengan sebaik-baiknya.

Berdasarkan data pada tahun 2016, PT. Swadaya Graha mengerjakan 21 proyek dan yang mengalami keterlambatan sejumlah 14 proyek. Beberapa permasalahan menurut data historis dan *brainstorming* ke manajer proyek yang menyebabkan proyek menjadi terlambat adalah kedatangan material yang terlambat, kedatangan tenaga kerja dan alat kerja yang terlambat, ralat/revisi dari *user*, dan terjadinya kesalahan pada proses fabrikasi (*rework*). Hal ini dapat dilihat pada Tabel 1.1 mengenai daftar proyek yang mengalami keterlambatan terbesar pada pengerjaan tahun 2016.

Tabel 1.1

Data Keterlambatan Proyek Terbesar PT. Swadaya Graha Tahun 2016

No.	Nama Proyek	Waktu Mulai Proyek	Deadline Proyek Selesai	Waktu Proyek Selesai	Lama Keterlambatan
1	Fabrication 2 Unit Water Tower 36 M - PT. Gudang Garam Tbk.	6 Juli 2016	24 Agustus 2016	11 September 2016	18 hari
2	Additional Fab Ducting Coating Pot K Project Cilegon	16 Februari 2016	15 September 2016	7 Oktober 2016	22 hari
3	Replacement 3 Unit Expansion Joint For Indonesia Power Tanjung Priok	30 Agustus 2016	28 November 2016	23 Desember 2016	25 hari
4	Fabrication 8 Unit Menhole PLTU Lorok Semarang	9 September 2016	19 September 2016	24 Desember 2016	35 hari

No.	Nama Proyek	Waktu Mulai Proyek	Deadline Proyek Selesai	Waktu Proyek Selesai	Lama Keterlambatan
5	Fabrication Apron Table Outer Link And Inner Link - Pt. Sentratek Adi Prestasi	19 September 2016	26 Desember 2016	21 Januari 2017	27 hari

Sumber: Dokumentasi perusahaan

PT. Swadaya Graha pada awal Juli 2017 sedang mengerjakan proyek *Unloading System Conveyor BC3*. Sesuai dengan kontrak dengan user, proyek tersebut dimulai pada tanggal 29 Juni dan direncanakan selesai pada tanggal 1 September 2017, dengan durasi waktu penyelesaian proyek selama 64 hari. Berdasarkan laporan progres PT. Swadaya Graha pada 10 Agustus 2017, seharusnya secara plan sudah mencapai 86,71% dari progres pengerjaan proyek, namun pada realisasinya proyek masih mencapai 60,57%. Dari data tersebut maka terdapat gap sebanyak 26,14% antara progress perencanaan dan pengerjaan aktual di lapangan. Keterlambatan ini nantinya akan mengakibatkan proses-proses selanjutnya ikut tertunda dan mengharuskan pekerja melakukan lembur untuk tetap memenuhi jadwal pengiriman pesanan barang, sehingga total jam orang (JO) realisasinya melebihi yang direncanakan. Hal ini menunjukkan indikasi adanya *waste* dalam proses produksi yang dilakukan perusahaan.

Permasalahan tersebut harus segera diatasi karena perusahaan memiliki misi untuk memberikan produk dengan mutu terbaik dan menyerahkan produk tepat pada waktunya. Oleh karena itu pada pengerjaan *Unloading System Conveyor BC3* ini perusahaan perlu melakukan berbagai *improvement* agar proses produksinya dapat berjalan efektif, efisien, serta dapat meminimalisasi adanya keterlambatan dari yang direncanakan dan juga mengurangi biaya produksi agar tetap dapat memenuhi spesifikasi *order* yang diminta oleh konsumen. Salah satu metode *improvement* yang dapat dilakukan oleh perusahaan adalah dengan menerapkan metode *lean construction*. *Lean construction* adalah sebuah metode untuk mendesain sistem produksi yang dapat meminimalisasi pemborosan (*waste*) dari pemakaian material, waktu (*time*) dan usaha dalam rangka menghasilkan jumlah nilai (*value*) yang maksimum (Koskela, *et al.*, 2002), sehingga nantinya dapat menghemat biaya secara signifikan. Menurut Gasperz (2006), terdapat 9 *waste* yang dapat didefinisikan dalam sebuah perusahaan atau yang bisa disingkat dengan E-DOWNTIME yaitu *enviromental, defect, overproduction, waiting, not utilizing employees knowledge skill abilities, transportation, inventory, motion, excess processing*. Berdasarkan data yang disampaikan oleh Lean Construction Institute (LCI), *waste* atau yang terjadi oleh perusahaan konstruksi diperkirakan

sekitar 57% dan hanya 10% dari seluruh kegiatan yang memberikan nilai tambah. Proses pengerjaan proyek *Unloading System Conveyor BC3* mengalami keterlambatan dikarenakan banyaknya *waste* atau *non-value added activity* yang terjadi dalam proses pengerjaan proyek.

Berdasarkan praktek dalam menjalankan suatu proyek konstruksi, perusahaan membutuhkan penjadwalan yang dapat dijadikan acuan. Permasalahan yang ada adalah penjadwalan tersebut tidak dapat mengakomodasi atau mengurangi dampak terjadinya ketidakpastian yang terjadi. Oleh sebab itu, perlu dilakukan pengendalian dan penjadwalan proyek untuk menghindari adanya keterlambatan proyek dan mengestimasi waktu pengerjaan agar tetap berjalan pada jalurnya. Metode yang bisa digunakan dalam pengendalian proyek ini adalah *critical chain project management (CCPM)*. Menurut Leach (2005:84), metode ini dapat mengatasi *student syndrome* (kecenderungan melakukan aktivitas ketika dekat dengan *deadline*) dan *parkinson law* (kecenderungan memperlambat penyelesaian aktivitas ketika mengetahui adanya kelebihan waktu dalam pengerjaan aktivitas tersebut). Pendekatan menggunakan *critical chain project management* memberikan mekanisme dalam mengidentifikasi dan mengantisipasi sesuatu yang kritis dalam kondisi ketidakpastian dan variabilitas yang mungkin terjadi dalam sebuah proyek. Dari metode ini nantinya akan didapatkan alokasi *buffer time* yang bisa digunakan apabila ada indikasi proyek akan mengalami keterlambatan, sehingga pengiriman tetap dapat dilakukan tepat waktu dan karyawan tidak harus melakukan pekerjaan diluar jam kerja atau di hari libur. Kemudian metode ini juga dapat digunakan untuk mengatasi masalah *safety time* dan dapat memonitoring jalannya proyek dengan melihat seberapa besar konsumsi *buffer time* sehingga dapat memberikan sinyal pada pelaksana terkait tindakan apa yang harus dilakukan agar proyek tetap selesai tepat pada waktunya

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat meminimalkan *waste* yang terjadi pada proyek *Unloading System Conveyor BC3* dengan penerapan metode *lean construction*. Selain itu dapat memberikan perbandingan antara penjadwalan penyelesaian proyek menggunakan metode CCPM dengan penyelesaian proyek aktual, sebagai evaluasi dan perbaikan penjadwalan agar dapat mengurangi keterlambatan pada proyek selanjutnya.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat diidentifikasi permasalahan sebagai berikut.

1. Terdapatnya *non-value added activity* yang mengindikasikan terjadinya *waste* di dalam proses pengerjaan proyek *Unloading System Conveyor BC3*.
2. Proyek Pengadaan dan Pemasangan *Unloading System Conveyor BC3* di PT. Swadaya Graha masih mengalami keterlambatan.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan hasil identifikasi masalah yang telah disampaikan, maka dapat dibuat rumusan masalah, sebagai berikut.

1. Apa saja identifikasi *waste* pada proyek *Unloading System Conveyor BC3* di PT. Swadaya Graha dengan pendekatan *lean construction*?
2. Bagaimana meminimumkan *waste* yang terjadi pada proyek *Unloading System Conveyor BC3* di PT. Swadaya Graha?
3. Bagaimana meminimumkan keterlambatan pada proyek *Unloading System Conveyor BC3* di PT. Swadaya Graha?

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang ingin dicapai dari penelitian ini, yaitu:

1. Mengklasifikasikan dan mengidentifikasi *waste* yang terjadi selama proses pembuatan *Unloading System Conveyor BC3*.
2. Memberikan rekomendasi perbaikan untuk meminimalkan *waste* pada proyek yang diprioritaskan dengan pendekatan *risk management*.
3. Melakukan pengendalian proyek untuk meminimumkan keterlambatan dengan menerapkan metode *critical chain project management (CCPM)*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang ingin dicapai dari penelitian ini, yaitu:

1. Perusahaan dapat meminimasi adanya keterlambatan pada proses produksi *Unloading System Conveyor BC3* sehingga meningkatkan profit perusahaan.
2. Perusahaan dapat memberikan kepuasan bagi konsumen dengan mengirimkan produk tepat pada waktunya.

1.6 Batasan Penelitian

Agar penelitian laporan dapat dilakukan dengan baik dan pembahasan dapat terfokus, maka dibuat beberapa batasan masalah dalam penelitian ini, yaitu:

1. *Waste* yang diamati adalah yang termasuk dalam 9 *waste* (E-DOWNTIME).
2. Risiko yang diidentifikasi fokus berdasarkan *waste* yang kritis.

1.7 Asumsi Penelitian

Asumsi yang digunakan pada penelitian ini yaitu tidak terjadi perubahan detail proyek ataupun perubahan kebijakan perusahaan selama dilakukannya penelitian.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

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

2.1 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian telah dilakukan yang berhubungan dengan metode *critical chain project management* (CCPM), percepatan proyek, yang dapat dijadikan referensi dalam penelitian ini. Beberapa penelitian yang dapat dijadikan referensi adalah:

1. Busyral (2012) melakukan penelitian mengenai komparasi metode *critical chain* dengan metode *critical path* pada manajemen proyek pembangunan gedung BPPKB Tahap 2. Penelitian yang dilakukan bertujuan mencari metode yang paling tepat pada manajemen proyek pembangunan menara telekomunikasi. Penjadwalan proyek kemudian dibuat dengan dua metode berdasarkan *project management body of knowledge* dan hasilnya dibandingkan dengan faktor pembanding *triple constraint* dan faktor umum. Penelitian mendapatkan hasil estimasi durasi proyek yang dapat dikurangi apabila semua *waste* tereliminasi adalah sebanyak 12 hari dan disimpulkan bahwa metode *critical chain* lebih unggul pada faktor ruang lingkup, waktu dan *output*. Sedangkan metode *critical path* lebih unggul pada faktor *input* dan proses.
2. Baskara dan Noer (2012) melakukan penelitian mengenai perencanaan dan pengendalian proyek periklanan menggunakan *lean critical chain project Management* dan *s-curve monitoring* pada proyek periklanan PT. Kompakindo Media Dewata. Penelitian yang dilakukan menerapkan metode identifikasi *waste* dengan pendekatan *lean thinking* serta langkah apa saja yang dapat diambil untuk mengeliminasinya, Peneliti melakukan penyusunan ulang jadwal pengerjaan proyek menggunakan metode *critical chain project management* (CCPM) dan *s-curve monitoring* untuk meningkatkan performansi melalui pemotongan durasi proyek dengan tetap meminimasi resiko keterlambatan melalui pemindahan waktu penyangga di akhir proyek. Hasil penelitian yang dilakukan didapat durasi proyek berkurang menjadi 27

hari kerja dengan durasi sebelumnya 34 hari kerja. Hal ini dapat dicapai dengan meminimasi *waste* pada proyek.

3. Hariadi (2013), melakukan penelitian pada proyek pembangunan Apartemen Tamansari Panoramic Bandung yang mengalami keterlambatan. Metode yang digunakan dalam penelitian yaitu *critical chain project management* untuk penjadwalan proyek dengan hasil durasi pelaksanaan *critical chain* selama 266 hari dengan *buffer* 78 hari sehingga total durasi waktu yang sama dengan perencanaan penjadwalan awal yaitu 344 hari. Selain durasi dapat dilakukan analisa terhadap *buffer* yang ada sehingga dapat dikategorikan masih baik dengan jumlah sisa *buffer* 73% atau 57 hari.
4. Vitarianti (2015) melakukan penelitian proyek pembangunan jaringan pipa transmisi minyak bumi, pengerjaan proyek selama dua bulan mengalami keterlambatan selama dua minggu dari waktu yang telah dijadwalkan. Keterlambatan dikarenakan adanya *safety time* pada durasi aktivitas. Dengan itu akan dilakukan penjadwalan proyek dengan metode *critical chain project management* (CCPM). Hasil dengan penjadwalan metode CCPM yaitu proyek dapat selesai dengan waktu 111 hari dengan *buffer* proyek sebesar 36 hari. Proyek memiliki 6 *resource buffer* pada rantai kritis, dan 6 *feeding buffer* pada rantai non kritis. Untuk biaya proyek dengan metode CCPM yaitu \$807.245 bila *buffer* tidak terpakai, dan \$955.133 bila *buffer* habis terpakai. Perusahaan dengan menggunakan CCPM dalam perencanaan penjadwalan proyek karena dapat mengantisipasi *safety time*, lebih cepat penyelesaian proyek, dan lebih rendah biayanya dibandingkan dengan perencanaan penjadwalan yang dilakukan perusahaan saat ini.

Perbandingan antara penelitian terdahulu dan penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1
Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan

No.	Penulis	Objek Penelitian	Metode	Hasil Penelitian
1.	Busyral (2012)	Proyek pembangunan Gedung BPPKB Tahap 2	<i>Lean Construction</i> , FMEA, <i>Critical Chain Project Management</i> (CCPM)	Estimasi durasi proyek yang dapat dikurangi apabila semua <i>waste</i> tereliminasi adalah sebanyak 12 hari
2.	Baskara dan Noer (2012)	PT. Kompakindo Media Dewata	<i>Critical Chain Project Management</i> (CCPM), <i>Lean Thinking</i> dan <i>S-Curve Monitoring</i>	Durasi proyek berkurang menjadi 27 hari kerja dengan durasi sebelumnya 34 hari kerja
3.	Hariadi (2013)	Pembangunan Apartemen Tamansari	<i>Critical Chain Project Management</i> (CCPM)	Durasi pengerjaan proyek dengan metode CCPM sama dengan hasil



No.	Penulis	Objek Penelitian	Metode	Hasil Penelitian
		Panoramic Bandung		perencanaan. Dapat dianalisa <i>buffer</i> pada proyek.
4.	Vitarianti (2015)	Pembangunan jaringan pipa transmisi minyak bumi	<i>Critical Path Method</i> (CPM) dan <i>Critical Chain Project Management</i> (CCPM)	Mengantisipasi <i>safety time</i> , lebih cepat penyelesaian proyek, dan lebih rendah biayanya dibandingkan dengan perencanaan penjadwalan.
5.	Penelitian ini	Proyek <i>Unloading System Conveyor BC3</i> PT. Swadaya Graha	<i>Lean Construction</i> , <i>Risk Management</i> , CCPM	Diharapkan hasil dari <i>waste</i> yang tereliminasi dan penjadwalan ulang proyek dapat mendekati durasi aktual proyek.

2.2 Proyek

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

2.2.1 Definisi Proyek

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

2.2.2 Karakteristik Proyek

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

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, yaitu:

1. Tahap penentuan (*defining*)

Tahap menentukan spesifikasi proyek, menetapkan sasaran proyek, membentuk tim, dan menetapkan berbagai tanggung jawab utama.

2. Tahap perencanaan (*planning*)

Tahap mengembangkan rencana untuk menentukan proyek, kapan dijadwalkan, siapa yang memetik manfaat, tingkat kualitas yang harus dijaga, dan anggaran yang diperlukan.

3. Tahap eksekusi (*executing*)

Tahap inilah bagian utama dari kerja proyek terjadi, baik fisik maupun mental. Produk fisik dihasilkan (jembatan, laporan, program perangkat lunak). Waktu, biaya dan ukuran-ukuran spesifikasi digunakan untuk pengendalian.

4. Tahap pengiriman (*delivering*)

Mencakup 2 aktivitas, yakni mengirim produk proyek kepada pelanggan dan menyebarkan sumber daya proyek.

2.2.4 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. Berikut alasan pentingnya yaitu:

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

Manajemen proyek menurut Husen (2008:4) merupakan penerapan ilmu pengetahuan, keahlian dan keterampilan, cara teknis yang terbaik dengan sumber daya terbatas, untuk mencapai sasaran dan tujuan yang telah ditentukan agar mendapatkan hasil yang optimal dalam hal kinerja biaya, mutu, waktu, dan keselamatan kerja.

2.2.5 Unsur- Unsur Pembangunan

Unsur-unsur Pembangunan menurut Ervianto (2005:44) sebagai berikut.

1. Pemilik Proyek

Pemilik proyek atau pemberi tugas atau pengguna jasa merupakan orang atau badan yang mempunyai proyek dan memberikan pekerjaan atau menyuruh memberikan pekerjaan kepada pihak penyedia jasa yang berupa perseorangan, badan atau lembaga atau instansi pemerintah maupun swasta.

2. Konsultan

Konsultan dapat dibagi menjadi dua, yaitu konsultan perencanaan dan konsultan pengawas. Konsultan perencanaan merupakan orang atau badan yang membuat perencanaan. Konsultan perencana dapat dipisahkan menjadi beberapa jenis yang dilihat dari spesialisasinya, yaitu konsultan yang menangani pada bidang arsitektur, bidang sipil, bidang mekanikal atau elektrik dan lain sebagainya. Sedangkan untuk konsultan pengawas merupakan orang atau badan yang ditunjuk pengguna jasa untuk dapat membantu dalam pengelolaan pelaksanaan pekerjaan pembangunan dari awal hingga berakhirnya pekerjaan.

3. Kontraktor

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

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

Dalam mencapai tujuan dari proyek menurut Soeharto (1997:2) yang telah ditentukan batasannya yaitu berupa biaya (anggaran) yang dialokasikan, dan jadwal serta mutu yang harus dipenuhi. Adapun ketiga batasan tersebut yang dikatan tiga kendala (*triple constraint*) seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Sasaran proyek dan *triple constraint*

Sumber: Soeharto (1997:2)

Tiga batasan bersifat tarik menarik dimana jika ingin meningkatkan kinerja produk yang telah disepakati dalam suatu kontrak maka harus diikuti dengan menaikkan mutu, kemudian akan berakibat pada naiknya biaya yang melebihi dari anggaran. Untuk dari segi teknis, ukuran keberhasilan proyek berkaitan dengan sejauh mana dari ketiga sasaran tersebut dapat terpenuhi.

2.3 Perencanaan Proyek

Perencanaan proyek menurut Husen (2008:85), 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*). Untuk hasil dari suatu perencanaan yaitu sebagai dasar acuan untuk kegiatan selanjutnya seperti pelaksanaan proyek dan pengendalian proyek.

2.3.1 Sistematika Perencanaan Proyek

Menurut Soeharto (1997:108) penyusunan suatu 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 *Lean Construction*

Berikut merupakan tinjauan pustaka mengenai sejarah dari *lean construction* dan konsep *lean construction*.

2.4.1 Sejarah *Lean Construction*

Penelitian mengenai *lean construction* dilakukan pertama kali oleh Koskela pada tahun 1992. Koskela melakukan penelitian mengenai kesalahan dan ketidakmampuan model konseptual dari manajemen konstruksi tradisional untuk menjadikan proyek selesai tepat waktu, biaya dan kualitas berdasarkan sistem produksi ideal dari *Toyota Production System* di perusahaan Toyota. Kesalahan dan ketidakmampuan ini ditunjukkan melalui studi lapangan yang menunjukkan rendahnya tingkat efisiensi pada proyek konstruksi. Dari hasil studi lapangan tersebut diketahui jika pada umumnya hanya sekitar 50% dari rencana pekerjaan mingguan yang bisa diselesaikan tepat pada akhir minggu tersebut. Oleh karena itu Koskela kemudian mengambil kesimpulan bahwa untuk kebutuhan pengembangan dalam industri konstruksi diperlukan adanya suatu teori produksi yang sesuai dengan karakteristik proyek konstruksi tersebut.

Adanya keinginan untuk membuat suatu inovasi teori yang dapat memberikan dampak positif bagi dunia konstruksi, industri konstruksi akhirnya menjadikan industri manufaktur sebagai bahan pembelajaran dalam pengurangan *waste*. Salah satu usaha yang dilakukan adalah mengadopsi teori produksi *lean production* kepada industri konstruksi, yang kemudian disebut *lean construction*. Dengan demikian penerapan *lean construction* pada industri konstruksi prinsipnya sama dengan *lean principle* yang diterapkan pada industri manufaktur yang bertujuan untuk mengurangi *waste* dan meningkatkan *value*. *Lean production* memiliki lima prinsip utama sebagai berikut (Womack dan Jones, 1996).

1. *Value*

Nilai yang didefinisikan harus sangat spesifik dan dilakukan oleh *customer* akhir.

2. *The Value Stream*

Harus didesain sedemikian rupa agar perpindahan nilai dari satu kegiatan ke kegiatan lainnya bisa terdefinisi.

3. *Flow*

Perpindahan nilai tersebut harus dilakukan secara mengalir dan tidak ada hambatan.

4. *Pull*

Untuk mengurangi adanya *waste*, maka produk sebaiknya diproduksi ketika ada pesanan.

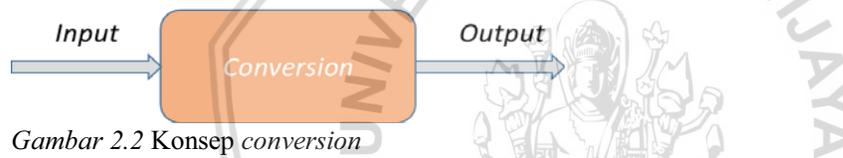
5. *Perfection*

Kegiatan untuk memperbaiki proses secara terus-menerus harus dilakukann untuk menciptakan kesempurnaan.

2.4.2 Konsep *Lean Construction*

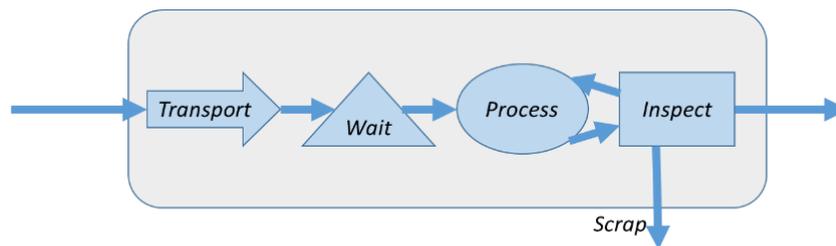
Pada tahun 1992 Koskela mengembangkan suatu teori mengenai produksi yang berkaitan dengan proyek konstruksi. Ide dasarnya yaitu konstruksi seharusnya tidak hanya dilihat dari proses menciptakan *input* menjadi *output* (*conversion*), tetapi juga harus dilihat sebagai suatu aliran (*flow*) dan penambahan nilai (*value*) pada suatu pekerjaan.

Conversion adalah suatu proses merubah *input* menjadi *output* agar bisa dimanfaatkan oleh konsumen untuk proses produksi berikutnya. Konsep *conversion* ini dianggap Koskela terlalu fokus kepada aktifitas, sehingga aktifitas yang tidak menambah *value* kurang diperhatikan. Oleh karena itu, konsep ini perlu dilengkapi dengan suatu konsep baru yang bisa memperhatikan *non value adding activites*.



Gambar 2.2 Konsep *conversion*
Sumber: Koskela (1992)

Berdasarkan Gambar 2.2, maka Koskela mengembangkan konsep *flow*. Konsep ini melihat produksi sebagai suatu rangkaian aktifitas yang terdiri dari aktifitas proses produksi (*processing*), aktifitas menunggu (*waiting*), aktifitas inspeksi (*inspecting*) dan proses perpindahan aktifitas (*transporting*). Pada konsep ini hanya proses produksi (*processing*) saja yang dilihat sebagi aktifitas yang dapat memberikan nilai tambah, sedangkan aktifitas menunggu (*waiting*), inspeksi (*inspecting*) dan perpindahan (*transporting*) dilihat sebagai aktifitas yang tidak memberikan nilai tambah (*non value adding activities*), sehingga aktifitas-aktifitas tersebut harus diminimalkan pada jalannya proses produksi.



Gambar 2.3 Konsep *flow*
Sumber: Koskela (1992)

Konsep *flow* berdasarkan Gambar 2.3 menekankan pada pengurangan *non value adding activities* dan meningkatkan *value adding activities*. Tujuan dari konsep *flow* ini adalah untuk mencapai *lean production system* dengan sedikit *waste* atau bahkan tidak ada *waste*. Mengidentifikasi serta mengurangi *waste* adalah langkah awal pada penerapan konsep ini. *Waste* adalah hasil dari penggunaan berlebih sumber daya yang dibutuhkan untuk menghasilkan produk atau jasa. Menurut Gasperz, (2006) dalam buku “ *Continuous Cost Reduction Trough Lean Sigma Approach*” terdapat sembilan *waste* yang dapat didefinisikan dalam sebuah perusahaan atau yang bisa disingkat dengan E-DOWNTIME. Berikut ini adalah kategori dari *waste*.

1. *Environmental, Health And Safety (EHS)*
Jenis pemborosan yang terjadi karena kelalaian dalam memperhatikan hal-hal yang berkaitan dengan prinsip-prinsip EHS.
2. *Defect*
Waste berupa produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi dan membutuhkan biaya untuk mengerjakannya kembali.
3. *Overproduction*
Waste yang disebabkan karena kelebihan produksi dari rencana awal yang ditetapkan.
4. *Waiting*
Waste yang dihasilkan karena terdapat bagian proses produksi yang mengalami *delay* dari jadwal yang sebelumnya direncanakan, sehingga mengakibatkan aktifitas sesudahnya juga mengalami *delay*.
5. *Not utilizing employees knowledge, skill and abilities*
Jenis pemborosan sumber daya manusia yang terjadi karena tidak menggunakan pengetahuan, keterampilan dan kemampuan karyawan secara optimal.
6. *Transportation*
Terkadang aktifitas ini merupakan hal penting pada proses produksi, tetapi aktifitas perpindahan material atau produk tidak memberikan nilai tambah, sehingga dikategorikan sebagai *waste*.
7. *Inventory*
Waste yang berupa produk akhir, *semi finished product*, atau sumberdaya yang terdapat pada gudang yang tidak memberikan nilai tambah. *Waste* tipe ini biasanya menimbulkan penambahan biaya yang berkaitan dengan sistem produksi baik berupa tempat, uang ataupun penambahan peralatan dan orang.

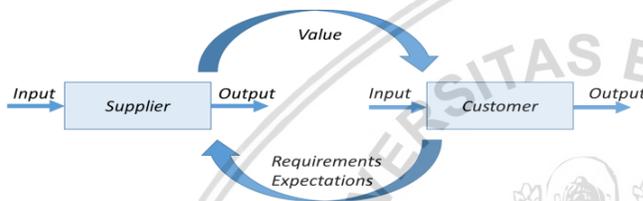
8. *Motion*

Waste berupa pergerakan aktifitas yang tidak memberikan nilai tambah, sehingga disebut sebagai aktifitas yang tidak produktif.

9. *Excess processing*

Waste yang dihasilkan karena sistem perencanaan tidak efisien dan kinerja sistem produksi tidak bisa mencapai perencanaan yang telah ditetapkan.

Value adalah nilai yang dibuat oleh konsumen dan merupakan kebutuhan yang harus diterima secara spesifik sesuai dengan spesifikasi, waktu, tempat dan biaya yang telah ditentukan. Konsep *value* ini berkaitan dengan seluruh aspek pada sistem produksi dan persepsi konsumen terhadap *value* yang diinginkan harus menjadi prioritas utama dalam menentukan strategi pada sistem produksi.



Gambar 2.4 Konsep *value*
Sumber: Koskela (1992)

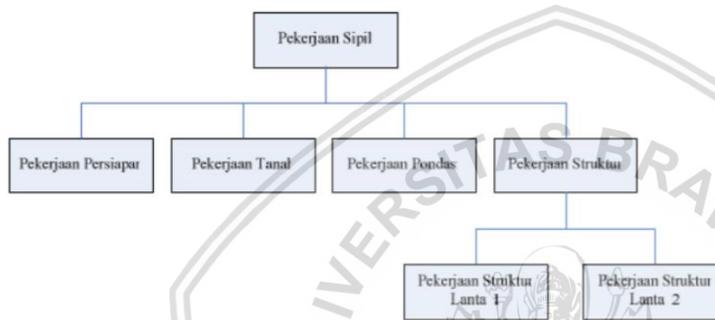
Berdasarkan Gambar 2.4, dapat diambil kesimpulan jika pengelolaan *conversion* dilakukan dengan mengontrol dan mengoptimalkan sumberdaya melalui hirarki, sehingga proses produksi dari *input* menjadi *output* pada proyek konstruksi dapat berjalan dengan baik. Untuk pengelolaan *flow* pada proyek konstruksi dapat dilakukan dengan meningkatkan sistem perencanaan dan pengendalian proyek. Perencanaan yang dapat mengoptimalkan aktifitas proses produksi yang termasuk *value adding activities* dan mengurangi *non value adding activities* akan menciptakan aliran (*flow*) yang lancar. Sementara pemberian *value* yang sesuai dengan spesifikasi konsumen adalah konsep dasar pada tahapan proses produksi suatu produk. Sistem produksi yang dikembangkan oleh Koskela dari sistem produksi *lean production* dengan penyesuaian proyek konstruksi inilah yang disebut dengan *lean construction*.

2.5 *Work Breakdown Structure (WBS)*

Menurut Husen (2009) WBS adalah suatu metode pengorganisasian proyek menjadi struktur pelaporan hierarkis. WBS digunakan untuk melakukan *breakdown* atau memecah tiap proses pekerjaan menjadi lebih detail. Hal ini dimaksudkan agar proses perencanaan proyek memiliki tingkat keakuratan yang lebih baik. WBS disusun berdasarkan dasar

pembelajaran seluruh dokumen proyek yang meliputi kontrak, gambar-gambar, dan spesifikasi. Proyek kemudian diuraikan menjadi bagian-bagian dengan mengikuti pola struktur dan hirarki tertentu menjadi item-item pekerjaan yang cukup terperinci, yang disebut sebagai *Work Breakdown Structure*. Semakin sering kita melakukan *breakdown*, maka semakin detail perencanaan yang akan dibuat. Tetapi yang perlu diingat adalah terlalu sering *breakdown* dilakukan, maka semakin rumit pembuatan *schedule*, sehingga waktu dan biaya tambahan yang dikeluarkan semakin besar.

Menurut Husen (2009) WBS pada umumnya dibuat dalam bentuk grafis. Adapun contoh dari pembuatan WBS dalam bentuk grafis dapat dilihat pada Gambar berikut.



Gambar 2.5 WBS dalam bentuk grafis
Sumber: Husen (2009)

2.6 Borda Method

Metode Borda pertama kali ditemukan oleh Jean Charles de Borda pada abad ke 18. Metode ini dapat digunakan untuk melakukan analisa keberagaman variabel yang diteliti. Pada metode ini para pemilih diharuskan untuk memberikan rangking kepada kandidat yang ada, serta memberikan nilai pada tiap-tiap kandidat seperti memberikan nilai 2 pada kandidat peringkat pertama, nilai 1 pada peringkat kedua dan nilai 0 pada peringkat ketiga (Silva, 2009).

Borda juga merupakan metode *voting* yang digunakan pada pengambilan keputusan kelompok untuk pemilihan *single winner* atau *multiple winner*. Metode ini menentukan pemenang dengan memberikan nilai-nilai tertentu untuk alternatif yang tersedia. Kemudian pemenang akan ditentukan melalui akumulasi nilai yang dikumpulkan pada alternatif. Pada sistem pendukung keputusan kelompok, masalah yang sering dihadapi adalah bagaimana mengagregasikan pendapat-pendapat dari para pengambil keputusan untuk menghasilkan keputusan yang tepat.

2.7 Root Cause Analysis

Root Causes Analysis (RCA) adalah diagram yang menggambarkan seluruh penyebab kegagalan dari level terendah hingga level tertinggi. RCA adalah suatu disiplin metode yang digunakan untuk menentukan penyebab yang paling mendasari dari masalah, keluhan dan kejadian-kejadian yang tidak diinginkan pada sebuah organisasi, dengan tujuan untuk membuat suatu formula dan penetapan tindakan pembenaran untuk setidaknya sebagai mitigasi, sehingga dapat dilakukan peningkatan performa jangka panjang (Vorley & Tickle, QM&T, 2002).

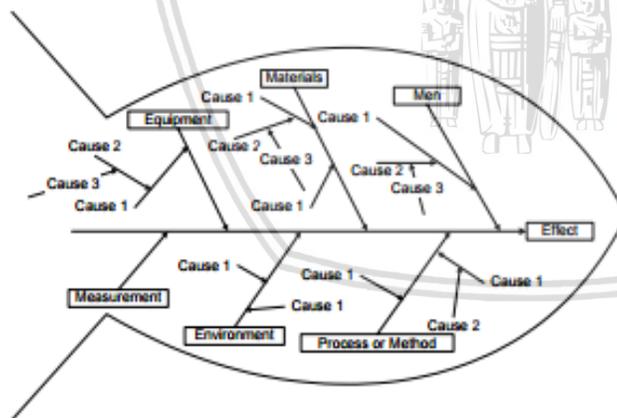
Beberapa teknik dan *tools* yang digunakan pada RCA:

1. 5 why's (or Gemba Gembutsu)

5 *why* biasanya merujuk pada praktek bertanya sebanyak 5 kali mengenai kenapa kegagalan bisa terjadi untuk mendapatkan penyebab dari masalah tersebut. Tidak ada teknik spesial yang dibutuhkan, tetapi hasilnya harus ditampilkan dalam bentuk *worksheet*.

2. Cause and effect diagrams

Biasanya diketahui sebagai *fishbone diagram*, tipe dari diagram ini mengidentifikasi semua proses dan faktor yang berpotensi menyebabkan masalah. *Template* dari *cause and effect diagram* bisa didapatkan pada *microsoft visio* ataupun *power point*.



Gambar 2.6 Template cause and effect diagram

Sumber: *Quality Management Training Courses*

Setelah didapatkan hasil informasi yang diinginkan, selanjutnya adalah mencoba memprioritaskan bagian mana yang ingin kita lakukan pengendalian lebih, fokus pada bagian tersebut dan temukan solusinya.

2.8 Risk Management

Setiap proyek memiliki tujuan yang unik dan menimbulkan risiko pada elemen signifikannya, yang tidak pernah dialami sebelumnya. Hal ini berlaku khususnya jika *uncertain condition* terjadi, sehingga akan menimbulkan risiko proyek yang dapat mempengaruhi tujuan proyek. Pada umumnya potensi risiko pada proyek baru dapat diselesaikan berdasarkan pengalaman dari proyek lain yang memiliki kesamaan. Meskipun begitu, tidak ada “kumpulan pelajaran” (Hilson & Hulett, 2004) yang diambil dari berbagai proyek untuk mengatasi beberapa jenis risiko atau untuk menyelesaikan situasi sulit, masing-masing manajer proyek harus menghadapi tantangan dari proyek yang dipimpinya.

Manajemen risiko adalah langkah yang efektif untuk mengelola situasi kritis. Berdasarkan manajemen risiko, tim mampu mengambil langkah positif untuk meminimalkan konsekuensi dari risiko yang terwujud. Salah satu metode yang biasa digunakan pada penilaian risiko secara kualitatif adalah *impact probability matrix*. Teknik pada metode ini adalah melakukan penilaian *score* terhadap *likelihood* serta *impact* dari berbagai macam kategori risiko yang telah diidentifikasi oleh manajer atau anggota proyek.

Langkah pertama adalah menentukan skala *impact* dari 1-5 seperti pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2
Skala *Impact*

Skala	Deskripsi	Gangguan bisnis	Reputasi	Corporate Objectives
1	<i>Insignificant</i>	Diabaikan, sistem kritis tidak tersedia kurang dari 1 jam	Dampak tidak berarti	Terselesaikan dalam manajemen sehari-hari
2	<i>Minor</i>	Tidak nyaman, sistem kritis tidak tersedia selama beberapa jam	Liputan media lokal yang merugikan	Dampak kecil
3	<i>Moderate</i>	Ketidakpuasan klien, sistem kritis tidak tersedia kurang dari 1 hari	Liputan media ibukota yang merugikan	Dampak signifikan
4	<i>Major</i>	Sistem kritis tidak tersedia selama 1 hari atau serangkaian pemadaman yang berkepanjangan	Liputan media nasional yang merugikan	Dampak besar
5	<i>Catastrophic</i>	Sistem kritis tidak tersedia lebih dari satu hari (pada saat yang sangat penting)	Permintaan untuk penyelidikan pemerintah.	Dampak bencana

Sumber: Southern Cross University

Langkah kedua adalah mendefinisikan *level likelihood* dari *risk occurrence* seperti pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3
Likelihood Score Risk

Skala	Deskripsi	Likelihood of Occurance
1	<i>Rare</i>	Sangat tidak mungkin, tapi mungkin terjadi dalam keadaan tertentu

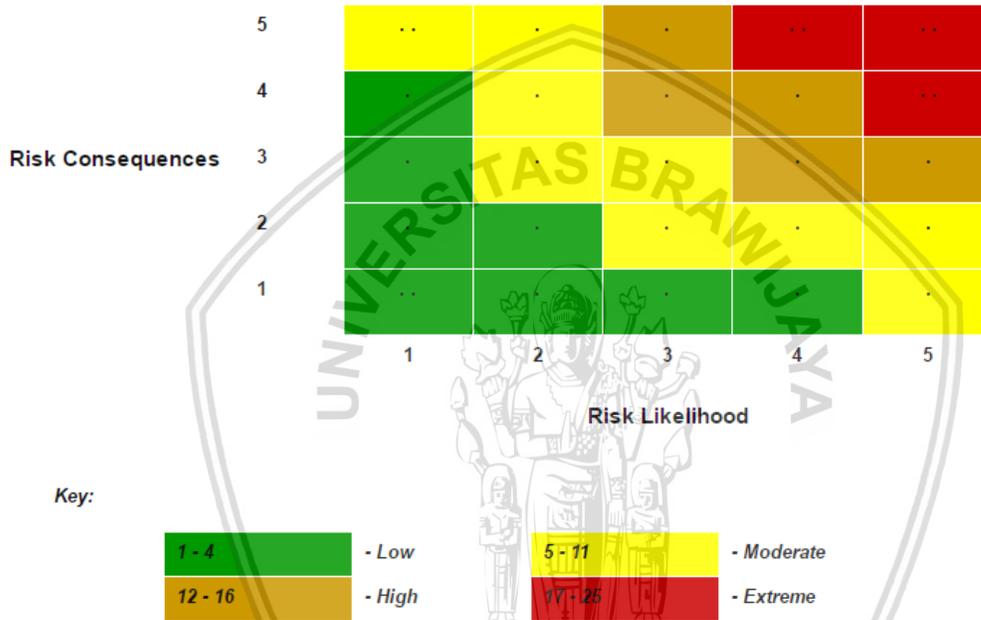


Skala	Deskripsi	Likelihood of Occurance
2	<i>Unilkely</i>	Tidak diharapkan, tapi ada sedikit kemungkinan hal itu bisa terjadi
3	<i>Possible</i>	Mungkin akan terjadi suatu saat karena ada sejarah kejadian serupa yang pernah terjadi sebelumnya
4	<i>Likely</i>	Ada kemungkinan kuat kejadian ini bakal terjadi karena ada sejarah kejadian ini sering terjadi sebelumnya
5	<i>Almost Certain</i>	Sangat mungkin terjadi karena sejarahnya dalam banyak situasi hal ini sering terjadi

Sumber: Southern Cross University

Langkah terakhir adalah membangun *risk matrix* seperti pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4
Risk Matrix



Sumber: Southern Cross University

Tabel 2.5
Risk Rating Descriptors

Skala	Deskripsi	Tindakan yang dibutuhkan
<i>L</i>	<i>Low</i>	Dapat diterima; Tidak memerlukan sumber daya khusus, cukup dikelola dengan prosedur rutin
<i>M</i>	<i>Moderate</i>	Dapat diterima; Tidak mungkin menyebabkan banyak kerusakan atau mengancam efisiensi dan efektivitas kegiatan
<i>H</i>	<i>High</i>	Umumnya tidak dapat diterima; Kemungkinan menyebabkan beberapa kerusakan, gangguan atau pelanggaran kontrol
<i>E</i>	<i>Extreme</i>	Tidak dapat diterima; Kemungkinan mengancam kelangsungan perusahaan dan juga mengancam efektivitas perusahaan baik secara finansial ataupun politik

Sumber: Southern Cross University

2.9 Penjadwalan Proyek

Menurut Husen (2009:149), 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, material, dan rencana durasi proyek dan progres waktu untuk penyelesaian proyek.

2.9.1 Metode Penjadwalan Proyek

Ada beberapa metode penjadwalan proyek yang digunakan untuk mengelola waktu dan biaya proyek. Pada penelitian ini metode penjadwalan yang digunakan yaitu *Critical Chain Project Management (CCPM)*.

2.9.2 Critical Chain Project Management (CCPM)

Berikut ini merupakan tinjauan pustaka mengenai pengertian CCPM, *student's syndrome*, *parkinson's law*, dan metode pengukur *buffer*.

2.9.2.1 Pengertian CCPM

Metode CCPM adalah salah satu metode pendekatan perencanaan waktu dengan menggunakan analisa manajemen proyek konvensional. Salah satu penyebab dari rendahnya kinerja perencanaan proyek konvensional adalah adanya tambahan *safety time* yang besar pada penyusunan jadwal. Hal ini dilakukan karena ingin mengantisipasi adanya kondisi-kondisi tidak terduga yang dapat menyebabkan proyek mengalami kemunduran. Semakin banyak pihak yang terlibat pada penyusunan jadwal proyek, maka jumlah *safety time* nya akan semakin besar. Masalah besarnya *safety time* yang ditambahkan inilah yang akan diperbaiki oleh metode CCPM. Metode CCPM akan menghilangkan *safety time* pada aktivitas individual dan fokus pada penyelesaian *critical chain* proyek karena lebih memprioritaskan kesuksesan keseluruhan proyek dibandingkan aktifitas individual. Untuk menjamin agar *critical chain* proyek dapat diselesaikan tepat waktu, maka metode CCPM memberikan *buffer time* sebagai ganti dari *safety time* yang dihilangkan. *Buffer time* terdiri dari *feeding buffer* dan *project buffer*. *Feeding buffer* adalah *buffer time* yang diletakkan antara aktifitas *non critical chain* dengan aktifitas *critical chain*. Sedangkan *project buffer* adalah *buffer time* yang diletakkan diakhir *critical chain* suatu proyek untuk cadangan waktu keseluruhan proyek.

Berikut merupakan empat hal yang diperlukan dalam penggunaan CCPM (Leach, 2005:105):

1. Manajemen harus mendorong penggunaan *50-50 task time* dengan tidak menekan pekerja untuk melakukan *50-50 estimated durations*.
2. Manajemen harus memungkinkan pekerja untuk fokus pada satu tugas di satu waktu.
3. Sumber daya harus berfokus pada satu tugas di satu waktu dan menyelesaikan sesegera mungkin.
4. Setiap pekerja harus menggunakan perencanaan dan memberikan laporan mengenai *buffer* untuk dapat memutuskan apa yang harus dikerjakan selanjutnya.

2.9.2.2 *Student's Syndrome*

Student's syndrome menurut Leach (2005:84) yaitu kebiasaan seseorang mengerjakan tugas di waktu akhir, bahkan panjangnya waktu yang diberikan tidak cukup untuk menyelesaikan tugas tersebut dengan lebih cepat. Hal ini sama seperti kebiasaan siswa ketika diberikan suatu tugas, siswa akan memulai mengerjakan tugas tersebut dimenit-menit akhir dan akhirnya merasa bahwa waktu yang diberikan untuk mengerjakan tugas tersebut tidak cukup, padahal waktu yang diberikan sebenarnya telah berlebih. Hal seperti ini sebaiknya perlu dihindari dalam pengerjaan sebuah proyek, karena *student's syndrome* akan menyebabkan waktu keamanan yang telah diberikan menjadi terbuang percuma. Kita sebagai manusia sulit memprediksi hal-hal yang akan terjadi dikemudian hari, sehingga ketika terjadi hal-hal yang tidak diinginkan dikemudian hari dan waktu keamanan kita telah terbuang percuma, maka kita cenderung memaksakan diri kita untuk menyelesaikan pekerjaan dengan usaha yang berlebih bahkan harus melakukan lembur.

2.9.2.3 *Parkinson's Law*

Parkinson's law menurut Hariadi (2013:13) merupakan kecenderungan seseorang untuk menyelesaikan pekerjaan pada waktunya meskipun sebenarnya pekerjaan tersebut dapat terselesaikan sebelum jadwal yang telah ditentukan atau *deadline*. Apabila sebuah aktivitas diberikan jangka waktu sesuai dengan yang direncanakan, biasanya pekerja tidak menyelesaikan pekerjaan lebih cepat dari waktu tersebut. Pekerja akan mencari kesibukan lain untuk menjaga kesibukannya selama jangka waktu yang direncanakan. Hal ini dilakukan pekerja karena ketika mereka menyelesaikan pekerjaan lebih dari waktu yang diberikan, mereka tidak mendapatkan imbalan jasa. Sehingga pekerja cenderung melakukan *parkinson's law*.

2.9.2.4 Buffer pada Proyek

Buffer dalam *critical chain* digunakan untuk mencegah suatu proyek atau aktivitas melebihi batas waktu yang telah ditentukan. Manajemen *buffer* dapat memberikan pandangan yang jelas terhadap dampak resiko yang kumulatif kepada kinerja proyek, termasuk pertimbangan batasan sumber daya dan berfokus pada penyebab ketidakpastian pada manajemen proyek. *Buffer time* adalah waktu tambahan yang diberikan di akhir proyek untuk menjaga keamanan estimasi waktu proyek. Rumus untuk menghitung *buffer* yang digunakan oleh Goldratt yaitu dengan membagi 50% dari waktu durasi aktivitas (Goldratt, 1997:156) yang juga disebut dengan metode *cut & paste*. Keuntungan dari metode ini adalah mudah digunakan dan menyediakan waktu *buffer* yang besar. Kerugian dari metode ini adalah variasi dari aktivitas tidak diperhitungkan, sehingga proyek dengan durasi panjang akan memiliki *buffer* yang juga sangat panjang. Adapun untuk metode lain dalam menentukan besar *buffer* (Leach, 2005:168) yaitu:

1. Perhitungan *Project Buffer*

Mengukur *project buffer* menggunakan nilai yang merupakan selisih antara batas atas dan batas bawah durasi aktivitas. Batas atas adalah durasi awal atau durasi dengan penuh pertimbangan resiko dan batas bawah adalah estimasi durasi tanpa mempertimbangkan risiko atau durasi rata-rata. Berikut adalah panduan untuk menghitung *buffer*:

- a. Minimal terdapat 10 aktivitas dalam rantai kritis, kecuali proyek sangat kecil.
- b. Tidak terdapat satu aktivitas yang memiliki durasi lebih dari 20% dari rantai kritis
- c. *Project buffer* tidak kurang dari 25% dari rantai kritis.

2. Perhitungan *Feeding Buffer*

Perhitungan *feeding buffer* sama dengan *project buffer*. Jika terdapat kurang dari 4 rantai kritis, maka dipastikan terlebih dahulu bahwa *feeding buffer* minimal sebanding dengan aktivitas terpanjang di *feeding chain*.

Metode pengukuran *buffer* (2σ) yang digunakan pada penelitian ini adalah *root square error method* (RSEM). Pada metode ini diperlukan 2 estimasi terhadap durasi tugas, estimasi waktu standar rata-rata (S) yaitu waktu yang memiliki pengaman atau waktu yang masih menyimpan waktu cadangan untuk melindungi aktivitas dari kemungkinan keterlamabatan, dan yang kedua adalah waktu tercepat (A) yang diasumsikan tanpa waktu cadangan dengan estimasi waktu rata-rata (50% dari durasi tugas). Berikut adalah rumus perhitungan *buffer*.

$$2\sigma = 2x \sqrt{\left(\frac{S1-A1}{2}\right)^2 + \left(\frac{S2-A2}{2}\right)^2 + \dots + \left(\frac{Sn-An}{2}\right)^2} \quad (2-1)$$

Sumber: Newbold (1998)

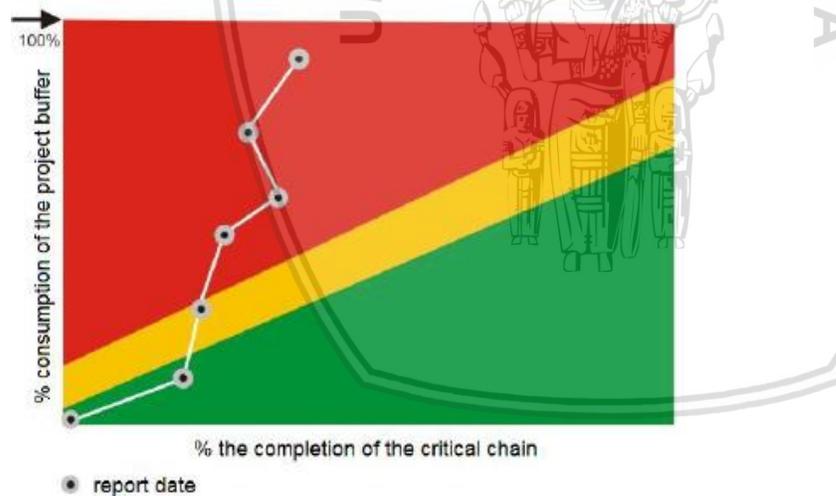
Keterangan:

2σ = Ukuran *buffer*

S = Waktu aman

A = Estimasi waktu rata-rata

Setelah didapatkan waktu *buffer* pada proyek, maka selanjutnya adalah tentang bagaimana *buffer* digunakan untuk membuat manajemen keputusan dalam pelaksanaan proyek. Jika ada keterlambatan pada *critical chain*, maka *buffer* yang tersedia diakhir proyek akan terpakai. Dengan melihat persentase dari pelaksanaan tugas pada *critical chain* dan persentase waktu *buffer* yang terpakai seperti pada Gambar 2.7, manajer proyek akan dapat melihat risiko dari semua kegiatan proyek. Ketika kecepatan pemakaian waktu *buffer* lebih cepat dibandingkan persentase pelaksanaan pada *critical chain*, maka akan masuk pada zona merah yang berarti proyek akan berisiko terlambat dari yang dijadwalkan. Sedangkan apabila kecepatan pemakaian waktu *buffer* sama dengan persentase pelaksanaan pada *critical chain*, maka akan masuk pada zona kuning yang berarti aman. Ketika kecepatan pemakaian waktu *buffer* lebih rendah dari persentase pelaksanaan pada *critical chain*, maka akan masuk pada zona hijau yang berarti proyek akan selesai lebih cepat.

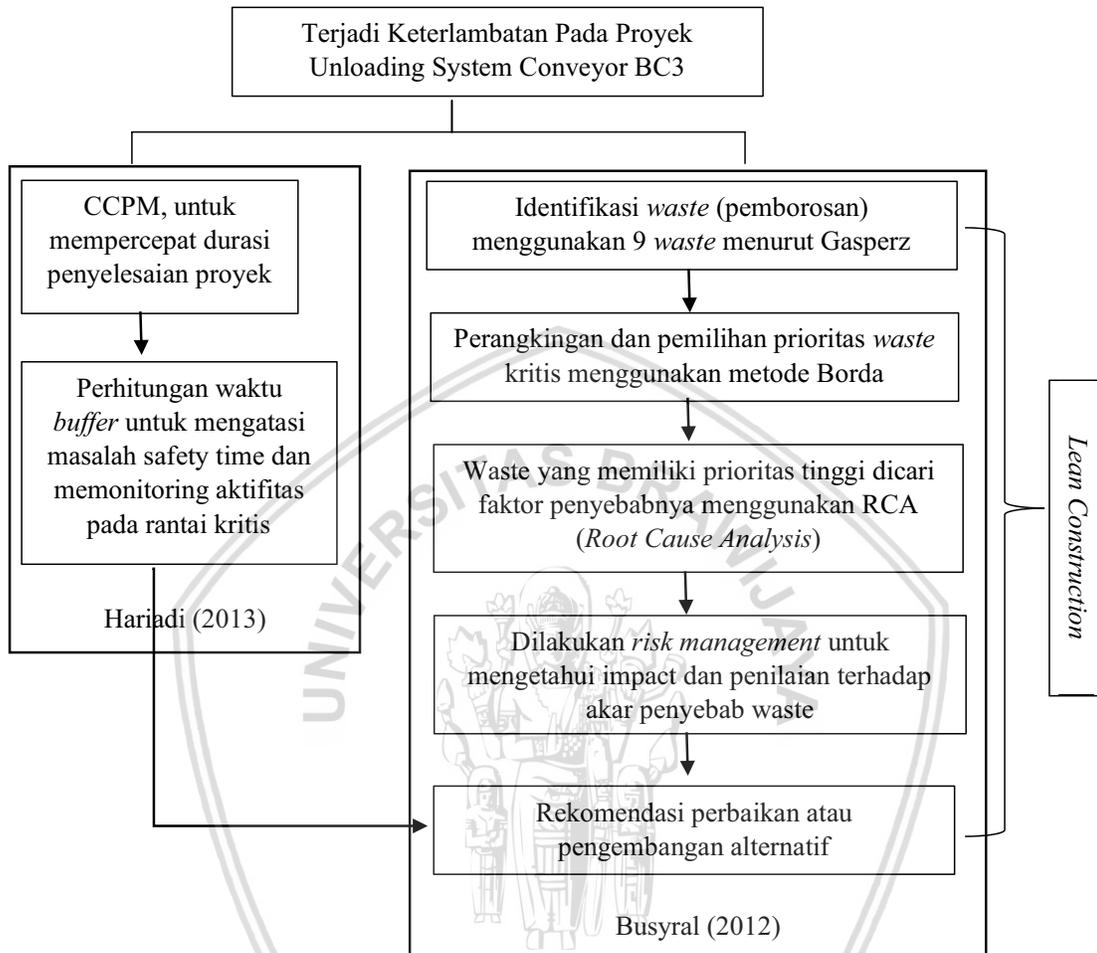


Gambar 2.7 Grafik pemakaian *buffer*
 Sumber: Leach (2005)

2.10 Kerangka Pemikiran Teoritis

Kerangka pemikiran merupakan alur pikir penulis yang dijadikan sebagai skema pemikiran atau dasar-dasar pemikiran untuk memperkuat indikator yang melatar belakangi penelitian ini. Dalam kerangka pemikiran ini peneliti akan mencoba menjelaskan masalah pokok penelitian dan kaitas setiap metode. Penjelasan yang disusun akan menggabungkan

antara teori dengan masalah yang diangkat dalam penelitian ini. Berikut pada Gambar 2.8 merupakan kerangka pemikiran pada penelitian ini.



Gambar 2.8 Kerangka Pemikiran Teoritis
 Sumber: Penulis



Halaman ini sengaja dikosongkan



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

Berdasarkan fungsinya, penelitian ini menggunakan metode penelitian terapan (*applied research*). Alasan mengapa termasuk kedalam jenis penelitian terapan (*applied research*) karena penelitian ini dilakukan berkenaan dengan kenyataan-kenyataan praktis, penerapan, dan pengembangan ilmu pengetahuan yang dihasilkan oleh penelitian dasar dalam kehidupan nyata. Penelitian terapan berfungsi untuk mencari solusi tentang masalah-masalah tertentu. Dengan kata lain penelitian terapan adalah satu jenis penelitian yang hasilnya dapat secara langsung diterapkan untuk memecahkan permasalahan yang dihadapi. Penelitian ini membahas tentang penjadwalan proyek *Unloading System Conveyor* BC3 di PT. Swadaya Graha dengan menggunakan metode RCA, *risk management*, dan *Critical Chain Project Management* (CCPM).

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT. Swadaya Graha, yang beralamat di Jl. RA Kartini 25 Gresik, Jawa Timur. Dengan objek penelitian berupa proyek Pengadaan dan Pemasangan *Unloading System Conveyor* BC3 untuk PT. Gudang Garam. Adapun untuk waktu pelaksanaan penelitian adalah Juni 2017 sampai bulan Desember 2017.

3.3 Langkah-langkah Penelitian

Langkah-langkah penelitian dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Melakukan Studi Lapangan

Studi lapangan pada penelitian ini dilakukan dengan beberapa metode, diantaranya:

a. Interview atau Wawancara

Suatu metode yang digunakan untuk memperoleh data dengan cara mengajukan pertanyaan secara langsung dengan pihak yang berhubungan langsung dengan objek penelitian.

b. Dokumentasi

Suatu metode yang digunakan untuk memperoleh data dengan cara menelusuri arsip-arsip atau catatan yang ada.

2. Observasi Awal

Survei awal merupakan tahap yang digunakan untuk mengetahui permasalahan yang terdapat pada PT. Swadaya Graha. Kegiatan observasi awal yang dilakukan secara langsung dimana peneliti melakukan pengamatan langsung di lapangan tempat dilakukan penelitian untuk memperoleh data permasalahan yang ada.

3. Melakukan Studi Kepustakaan

Studi pustaka bertujuan untuk memperoleh rumusan kerangka teoritis dari masalah yang diteliti, suatu metode yang digunakan dalam mendapatkan data dengan menjalankan studi literatur untuk mendapatkan sumber-sumber data informasi yang berkaitan dengan pembahasan dalam penelitian ini. Data yang didapatkan juga berasal dari buku, jurnal, dan studi terhadap penelitian terdahulu.

4. Mengidentifikasi Masalah

Identifikasi masalah didapatkan berdasarkan hasil observasi yang dilakukan dengan tujuan untuk mencari penyebab serta akibat dari timbulnya suatu masalah.

5. Merumuskan Masalah

Pada tahap perumusan masalah akan dilakukan perincian masalah yang nantinya akan dikaji dengan berdasarkan tujuan dari penelitian dimana studi pustaka akan digunakan sebagai landasan dalam perumusan masalah ini.

6. Menentukan Tujuan Penelitian

Penentuan tujuan dimaksudkan agar dapat terfokus pada masalah yang nantinya akan diteliti sehingga hasil yang didapatkan akan terarah dan dapat tersusum secara sistematis. Selain itu, tujuan dalam penelitian juga dimaksudkan untuk mengetahui parameter keberhasilan penelitian.

7. Pengumpulan Data

Setelah menetapkan tujuan penelitian yaitu tahap pengumpulan data. Pengumpulan data yang diperlukan pada penelitian ini yaitu data informasi proyek (data primer dan data sekunder).

a. Data Primer:

- 1) *Work Breakdown Structure*
- 2) Identifikasi *waste* dengan kuisioner
- 3) Nilai *ranking* tingkat kekritisian *waste*

- b. Data Sekunder:
 - 1) Profil perusahaan
 - 2) Aktivitas proyek
 - 3) *Time schedule* progres mingguan proyek
 - 4) Waktu aktual pengerjaan proyek
- 8. Pengolahan Data

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

- a. Melakukan identifikasi dan perancangan dengan menyebarkan kuisisioner mengenai 9 *waste* yang terjadi pada proyek. Kuisisioner ini disebarakan kepada pihak-pihak yang terkait dengan proyek yang sedang dilaksanakan, diantaranya adalah supervisor proyek, *project control*, manajer proyek, dan operator *machining*. Setelah itu responden akan mengisi urutan *waste* sesuai dengan pendapat masing-masing. Kemudian kuisisioner tersebut dikumpulkan dan diakumulasikan sesuai dengan metode Borda sehingga akan dapat diketahui *waste* mana yang paling kritis.
- b. Menganalisa penyebab terjadinya *waste* kritis dengan menggunakan metode *root cause analysis 5 whys's*, yaitu dengan membuat 5 kolom *why* pada *waste* kritis yang telah didapat. Kemudian hasil yang didapat dari 5 *Why's* akan digunakan sebagai *input* pada *risk management* untuk mengetahui penyebab mana yang memiliki resiko tertinggi untuk dilakukan perbaikan.
- c. Melakukan perbaikan terhadap *waste* dengan menggunakan metode *risk management*. Skala *likelihood* dan *impact* yang akan dipakai pada *risk management* ini mengacu pada Tabel 2.2, Tabel 2.3. Setelah itu dilakukan penempatan skala *likelihood* dan *impact* pada *risk matrix* guna mengetahui sumber penyebab mana yang memiliki resiko paling tinggi dan harus dilakukan perbaikan.
- d. Mempercepat waktu penyelesaian proyek dengan menggunakan metode *Critical Chain Project Management (CCPM)*. Adapun tahapan dari metode CCPM adalah:
 - 1) Membuat jaringan proyek
Membuat jaringan proyek dengan melihat keterkaitan tiap-tiap aktivitas.
 - 2) Mengidentifikasi rantai kritis
Mengidentifikasi rantai kritis dimana rantai terpanjang yang mempunyai hubungan aktivitas dan/atau sumber daya.
 - 3) Memasukkan *project buffer*

Memasukkan *project buffer* yaitu untuk melindungi proyek dari keterlambatan. Durasi *project buffer* didapatkan dengan melakukan perhitungan dengan metode *cut and paste* yaitu 50% dari durasi rantai kritis dan metode *root square error method* (RSEM).

4) Memasukkan *feeding buffer*

Memasukkan *feeding buffer* yaitu diantara rantai kritis dan rantai non kritis. Untuk menghitung besar *feeding buffer* dapat dilakukan dengan metode *cut and paste* yaitu 50% dari durasi rantai non kritis dan metode *root square error method* (RSEM).

9. Tahap Analisis dan Pembahasan

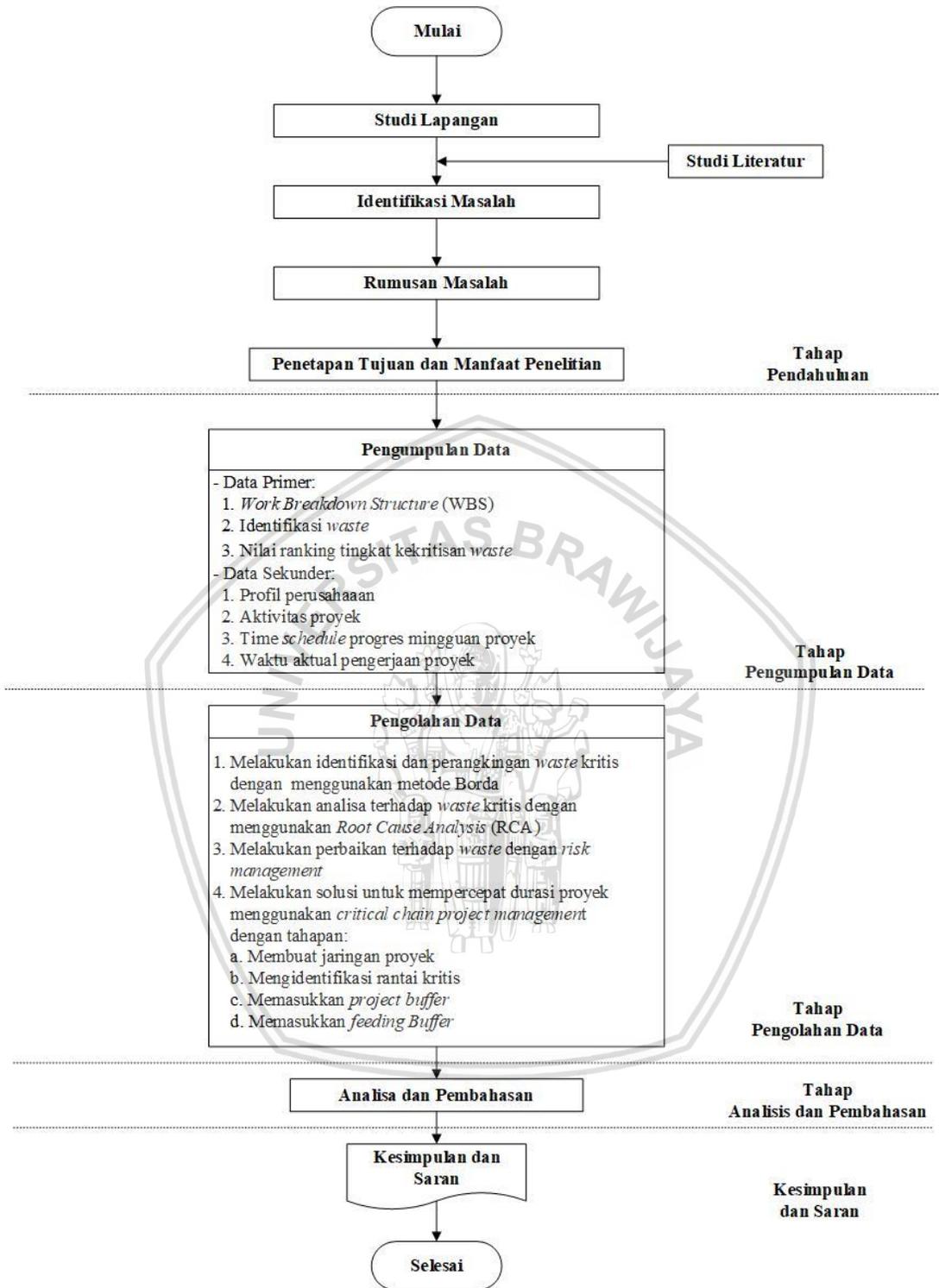
Setelah mengolah data yang telah diperoleh, dilakukan analisis hasil penjadwalan proyek dengan menggunakan metode CCPM dan metode yang digunakan perusahaan saat ini terhadap durasi aktual proyek.

10. Tahap Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dibuat berdasarkan seluruh tahapan yang ada pada penelitian dan berhubungan dengan tujuan penelitian yang ingin dicapai. Saran merupakan masukan yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan. Saran diharapkan dapat berguna bagi perusahaan dan peneliti yang melakukan penelitian dengan topik serupa.

3.4 Diagram Alir Penelitian

Berikut merupakan Gambar 3.1 menunjukkan tahapan penelitian dalam bentuk diagram alir.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian



Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab hasil dan pembahasan ini akan dijelaskan mengenai proses pengumpulan data, pengolahan data, analisis, dan perbaikan yang dilakukan dalam penelitian. Data-data yang dikumpulkan dan diolah berhubungan dengan data primer pada proyek pembuatan *Unloading System Conveyor BC3* sehingga diperoleh hasil yang sesuai dengan tujuan penelitian yang telah didefinisikan.

4.1 Gambaran Umum Perusahaan

PT. Swadaya Graha merupakan perusahaan yang dapat diandalkan dalam jasa konstruksi dan manufaktur dari awal perusahaan ini didirikan pada tahun 1985. PT. Swadaya Graha selalu menjalankan usaha dengan kemampuan terbaik untuk memenuhi kebutuhan *customer* dan secara konsisten menjalankan pengembangan berkelanjutan. Selain itu perusahaan ini telah mendapatkan sertifikat ISO 9001: 2008 untuk sistem manajemen kualitas dan telah sukses mengimplementasikan sistem kesehatan dan keselamatan kerja dalam rangka memenuhi regulasi yang telah diberikan oleh Pemerintah Republik Indonesia berkaitan dengan kesehatan dan keselamatan kerja dan OHSAS: sistem manajemen 2007.

Setelah sukses, secara konsisten dengan filosofi usaha yang ada yaitu "*Trustworthy-in-Excellence*", PT. Swadaya Graha telah dipercaya oleh perusahaan nasional dan perusahaan kelas dunia. PT. Swadaya Graha selalu berusaha untuk menyediakan solusi total terhadap bisnis konstruksi untuk *customer* dengan memanfaatkan sinergi dari empat kompetensi, yaitu konstruksi sipil, fabrikasi, pekerjaan mekanik dan elektrik, serta rental alat berat. Sinergi yang ada memanfaatkan empat kompetensi dan didukung oleh fungsi lain yang telah terbukti memberikan solusi total sebagai unit strategi bisnis.

Unit strategi bisnis yang ada antara lain terdiri dari Divisi Kerja Sipil, Divisi Fabrikasi Baja, Divisi Mekanik dan Elektrik, serta Divisi Rental Alat Berat. Divisi Kerja sipil menyediakan jasa konstruksi sipil, seperti bangunan tinggi dan pekerjaan sipil lainnya. Divisi ini juga didukung oleh tim proyek profesional, sistem manajemen proyek yang baik, dan metode eksekusi proyek dengan teknologi tinggi. Divisi Mekanik dan Elektrik merupakan divisi yang fokus terhadap instalasi mesin, pekerjaan pipa, pekerjaan elektrik, HV/AC, dan instrumentasi. Untuk menjalankan bisnis, divisi ini didukung oleh berbagai alat berat. Divisi Rental Alat Berat adalah divisi yang fokus dalam jasa rental alat berat seperti

crane, forklift, alat welding, generator, dan alat lainnya. PT. Swadaya Graha juga memiliki pendukung bisnis lain yaitu bagian sumber daya manusia, technology dan software, dan quality assurance-quality control. Divisi Fabrikasi Baja merupakan divisi yang focus pada 3 bidang yaitu pekerjaan baja, pekerjaan struktur baja dan alat handling/conveyor. Divisi Fabrikasi Baja ini diantaranya berkapasitas untuk menjalankan manufaktur produk alat kecil dan besar di bawah sumber daya yang berpengalaman, alat produksi yang memadai dan workshop yang representatif untuk menciptakan produk struktur baja, pekerjaan plat dan conveyor. Produk struktur baja yang dihasilkan antara lain adalah limestone storage, steel structure for pre heater, bulk storage bagging unit. Produk yang dihasilkan untuk pekerjaan plat adalah thickener tank, continuous ship unloader, pre heater, calciner dan oil tank vico. Sementara, produk conveyor yang dihasilkan adalah gallery conveyor, transfer tower, tripper conveying system.

4.1.1 Visi dan Misi

Berikut ini merupakan visi dan misi dari PT. Swadaya Graha.

1. Visi

PT. Swadaya Graha adalah untuk menjadi perusahaan berkelas dunia dan pilihan yang dapat diandalkan oleh *customer* dalam teknik industri, jasa pengadaan dan konstruksi.

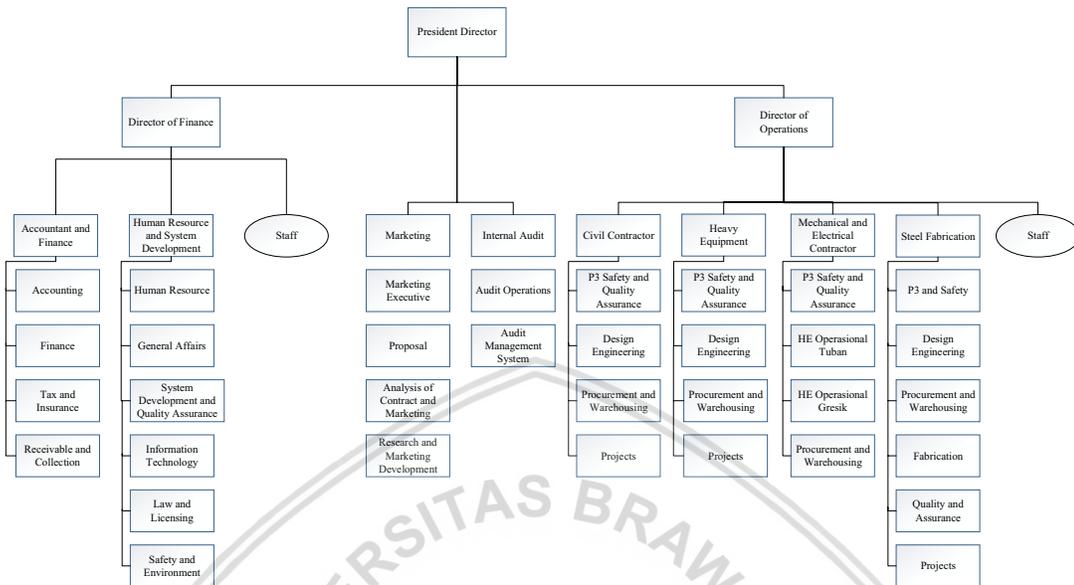
2. Misi PT. Swadaya Graha antara lain adalah:

- a. Menyediakan produk terbaik pada bidang teknik, jasa pengadaan dan konstruksi sesuai dengan kebutuhan *customer* dengan memprioritaskan kualitas tinggi dan inovasi pada teknologi.
- b. Untuk menambah kepuasan dan nilai tambah dari *stakeholder*, terutama *customer, shareholders*, dan komunitas sekitar yang berhubungan dengan perkembangan perusahaan.
- c. Untuk meningkatkan kompetensi dari organisasi pada bidang teknik, pengadaan dan konstruksi dan menjadi perusahaan kuat dan responsive dengan keunggulan kompetitif.

4.1.2 Struktur Organisasi

Perusahaan PT. Swadaya Graha merupakan perusahaan dengan bentuk perseroan terbatas. Dalam menjalankan kerjanya, PT. Swadaya Graha Gresik telah merancang struktur organisasi untuk melakukan pekerjaan dengan baik agar tujuan perusahaan dapat tercapai.

Berikut ini merupakan struktur organisasi yang terdapat pada PT. Swadaya Graha Gresik. Struktur organisasi pada PT. Swadaya Graha dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Struktur organisasi PT. Swadaya Graha

4.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data berkaitan dengan penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data primer dan sekunder. Data primer yang ada dikumpulkan dengan menggunakan *work breakdown structure*, identifikasi *waste* dengan kuisioner yang disebarkan ke 5 responden dan nilai *ranking* tingkat kekritisian *waste*.

Data sekunder yang diambil merupakan data yang diperoleh dari pihak perusahaan yang berhubungan dengan penelitian yaitu profil perusahaan, aktivitas proyek, *time schedule* progres mingguan proyek, dan waktu aktual pengerjaan proyek.

4.2.1 Informasi Proyek

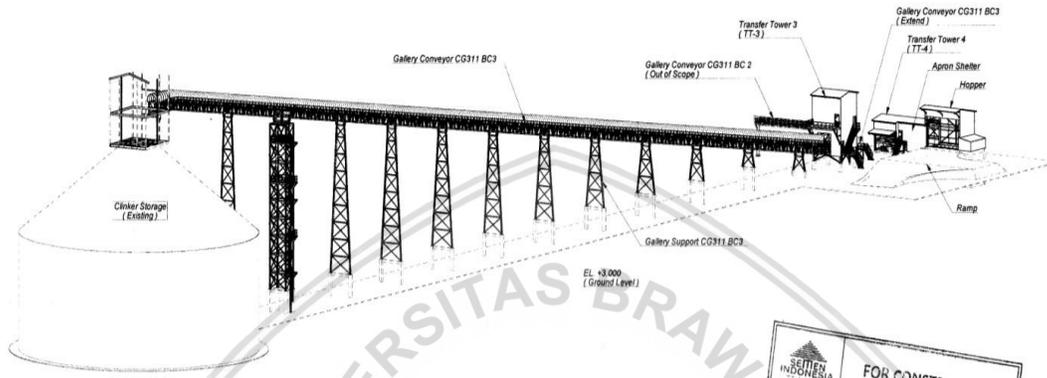
Proyek “*Unloading System Conveyor BC3*” adalah salah satu proyek yang sedang dikerjakan oleh PT Swadaya Graha pada pertengahan tahun 2017. Proyek ini merupakan pembuatan rumah *Conveyor* secara keseluruhan yang bertujuan untuk memindahkan bahan baku batu bara dari kapal untuk di *loading* ke dalam pabrik. Berikut merupakan data umum dari proyek *Unloading System Conveyor BC3*:

Nama Proyek : “*Unloading System Conveyor BC3*”
 User : PT. Semen Indonesia Cigading



Waktu Pelaksanaan : 29 Juni 2017 sampai dengan 1 September 2017

Conveyor merupakan salah satu jenis alat pengangkut yang berfungsi untuk mengangkut muatan curah atau satuan kontiyu atau terputus. Salah satu jenis *conveyor* yang sering digunakan untuk mengangkut muatan curah atau muatan satuan adalah *belt conveyor*. Berikut merupakan *drawing* proyek dari proyek *Unloading System Conveyor BC3* ditujukan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Drawing proyek *Unloading System Conveyor BC3*

Terdapat beberapa tahapan atau proses yang dilakukan oleh PT. Swadaya Graha Gresik dalam menjalankan proyek *Conveyor BC3*. Proses produksi yang ada diantaranya terdiri dari *marking/cutting*, *setting/fit up*, *machining*, *welding*, *finishing*, *painting*, dan *packing*. Langkah proses produksi dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Proses Produksi PT. Swadaya Graha

Berikut ini merupakan tahapan yang dilakukan dalam proses produksi pada Divisi Fabrikasi Baja PT. Swadaya Graha Gresik.

1. *Marking dan Cutting*

Proses produksi dimulai dengan melakukan proses *marking*. Proses *marking* merupakan proses yang dilakukan dengan memberikan tanda pada material yang akan digunakan untuk proses produksi, proses dilakukan dengan memberikan tanda pada posisi yang akan dilakukan pengerjaan dan bagian yang memerlukan pemasangan material. Proses *marking* yang ada dilakukan berdasarkan *drawing* produk yang telah dibuat. Setelah dilakukan proses *marking* maka akan dilakukan proses *cutting* atau pemotongan pada material. Proses pemotongan yang dilakukan sesuai dengan *shop drawing* yang telah ditentukan.

2. *Machining, Drilling & Rolling*

Proses *machining* dilakukan untuk melakukan pemotongan terhadap produk agar sesuai dengan bentuk produk yang telah ditentukan pada *drawing* yang ada. Mesin yang digunakan pada proses *machining* atau proses permesinan antara lain adalah mesin potong plat, mesin bubut, mesin bubut CNC, mesin gergaji, mesin skrap, *hack saw*, dan mesin bor radial.

3. *Setting/Fit-up*

Pada tahap *setting/fit up* akan dilakukan proses penyatuan atau merangkai beberapa material yang telah diproses sebelumnya dan akan disatukan. Proses penyatuan yang ada dilakukan untuk menyatukan material yang ada menjadi suatu komponen konstruksi baja. Proses yang ada dilakukan dengan memerhatikan dimensi atau ukuran yang ada sesuai dengan *drawing* yang telah diberikan.

4. *Welding*

Proses *welding* atau proses pengelasan dilakukan untuk menyambung material yang ada. Proses pengelasan dilakukan setelah *fit up*, proses yang ada dilakukan sesuai dengan *drawing* yang telah ditentukan dengan ketentuan yang ada untuk melakukan proses *welding*.

5. *Finishing*

Pada tahap ini akan dilaksanakan pembersihan terhadap sisa proses fabrikasi yang telah dilakukan sebelumnya. Untuk tidak merusak hasil pengecatan maka proses ini dilakukan sebelum proses pengecatan atau *painting*.

6. *Painting*

Proses *painting* adalah proses yang dilakukan dengan melakukan pengecatan terhadap material yang ada untuk mencegah terjadinya karat atau korosi pada material yang ada. Pengecatan yang ada dilakukan sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan.

7. *Packing*

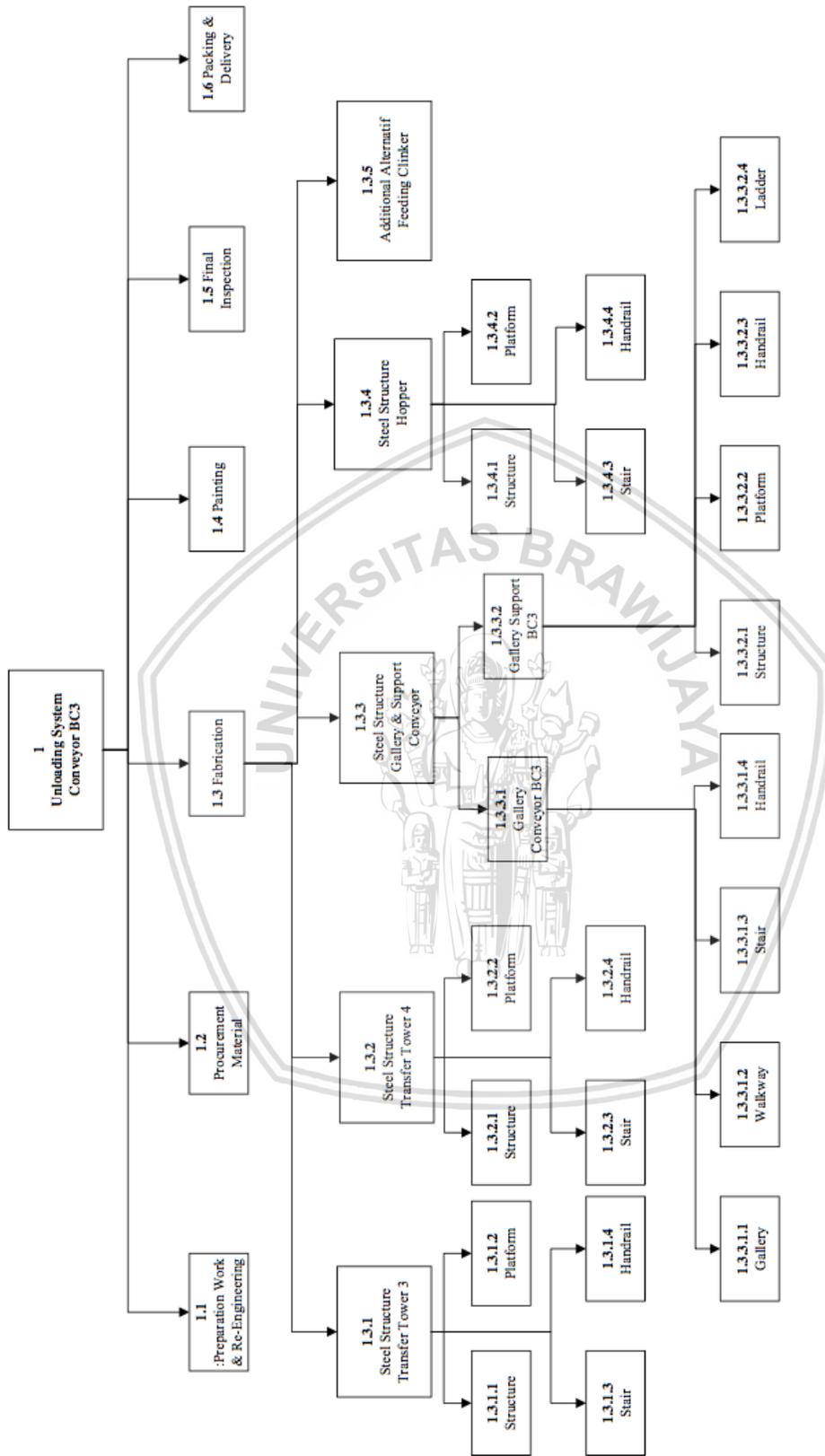
Proses *packing* merupakan proses mengemas produk yang telah diproduksi untuk mempersiapkan pengiriman kepada *client*. Proses *packing* yang ada disiapkan sesuai dengan kebutuhan pengiriman berdasarkan besar produk atau kebutuhan berdasarkan proses pengiriman yang akan dilakukan.

4.2.2 *Work Breakdown Structure (WBS)*

Pengelompokan aktivitas-aktivitas proyek harus dikerjakan berdasarkan gambar struktural yang disebut dengan sistem *Work Breakdown Structure (WBS)*. WBS akan

memperlihatkan aktivitas-aktivitas dari proyek secara keseluruhan yang nantinya akan digunakan sebagai dasar penentuan durasi aktivitas, biaya proyek dan juga dasar dalam menentukan penjadwalan. Pada WBS dilakukan pemecahan dari proyek secara utuh hingga sub variabel paling rendah. Pada Gambar 4.3 dapat dilihat jika proyek pembuatan *Conveyor BC3* terbagi menjadi 5 sub pekerjaan, yaitu *preparation work & re-engineering*, *procurement material*, *fabrication*, *painting*, *final inspection* dan *packing & delivery*.

Preparation work & re-engineering adalah proses persiapan dan pembuatan gambar desain dari proyek BC3. Gambar desain ini dibuat sesuai dengan spesifikasi yang diminta oleh konsumen. Perusahaan harus berkoordinasi dengan baik dengan pihak konsumen agar menghasilkan produk yang memuaskan. Selanjutnya adalah *procurement*, dimana pada proses ini akan dilakukan pengadaan bahan baku serta *tools* yang nantinya akan digunakan selama proyek berlangsung. Bahan baku yang dipesan ada yang berasal dari dalam negeri dan akan dikirimkan lewat transportasi kapal dan truk. *Fabrication* terdiri dari proses pembuatan *transfer tower 3*, *transfer tower 4*, *gallery & support conveyor*, *hopper*, dan *additional alternatif feeding clinker*. Pada masing-masing proses pembuatan tersebut terdapat proses *marking/cutting* yang selanjutnya dilakukan proses *machining*, yaitu proses melakukan *marking center* dan dilakukan *drilling & rolling* dengan cara menumpuk material yang telah dilakukan *marking*, kemudian dilakukan proses *fit up*, *welding* dan proses *assembly*, yaitu menggabungkan semua *material* dan *blasting* untuk menghilangkan karat. Tahap selanjutnya adalah *painting dan inspeksi* yaitu untuk mengecat dan menguji apakah terdapat kesalahan dalam proses fabrikasi. Tahap terakhir adalah *finishing* dimana proses ini adalah proses *packing* dari pesanan untuk selanjutnya dikirimkan ke konsumen.



Gambar 4.4 WBS proyek Unloading System Conveyor BC3

4.3 Identifikasi *Waste*

Identifikasi *waste* pada proyek dilakukan berdasarkan wawancara, kuesioner dan observasi langsung. Berikut ini adalah beberapa *waste* yang terjadi selama proyek pembuatan *Unloading System Conveyor BC3* berlangsung.

1. *Enviromental Health and Safety* (EHS)

Jenis pemborosan yang terjadi karena kelalaian dalam memperhatikan hal-hal yang berkaitan dengan prinsip-prinsip EHS. *Waste* tipe ini tidak terjadi karena tidak ada kecelakaan kerja pada proyek pembuatan *Unloading System Conveyor BC3*.

2. *Defect*

Merupakan *waste* berupa bahan baku *Unloading System Conveyor BC3* yang tidak sesuai dengan spesifikasi selama proses produksi dan membutuhkan biaya untuk mengerjakannya kembali, antara lain:

- a. Lubang pada *base frame* komponen *idler* kurang *standard*
- b. Potongan plat *linner for chute* tidak sesuai dengan gambar

3. *Overproduction*

Merupakan *waste* yang disebabkan karena kelebihan produksi dari rencana awal yang ditetapkan. Pada proyek pembuatan *Unloading System Conveyor BC3*, *waste* tipe *overproduction* yang terdapat selama proyek berlangsung adalah kelebihan pada beberapa komponen aksesoris.

4. *Waiting*

Merupakan *waste* yang dihasilkan karena terdapat bagian proses fabrikasi *Unloading System Conveyor BC3* yang mengalami *delay* dari jadwal yang sebelumnya direncanakan, sehingga mengakibatkan aktifitas sesudahnya juga mengalami *delay*. Antara lain:

- a. Kedatangan bahan baku utama terlambat
- b. Keterlambatan akibat revisi gambar kerja
- c. Keterlambatan akibat proses pengerjaan ulang

5. *Not Utilizing Employees Knowledge Skill Abilities*

Merupakan jenis pemborosan sumber daya manusia yang terjadi karena tidak menggunakan pengetahuan, keterampilan dan kemampuan karyawan secara optimal. *Waste* tipe *motion* yang terdapat selama proyek berlangsung adalah salah menentukan *jobdesk* untuk beberapa *manpower* dan kurangnya ketelitian *manpower* dalam melakukan beberapa aktifitas.

6. *Transportation*

Meskipun terkadang aktifitas ini merupakan hal penting pada proses produksi, tetapi aktifitas perpindahan material atau produk tidak memberikan nilai tambah, sehingga dikategorikan sebagai *waste*. Pada proyek pembuatan *Unloading System Conveyor BC3*, *waste* ini tidak terjadi karena material diletakkan dekat dengan tempat produksi, sehingga dapat meminimalisir adanya transportasi yang berlebihan.

7. *Inventory*

Merupakan *waste* yang berupa produk akhir, *semi finished product*, atau sumber daya yang terdapat pada gudang yang tidak memberikan nilai tambah. *Waste* tipe ini biasanya menimbulkan penambahan biaya yang berkaitan dengan sistem produksi baik berupa tempat, uang ataupun penambahan peralatan dan orang. *Waste* tipe *inventory* yang terdapat selama proyek berlangsung adalah terdapat sisa bahan baku plat dan tidak terpakai.

8. *Motion*

Merupakan *waste* berupa pergerakan aktifitas dari operator proyek yang tidak memberikan nilai tambah, sehingga disebut sebagai aktifitas yang tidak produktif. *Waste* tipe *motion* yang terdapat selama proyek berlangsung adalah operator terlalu sering beristirahat karena cepat letih dan juga sering memamainkan *gadget* saat bekerja.

9. *Excess Processing*

Merupakan *waste* yang dihasilkan karena sistem perencanaan pada proyek *Unloading System Conveyor BC3* tidak efisien dan kinerja sistem produksi tidak bisa mencapai perencanaan yang sebelumnya telah ditetapkan, antara lain:

- a. Mendesain ulang *engineering drawing*.
- b. Pembelian ulang material.
- c. Pengerjaan ulang karena operator tidak melakukan pekerjaan sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan.

4.4 Pengukuran *Waste* Kritis

Untuk melakukan identifikasi *waste* kritis pada proyek dilakukan dengan menyebarkan kuesioner kepada pihak-pihak yang terlibat dalam proyek. Kuesioner ini berisi pertanyaan yang ditujukan untuk mengetahui seberapa sering dan seberapa besar dampak negatif yang diakibatkan oleh *waste* pada pengerjaan proyek. Setelah data kuesioner didapatkan, data tersebut akan diolah dengan menggunakan metode BORDA, yaitu dengan mengalikan peringkat masing-masing *waste* dengan bobot yang telah sesuai, dengan peringkat 1 mempunyai bobot tertinggi yaitu (n-1) demikian seterusnya. Nantinya *waste* yang memiliki

bobot tertinggi adalah *waste* yang memiliki dampak negatif paling signifikan terhadap jalannya proyek pembuatan *Conveyor BC3*.

Pada Tabel 4.1 memperlihatkan rekap data kuesioner yang didapatkan dari 5 responden yang terlibat pada proyek pembuatan *Conveyor BC3*, yaitu:

1. *Supervisor* proyek
2. *Project control*
3. *Site manager*
4. Manajer proyek
5. Operator *machining*

Tabel 4.1
Rekap Kuesioner

No.	Jenis Waste	Prioritas									Poin Borda	Nilai Borda
		1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1	<i>Enviromental Health and Safety</i>						2	2	1		10	0,059
2	<i>Defect</i>	2	3								37	0,220
3	<i>Overproduction</i>					1	1	1	2		11	0,065
4	<i>Waiting</i>	3	2								38	0,226
5	<i>Not Utilizing Skill Abilities</i>					1	2	1	1		13	0,077
6	<i>Transportation</i>							1	2	2	4	0,023
7	<i>Inventory</i>				2	1	1	2			21	0,125
8	<i>Motion</i>						1	1	1	2	6	0,035
9	<i>Excess Processing</i>			3	2						28	0,166
	Bobot Rangking	8	7	6	5	4	3	2	1	0	168	

Dari Tabel 4.1 dapat diketahui data kuesioner yang telah diisi oleh responden, dimana tingkat prioritas menunjukkan tingkat keparahan dan tingkat keseringan *waste* tersebut muncul. Semakin rendah nilai prioritas maka tingkat keparahan serta tingkat seringnya *waste* tersebut muncul akan semakin tinggi. Cara perhitungan bobot akhir dari masing-masing *waste* adalah dengan mengalikan jumlah responden yang memilih *waste* pada prioritas tersebut dengan bobot *rangking* dibawahnya. Kemudian isikan hasil pada kolom poin Borda. Setelah itu hasil dari masing-masing poin Borda pada tiap *waste* dijumlahkan. Untuk mencari nilai Borda, dilakukan pembagian antara poin Borda pada tiap alternatif dengan jumlah poin Borda. Hasilnya pada *waste Enviromental Health and Safety* (EHS) yang memilih sebagai prioritas 6 berjumlah 2 orang, yang memilih sebagai prioritas 7 berjumlah 2 orang, dan yang memilih sebagai prioritas 8 berjumlah 1 orang sehingga menghasilkan bobot sebesar 0,059. Pada *waste defect* yang memilih sebagai prioritas 1 berjumlah 2 orang dan yang memilih sebagai prioritas 2 berjumlah 3 orang, sehingga menghasilkan bobot sebesar 0,220. Pada *waste overproduction* yang memilih sebagai prioritas 5 berjumlah 1 orang, yang memilih sebagai prioritas 6 berjumlah 1 orang, yang memilih sebagai prioritas

7 berjumlah 1 orang dan yang memilih sebagai prioritas 8 berjumlah 2 orang, sehingga menghasilkan bobot sebesar 0,065. Pada *waste waiting* yang memilih sebagai prioritas 1 berjumlah 3 orang dan yang memilih sebagai prioritas 2 berjumlah 2 orang, sehingga menghasilkan bobot sebesar 0,226. Pada *waste not utilizing skill abilities* yang memilih sebagai prioritas 5 berjumlah 1 orang, yang memilih sebagai prioritas 6 berjumlah 2 orang, yang memilih sebagai prioritas 7 berjumlah 1 orang dan yang memilih sebagai prioritas 8 berjumlah 1 orang, sehingga menghasilkan bobot sebesar 0,077. Pada *waste transportation* yang memilih sebagai prioritas 7 berjumlah 1 orang, yang memilih sebagai prioritas 8 berjumlah 2 orang dan yang memilih sebagai prioritas 9 berjumlah 2 orang, sehingga menghasilkan bobot sebesar 0,023. Pada *waste inventory* yang memilih sebagai prioritas 4 berjumlah 2 orang, yang memilih sebagai prioritas 5 berjumlah 1 orang, yang memilih sebagai prioritas 6 berjumlah 1 orang dan yang memilih sebagai prioritas 7 berjumlah 2 orang, sehingga menghasilkan bobot sebesar 0,125. Pada *waste motion* yang memilih sebagai prioritas 6 berjumlah 1 orang, yang memilih sebagai prioritas 7 berjumlah 1 orang, yang memilih sebagai prioritas 8 berjumlah 1 orang, dan yang memilih sebagai prioritas 9 berjumlah 2 orang sehingga menghasilkan bobot sebesar 0,035. Pada *waste excess processing* yang memilih sebagai prioritas 3 berjumlah 3 orang dan yang memilih sebagai prioritas 4 berjumlah 2 orang, sehingga menghasilkan bobot sebesar 0,116.

Setelah dilakukan pengumpulan dan pengolahan data kuesioner dengan metode BORDA, maka selanjutnya adalah mengurutkan *waste* berdasarkan besarnya bobot seperti pada Tabel 4.2. Dari Tabel 4.2 dapat diketahui apabila urutan *waste* dari bobot tertinggi ke bobot terendah.

Tabel 4.2
Urutan *Waste* Berdasarkan Bobot

No.	Jenis <i>Waste</i>	Bobot
1	<i>Waiting</i>	0,226
2	<i>Defect</i>	0,220
3	<i>Excess Processing</i>	0,166
4	<i>Inventory</i>	0,125
5	<i>Not Utilizing Skill Abilities</i>	0,077
6	<i>Overproduction</i>	0,065
7	<i>Enviromental Health and Safety</i>	0,059
8	<i>Motion</i>	0,035
9	<i>Transportation</i>	0,023

4.5 Penyebab *Waste* Kritis

Dalam menganalisa faktor-faktor yang menyebabkan *waste* terjadi selama pelaksanaan proyek, digunakan metode *Root Cause Analysis* (RCA). *Root Causes Analysis* (RCA) adalah

diagram yang menggambarkan seluruh penyebab kegagalan dari level terendah hingga level tertinggi. RCA adalah suatu disiplin metodologi yang digunakan untuk menentukan penyebab yang paling mendasari dari masalah, keluhan dan kejadian-kejadian yang tidak diinginkan pada sebuah organisasi, dengan tujuan untuk membuat suatu formula dan penetapan tindakan pembenaran untuk setidaknyanya sebagai mitigasi, sehingga dapat dilakukan peningkatan performa jangka panjang. Salah satu teknik dari RCA adalah teknik 5 why's. 5 why biasanya merujuk pada praktek bertanya sebanyak 5 kali mengenai kenapa kegagalan bisa terjadi untuk mendapatkan penyebab dari masalah tersebut.

Tabel 4.3
RCA Sub Waste Waiting

Waste	Sub Waste	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5	
Waiting	Kedatangan bahan baku utama terlambat	Lamanya proses pengadaan bahan baku	Lamanya proses pencarian pemasok bahan baku	Database pemasok yang tidak terupdate	Database pemasok tidak dikelola dengan baik		
			Bahan baku terlalu lama tertahan di pelabuhan	Lamanya mengurus dokumen perizinan			
	Keterlambatan akibat revisi gambar kerja	Gambar kerja tidak sesuai dengan keinginan konsumen	Kesalahan dalam detail gambar	Pekerja desain yang kurang teliti			
				Kurang koordinasi dengan konsumen			
	Keterlambatan akibat proses pengerjaan ulang	Terjadi cacat pada proses pengerjaan	Proses yang dikerjakan tidak sesuai dengan spesifikasi	Kurangnya keahlian dari operator			
				Mesin tidak berfungsi dengan baik	Mesin kotor dan tidak sesuai spesifikasi	Kurangnya kontrol perawatan pada mesin	



Pada Tabel 4.3 dapat diketahui apabila *waste waiting* memiliki sub *waste*, dan masing-masing sub *waste* memiliki akar penyebab. Berikut adalah analisa mengenai akar penyebab dari masing-masing sub *waste* pada *waste waiting*.

1. Sub *waste* kedatangan bahan baku utama terlambat

Apabila proses pengadaan bahan baku tidak sesuai dengan waktu yang telah ditetapkan oleh perusahaan dan membutuhkan waktu yang lebih lama, maka akan menyebabkan terjadinya keterlambatan pada kedatangan bahan baku. Lamanya proses pengadaan bahan baku sendiri disebabkan oleh 2 hal, yaitu lamanya proses dalam pencarian pemasok bahan baku yang dibutuhkan dan bahan baku yang tertahan lama di pelabuhan. Lamanya proses pencarian pemasok bahan baku ini disebabkan oleh database pemasok yang tidak dikelola dengan baik, sehingga menyebabkan *database* yang digunakan perusahaan adalah *database* lama dan tidak terupdate. Sedangkan bahan baku yang tertahan lama di pelabuhan disebabkan oleh lamanya pengurusan dokumen perizinan barang pesanan.

2. Sub *waste* keterlambatan akibat revisi gambar kerja

Apabila gambar kerja *Unloading System Conveyor BC3* yang dihasilkan oleh perusahaan tidak sesuai dengan apa yang diinginkan oleh konsumen maka akan menyebabkan terjadinya revisi pada gambar kerja yang sebelumnya telah dibuat, sehingga akan membutuhkan waktu yang lebih lama. Gambar kerja yang tidak sesuai ini disebabkan oleh adanya kesalahan yang terjadi pada detail gambar. Dan kesalahan yang terjadi dalam detail gambar ini disebabkan oleh 2 hal, yaitu pekerja desain yang kurang teliti dalam membuat detail gambar kerja dan juga kurangnya koordinasi antara perusahaan dengan pihak konsumen.

3. Sub *waste* keterlambatan akibat proses pengerjaan ulang

Apabila terjadi kecacatan selama proses pengerjaan *Unloading System Conveyor BC3* berlangsung, maka akan menyebabkan terjadinya proses pengerjaan ulang guna memperbaiki kecacatan tersebut dan akan membutuhkan waktu yang lebih lama. Kecacatan yang terjadi selama proses pengerjaan berlangsung disebabkan karena adanya proses pengerjaan yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Proses pengerjaan yang tidak sesuai dengan spesifikasi disebabkan oleh 2 hal, yaitu kurangnya keahlian dari operator pada perusahaan dan mesin yang tidak dapat berfungsi dengan baik. Mesin tidak dapat berfungsi dengan baik dikarenakan kontrol perawatan pada mesin tersebut sangatlah kurang, sehingga menyebabkan mesin kotor dan tidak sesuai dengan spesifikasi.

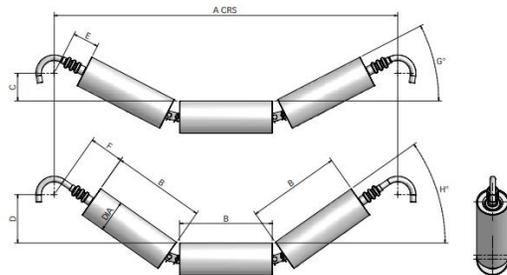
Tabel 4.4
RCA Waste Defect

Waste	Sub Waste	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
Defect	Lubang pada <i>base frame</i> komponen <i>idler</i> kurang <i>standard</i>	Proses <i>drilling</i> yang tidak sempurna	Lubang yang dibuat dengan mata drill HSS 26 mm tidak diposisikan <i>center</i>	Mata drill dibeli dengan kualitas yang kurang baik, sehingga presisi kurang	Kurangnya kontrol terhadap mata <i>drill</i>	
	Potongan plat <i>Linner for chute</i> tidak sesuai dengan gambar	Proses pemotongan yang tidak rapi	Operator tidak teliti dalam pembacaan drawing			
			Kurangnya keahlian dari operator			
			Mesin <i>flame cutting</i> tidak berfungsi dengan baik	Mesin <i>flame cutting</i> kotor dan semburan api yang dikeluarkan tidak merata	Kurangnya kontrol perawatan terhadap mesin <i>flame cutting</i>	

Pada Tabel 4.4 dapat diketahui apabila *waste defect* memiliki sub *waste*, dan masing-masing sub *waste* memiliki akar penyebab. Berikut adalah analisa mengenai akar penyebab dari masing-masing sub *waste* pada *waste defect*.

1. Sub *waste* lubang pada *base frame* komponen *idler* kurang *standard*

Apabila terjadi proses *drilling* yang tidak sempurna pada *base frame* komponen *idler* selama proses pengerjaan di bagian *machining*, maka akan menyebabkan *conveyor* nantinya tidak dapat berproses. Berikut merupakan Gambar 4.5 *base frame* komponen *idler*.



Gambar 4.5 *base frame* komponen *idler*

Proses *drilling* yang tidak sempurna ini disebabkan oleh pembuatan lubang yang dibuat dengan mata drill HSS 26 mm tidak diposisikan *center*. Hal ini disebabkan oleh mata drill dibeli dengan kualitas yang kurang baik, sehingga presisi kurang dan kurangnya control terhadap mata *drill* sehingga menyebabkan proses *drilling* menjadi tidak sempurna.

2. Sub *waste* potongan plat *linner for chute* tidak sesuai dengan gambar

Apabila proses pemotongan tidak dilakukan dengan rapi, maka akan menyebabkan potongan yang dihasilkan tidak sesuai dengan spesifikasi dan kemungkinan besar tidak dapat digunakan. Hasil potongan yang tidak rapi ini disebabkan oleh 3 hal, yaitu operator pada perusahaan yang tidak teliti dalam melakukan pembacaan marking, kemudian kurangnya keahlian dari operator, dan juga mesin *flame cutting* yang tidak berfungsi dengan baik. Mesin *flame cutting* yang tidak dapat berfungsi dengan baik ini disebabkan oleh kurangnya kontrol perawatan terhadap mesin *flame cutting*, sehingga nantinya akan menyebabkan mesin *flame cutting* kotor dan semburan api yang dikeluarkan tidak merata. Berikut merupakan gambar 4.6 *linner for chute*.



Gambar 4.6 *Linner for chute*

4.6 Penentuan Prioritas Akar Penyebab *Waste* Berdasarkan *Waste* Kritis

Dalam menentukan prioritas akar penyebab *waste* terjadinya *waste*, *tools* yang akan digunakan adalah *risk management*. Setiap proyek memiliki tujuan yang unik dan menimbulkan permasalahan pada elemen signifikannya, yang tidak pernah dialami sebelumnya. Hal ini berlaku khususnya jika *uncertain condition* terjadi, sehingga akan menimbulkan akar penyebab *waste* proyek yang dapat mempengaruhi tujuan proyek. Pada umumnya potensi akar penyebab *waste* pada proyek baru dapat diselesaikan berdasarkan pengalaman dari proyek lain yang memiliki kesamaan.

Manajemen risiko adalah langkah yang efektif untuk mengelola situasi kritis. Dengan menggunakan pendekatan manajemen risiko, tim mampu mengambil langkah positif untuk meminimalkan konsekuensi dari akar penyebab *waste* yang terwujud. Salah satu metode

yang biasa digunakan pada penilaian akar penyebab *waste* secara kualitatif adalah *impact probability matrix*. Teknik pada metode ini adalah melakukan penilaian *score* terhadap *likelihood* serta *impact* dari berbagai macam kategori akar penyebab *waste* yang telah diidentifikasi oleh manajer atau anggota proyek.

4.6.1 Identifikasi Akar Penyebab *Waste* Kritis

Langkah pertama yang dilakukan adalah mengidentifikasi akar penyebab *waste* yang terjadi dan berhubungan dengan *waste* kritis yang terjadi selama pengerjaan proyek, yaitu *database supplier* tidak dikelola dengan baik, lamanya mengurus dokumen perizinan, pekerja desain yang kurang teliti, kurang koordinasi dengan konsumen, kurangnya ketelitian dari operator, kurangnya kontrol terhadap mata *drill*, operator tidak teliti dalam pembacaan *marking*, kurangnya kontrol perawatan terhadap mesin *flame cutting*, kurangnya kontrol terhadap pengiriman barang. Kemudian efek dari adanya akar penyebab *waste* yang terjadi pada perusahaan. *Impact* adalah dampak yang diakibatkan dari terjadinya akar penyebab *waste* pada pelaksanaan proyek. Pada Tabel 4.5 akan dijelaskan mengenai daftar akar penyebab *waste* yang diidentifikasi berdasarkan tabel RCA pada *waste* kritis, serta dampak dari akar penyebab *waste* yang terjadi. Pada proyek pembuatan *Unloading System Conveyor BC3* ini, terdapat dua *waste* kritis, yakni *waste waiting* dan *waste defect*.

Tabel 4.5
Impact Akar Penyebab *Waste* Pada Proyek

No	Akar Penyebab <i>Waste</i>	<i>Impact</i>
1	<i>Database supplier</i> tidak dikelola dengan baik	Operator menganggur
2	Lamanya mengurus dokumen perizinan	Proses pengerjaan menjadi lebih lama
3	Operator yang kurang teliti	Operator menganggur
		Proses yang seharusnya dikerjakan tidak bisa dikerjakan
		Material tidak dapat dipakai lagi
4	Kurang koordinasi dengan konsumen	Proses pengerjaan menjadi lebih lama
5	Kurangnya kontrol terhadap mata <i>drill</i>	Keterlambatan proses <i>assembly</i>
		<i>Rework</i> proses <i>drilling</i>
6	Kurangnya keahlian dari operator	Penambahan proses pengelasan
		Keterlambatan proses <i>assembly</i>
7	Kurangnya kontrol perawatan terhadap mesin <i>flame cutting</i>	Penambahan proses pengelasan

Pada Tabel 4.5 dijelaskan apabila akar penyebab *waste* pertama adalah *database supplier* tidak dikelola dengan baik, hal ini akan menyebabkan operator menganggur. Akar penyebab *waste* kedua adalah lamanya mengurus dokumen perizinan, hal ini akan menyebabkan proses pengerjaan menjadi lebih lama. Akar penyebab *waste* ketiga adalah operator yang kurang teliti, hal ini akan menyebabkan operator menganggur, proses yang



seharusnya dikerjakan tidak bisa dikerjakan, material tidak dapat dipakai lagi. Akar penyebab *waste* keempat adalah kurang koordinasi dengan konsumen, hal ini akan menyebabkan proses pengerjaan menjadi lebih lama. Akar penyebab *waste* kelima adalah kurangnya kontrol terhadap mata *drill*, hal ini akan menyebabkan keterlambatan proses *assembly* dan *rework* proses *drilling*. Akar penyebab *waste* keenam adalah kurangnya keahlian dari operator, hal ini akan menyebabkan penambahan proses pengelasan dan keterlambatan proses *assembly* atau *fit up*. Akar penyebab *waste* ketujuh adalah kurangnya kontrol perawatan terhadap mesin *flame cutting*, hal ini akan menyebabkan penambahan proses pengelasan. Akar penyebab *waste* yang terakhir adalah kurangnya kontrol terhadap pengiriman barang, hal ini akan menyebabkan operator menganggur. *Impact* dari masing-masing akar penyebab *waste* pada Tabel 4.5 ini adalah hasil diskusi dengan pihak operator *machining* pada proyek *Unloading System Conveyor BC3* yang sudah bekerja selama 12 tahun.

4.6.2 Penilaian Akar Penyebab *Waste* Kritis

Setelah dilakukan identifikasi akar penyebab *waste*, selanjutnya dilakukan penilaian akar penyebab *waste*. Parameter yang dinilai adalah probabilitas kejadian akar penyebab *waste* dan juga dampak akar penyebab *waste* dengan interval antara satu sampai dengan lima. Dimana tiap-tiap bobot pada probabilitas akar penyebab *waste* dan dampak akar penyebab *waste* memiliki deskripsi penilaian seperti yang dijelaskan pada Tabel 2.2 dan Tabel 2.3. Deskripsi penilaian probabilitas (*likelihood*) dimulai dari nilai 1-5, yaitu *rare*, *unlikely*, *possible*, *likely*, dan *almost certain*. Sedangkan penilaian dampak (*impact*) dimulai dari nilai 1-5, yaitu *insignificant*, *minor*, *moderate*, *major* dan *catastrophic*.

Penilaian akar penyebab *waste* ini dilakukan dengan berdiskusi langsung dengan pihak yang benar-benar mengetahui kondisi lapangan dan lingkungan kerja yang dapat mempengaruhi proyek, yaitu Bapak Bambang selaku operator *machining* yang sudah sangat berpengalaman dan bekerja pada perusahaan selama 12 tahun. Pada Tabel 4.6 akan dijelaskan mengenai penilaian untuk masing-masing akar penyebab *waste*.

Setelah dilakukan penilaian pada masing-masing akar penyebab *waste* yang ada, maka selanjutnya adalah melakukan pemetaan akar penyebab *waste* dengan menggunakan *risk matrix* sesuai dengan nilai *likelihood* dan *impact* dari masing-masing akar penyebab *waste* terhadap jalannya pengerjaan proyek. Berikut merupakan tabel *risk matrix* pada penelitian ini.

Tabel 4.6
Risk Matrix

		<i>Rare</i>	<i>Unlikely</i>	<i>Possible</i>	<i>Likely</i>	<i>Almost Certain</i>
<i>Consequence / Impact</i>	<i>Catastrophic</i>	5	10	15	20 (<i>Extreme</i>) Database <i>supplier</i> tidak dikelola dengan baik	25
	<i>Major</i>	4	8 (<i>Moderate</i>) - Kurang koordinasi dengan konsumen	12 (<i>High</i>) - Operator yang kurang teliti - Kurangnya kontrol terhadap mata <i>drill</i>	16 (<i>High</i>) - Lamanya mengurus dokumen perizinan - Kurangnya kontrol perawatan terhadap mesin <i>flame cutting</i>	20
	<i>Moderate</i>	3	6	9 (<i>Moderate</i>) Kurangnya keahlian dari operator	12	15
	<i>Minor</i>	2	4	6	8	10
	<i>Insignificant</i>	1	2	3	4	5
		<i>Likelihood</i>				

Matrix penilaian akar penyebab *waste* memiliki empat jenis zona, yaitu zona hijau, zona kuning zona coklat dan zona merah. Zona hijau dideskripsikan sebagai *low* dengan skala 1-4, yaitu masih bisa diterima dan tidak memerlukan sumber daya yang spesifik, hanya dibutuhkan pengelolaan prosedur yang rutin serta melakukan monitoring. Zona kuning dideskripsikan sebagai *moderate* dengan skala 5-11, yaitu masih bisa diterima karena tidak menyebabkan kerusakan dan tidak mengancam efisiensi serta efektivitas dari kegiatan. Zona coklat dideskripsikan sebagai *high* dengan skala 12-16, yaitu pada umumnya tidak diterima karena akan dapat menyebabkan kerusakan, gangguan atau pelanggaran kontrol. Zona merah dideskripsikan sebagai *extreme* dengan skala 17-25, yaitu tidak dapat diterima karena akan dapat mengancam keberlangsungan perusahaan serta efektivitas dari kegiatan-kegiatan perusahaan, baik secara finansial ataupun politik.

Tabel 4.7
Form Penilaian Akar Penyebab *Waste*

No	Akar Penyebab <i>Waste</i>	<i>Likelihood</i>		<i>Impact</i>		Score	Category
		Level	Score	Level	Score		
1	Database <i>supplier</i> tidak dikelola dengan baik	<i>Likely</i>	4	<i>Catastrophic</i>	5	20	<i>Extreme</i>
2	Lamanya mengurus dokumen perizinan	<i>Likely</i>	4	<i>Major</i>	4	16	<i>High</i>
3	Operator yang kurang teliti	<i>Possible</i>	3	<i>Major</i>	4	12	<i>High</i>
4	Kurang koordinasi dengan konsumen	<i>Unlikely</i>	2	<i>Major</i>	4	8	<i>Moderate</i>



No	Akar Penyebab Waste	Likelihood		Impact		Score	Category
		Level	Score	Level	Score		
5	Kurangnya kontrol terhadap mata <i>drill</i>	Possible	3	Major	4	12	High
6	Kurangnya keahlian dari operator	Possible	3	Moderate	3	9	Moderate
7	Kurangnya kontrol perawatan terhadap mesin <i>flame cutting</i>	Likely	4	Major	4	16	High

Berdasarkan matriks keparahan risiko pada Tabel 4.7, akar penyebab *waste* pada proyek *Conveyor BC3* yang dikategorikan sebagai *extreme risk* (berada pada zona merah) adalah akar penyebab *waste* nomor 1 dengan nilai 20. Akar penyebab *waste* nomor 1 adalah database tidak dikelola dengan baik, dengan nilai *likelihood* sebesar 4 dan nilai *impact* sebesar 5. Selanjutnya akar penyebab *waste* yang dikategorikan sebagai *high* (berada pada zona coklat) adalah akar penyebab *waste* nomor 2,3,5 dan 7. Akar penyebab *waste* nomor 2 adalah lamanya mengurus dokumen perizinan, dengan nilai *likelihood* sebesar 4 dan nilai *impact* sebesar 4. Akar penyebab *waste* nomor 3 adalah operator yang kurang teliti, dengan nilai *likelihood* sebesar 3 dan nilai *impact* sebesar 4. Akar penyebab *waste* nomor 5 adalah kurangnya kontrol terhadap mata *drill*, dengan nilai *likelihood* sebesar 3 dan nilai *impact* sebesar 4. Akar penyebab *waste* nomor 7 adalah kurangnya kontrol perawatan terhadap mesin *flame cutting*, dengan nilai *likelihood* sebesar 4 dan nilai *impact* sebesar 4. Kemudian akar penyebab *waste* yang dikategorikan sebagai *moderate* (berada pada zona kuning) adalah akar penyebab *waste* nomor 6 dan nomor 8. Akar penyebab *waste* nomor 6 adalah kurangnya keahlian dari operator, dengan nilai *likelihood* sebesar 3 dan nilai *impact* sebesar 3.

4.6.3 Pengembangan Alternatif

Apabila suatu akar penyebab *waste* telah dikenali dan telah dilakukan penilaian, maka selanjutnya adalah membuat keputusan untuk merespon akar penyebab *waste* tersebut. Pada dasarnya, terdapat dua strategi yang dapat digunakan untuk alternatif perbaikan, yang pertama adalah mengurangi kemungkinan terjadinya akar penyebab *waste* dan yang kedua adalah mengurangi dampak terjadinya akar penyebab *waste* tersebut pada jalannya proyek. Berdasarkan analisa alternatif kebijakan perbaikan, didapatkan beberapa solusi alternative seperti pada Tabel 4.8 yang dapat diterapkan pada perusahaan guna mengurangi *waste* dan dapat meningkatkan efisiensi.

Tabel 4.8
Pengembangan Alternatif

Akar Penyebab Waste	Alternatif
Database tidak dikelola dengan baik	Melakukan pengelolaan terhadap database <i>supplier</i> dengan lebih melakukan update data <i>supplier</i> , menambah <i>features</i> AHP untuk membuat keputusan dalam menentukan <i>supplier</i> bahan baku utama
Lamanya mengurus dokumen perizinan	Pemahaman prosedur pengambilan barang pada bagian pengadaan.
Operator kurang teliti	Penekanan mengenai konsekuensi kesalahan (perlu uraian lebih lanjut terkait dengan ketentuan pemberian surat peringatan)
Kurangnya kontrol perawatan terhadap mesin <i>flame cutting</i>	Perawatan mesin <i>flame cutting</i> secara berkala
Kurangnya kontrol terhadap mata <i>drill</i>	Perawatan mesin <i>drilling</i> secara berkala
Kurangnya keahlian dari operator	Memberikan pelatihan
Kurang koordinasi dengan konsumen	Lebih berkoordinasi dengan dengan konsumen serta memberi penekanan konsekuensi perubahan desain

Berikut ini adalah penjelasan mengenai solusi alternatif pada akar penyebab *waste* yang extreme seperti pada Tabel 4.8:

a. Melakukan pengelolaan database *supplier*

Selama ini perusahaan kurang peduli terhadap database dari *supplier*. Hal ini menyebabkan proses pemilihan pemasok bahan baku menjadi semakin lama karena setiap akan melakukan pemilihan perusahaan harus berusaha mencari informasi-informasi mengenai calon pemasok bahan baku. Seharusnya perusahaan bisa memperbarui database *supplier* jauh-jauh hari melalui data historis pembelian bahan baku yang perusahaan selama ini lakukan. Sehingga perlu ditempatkannya seseorang yang benar-benar bertanggung jawab terhadap pengelolaan database *supplier* dan orang tersebut harus memiliki kemampuan dalam hal pengelolaan database ini. Selain itu tidak ada metode pasti yang digunakan dalam menentukan pemasok bahan baku mana yang akan dipilih, hanya berdasarkan pengalaman dari perusahaan saja. Rekomendasi metode yang diberikan kepada perusahaan disini adalah dengan menggunakan metode AHP (*Analytical Hierarchy Process*) dalam menentukan pilihan pemasok bahan baku mana yang akan digunakan. Pemilihan pemasok bahan baku adalah suatu kasus pengambilan keputusan multi kriteria yang melibatkan metode kualitatif dan kuantitatif. Salah satu metode yang dapat digunakan dalam kasus tersebut adalah AHP karena metode ini menggabungkan penilaian secara kualitatif yang kemudian menjadi kuantitatif. Selain itu AHP juga dapat mengukur nilai konsistensi dalam proses pengambilan

keputusan dengan menggunakan rasio konsistensi. Pada perusahaan kriteria yang bisa digunakan dalam menentukan pemasok bahan baku adalah pengiriman, pelayanan, kualitas, biaya, dll.

b. Pengalokasian *buffer time*

Dengan menggunakan metode *critical chain project management*, perusahaan akan dapat mendapatkan *buffer time* yang bisa digunakan apabila proyek mengalami indikasi keterlambatan. *Buffer time* adalah waktu tambahan yang diberikan di akhir proyek untuk menjaga keamanan estimasi waktu proyek. Rumus untuk menghitung *buffer* yang digunakan oleh Goldratt yaitu dengan membagi 50% dari waktu durasi aktivitas yang disebut dengan metode *cut & paste*. Melalui monitoring pemakaian tersebut perusahaan akan mengetahui tindakan apa yang harus direncanakan dan dilakukan oleh perusahaan apabila waktu *buffer* mulai terpakai. Pada proyek pembuatan *conveyor* BC3 didapatkan data mengenai waktu optimis dari masing-masing aktivitas yang ada pada proyek melalui wawancara langsung dengan operator *machining* pada proyek tersebut. Hasil dari perhitungan *buffer time* diakhir penjadwalan pengerjaan proyek, sehingga perusahaan masih bisa menyelesaikan proyek tepat waktu walaupun masih ada kemungkinan terjadinya *waste* pada pelaksanaan proyek.

c. Melakukan perawatan mesin *flame cutting* secara berkala

Mesin *flame cutting* atau mesin gulung plat atau bending roll merupakan salah satu alat yang dibutuhkan untuk membuat tangki maupun pipa. Perawatan yang dilakukan pada PT Swadaya Graha terhadap mesin *drill* dan mesin *flame cutting* adalah perawatan dengan tipe *Corrective Maintenance* (CM), yang berarti perusahaan akan mengganti ataupun melakukan perawatan pada mesin ketika sudah mengetahui mesin mengalami kerusakan. Hal ini menyebabkan hasil proses *cutting* dan *drilling* menjadi tidak sesuai spesifikasi ketika tiba-tiba mesin mengalami kerusakan. Oleh karena itu perusahaan perlu melakukan tindakan *Preventive Maintenance* (PM). PM secara luas digunakan untuk mengurangi kerusakan aset dan mengurangi risiko kegagalan tak terduga. Strategi pada PM bisa dibedakan menjadi dua, yaitu *Time Based Maintenance* (TBM), dimana pemeliharaan berlangsung pada interval waktu yang telah ditentukan dan juga *Condition Based Maintenance* (CPM), dimana pemeliharaan didorong oleh informasi yang dikumpulkan melalui proses pemantauan dan proses penginderaan yang baik (baik manual ataupun otomatis). Tantangan yang dihadapi oleh perusahaan dalam penerapan PM ini adalah mencapai keseimbangan terbaik antara jenis perawatan dan meminimalkan biaya perawatan secara keseluruhan.

d. Pemahaman prosedur pengambilan barang impor pada bagian pengadaan

Untuk dapat mencegah lamanya bahan baku tertahan di pelabuhan, perlu dilakukan pemahaman prosedur administrasi pada bagian pengadaan di perusahaan dengan cara memberikan sosialisasi kepada seluruh karyawan yang ada pada bagian pengadaan. Jika karyawan pada bagian pengadaan telah mampu memahami prosedur administrasi pengambilan barang dengan baik, maka akan sangat membantu perusahaan dalam mengurangi *waste waiting*, karena bahan baku tidak tertahan lama di pelabuhan dan bisa cepat digunakan.

e. Penekanan mengenai konsekuensi kesalahan

Pada kondisi eksisting diperusahaan, PT Swadaya Graha telah memiliki SOP (*Standard Operating Procedure*) yang dibuat perusahaan agar semua proses yang dilakukan dan dijalankan oleh para karyawan sesuai dengan standar yang diinginkan oleh perusahaan. Para karyawan sebagian besar juga telah memahami SOP tersebut karena sudah mendapatkan sosialisasi dari perusahaan, akan tetapi tetap ada beberapa operator pada pengerjaan proyek yang masih belum mentaati aturan yang ada. Hal ini menyebabkan beberapa proses seperti *cutting* dan *drilling* menghasilkan produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi perusahaan dan berakibat pada adanya pengerjaan ulang dan beberapa material menjadi tidak terpakai. Oleh karena itu perlu ada sebuah tindakan hukuman, seperti denda dari perusahaan kepada para operator yang tidak menjalankan tugasnya sesuai dengan SOP yang ada, agar operator lebih berhati-hati dalam menjalankan tugasnya.

4.7 Penjadwalan Proyek Menggunakan Metode *Critical Chain Project Management*

Penjadwalan dengan menggunakan metode *critical chain project management* bertujuan untuk menghindari masalah-masalah yang mungkin terjadi seperti *student's syndrome* dan *parkinson law* yang nantinya dapat mengakibatkan keterlambatan proyek. Pada kondisi eksisting, perusahaan menempatkan waktu cadangan pada masing-masing aktivitas sehingga dapat mengakibatkan terjadinya *student's syndrome*.

Pada proyek pembuatan *Unloading System Conveyor BC3* ini, terdapat beberapa alat pengendali proyek yang berfungsi untuk memonitoring kinerja proyek. Alat pengendali yang digunakan pada perusahaan dalam proyek pembuatan *Unloading System Conveyor BC3* sebagai berikut.

1. Jadwal Pelaksanaan

Jadwal pelaksanaan yang digunakan adalah master *schedule* yang dibuat oleh Bapak Yunaidi sebagai *project control*. Master *schedule* ini dibuat dalam bentuk rincian-rincian kegiatan dan juga ditampilkan dalam bentuk kurva-s yang menunjukkan

progress pekerjaan. Dari kurva tersebut dapat diketahui apakah proyek berlangsung lebih cepat ataukah lebih lambat dari jadwal yang sebelumnya telah ditetapkan.

2. Laporan Kegiatan

Laporan kegiatan adalah hasil *monitoring* terhadap pekerjaan yang sudah diselesaikan.

Terdapat dua jenis laporan kegiatan, yaitu laporan lisan dan laporan tertulis.

3. Rapat Proyek

Rapat proyek berfungsi sebagai sarana komunikasi antara seluruh pihak yang terlibat dalam proses pengerjaan proyek *Unloading System Conveyor BC3* yang berupa rapat eksternal dan rapat internal.

4.7.1 Penjadwalan Awal Proyek

Sebelum melakukan penjadwalan dengan metode *critical chain project management*, dapat dilihat terlebih dahulu penjadwalan eksisting proyek yang telah disusun oleh pihak perusahaan dengan menggunakan *Ms. Project* yaitu:

Tabel 4.9
Penjadwalan Eksisting Proyek

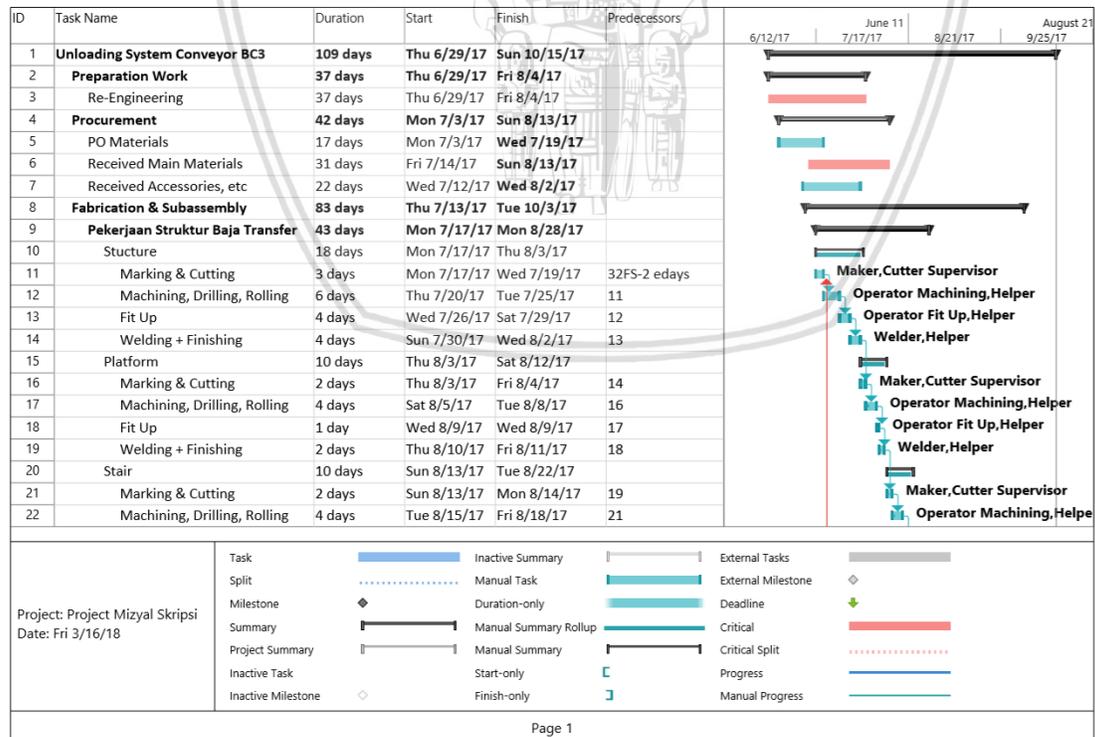
Aktivitas	Task Name	Duration	Predecessor
UNLOADING SYSTEM CONVEYOR BC3		109 days	
PREPARATION WORK		37 days	
A1	<i>Re-Engineering</i>	37 days	
PROCUREMENT		42 days	
B1	<i>PO Materials</i>	17 days	
B2	<i>Received Main Materials</i>	31 days	
B3	<i>Received Accessories, etc</i>	22 days	
FABRICATION & SUBASSEMBLY		83 days	
Pekerjaan Struktur Baja Transfer Tower 3		43 days	
<i>Stucture</i>		18 days	
C1	<i>Marking & Cutting</i>	3 days	D1FS-2 edays
C2	<i>Machining, Drilling, Rolling</i>	6 days	C1
C3	<i>Fit Up</i>	4 days	C2
C4	<i>Welding + Finishing</i>	4 days	C3
<i>Platform</i>		10 days	
C5	<i>Marking & Cutting</i>	2 days	C4
C6	<i>Machining, Drilling, Rolling</i>	4 days	C5
C7	<i>Fit Up</i>	1 day	C6
C8	<i>Welding + Finishing</i>	3 days	C7
<i>Stair</i>		10 days	
C9	<i>Marking & Cutting</i>	2 days	C8
C10	<i>Machining, Drilling, Rolling</i>	4 days	C9
C11	<i>Fit Up</i>	2 days	C10
C12	<i>Welding + Finishing</i>	2 days	C11
<i>Handrail</i>		6 days	

Aktivitas	Task Name	Duration	Predecessor
C13	<i>Marking & Cutting</i>	1 day	C12
C14	<i>Machining, Drilling, Rolling</i>	2 days	C13
C15	<i>Fit Up</i>	1 day	C14
C16	<i>Welding + Finishing</i>	2 days	C15
Pekerjaan Struktur Baja Transfer Tower 4		53 days	
<i>Stucture</i>		23 days	
D1	<i>Marking & Cutting</i>	6 days	C16
D2	<i>Machining, Drilling, Rolling</i>	10 days	D1
D3	<i>Fit Up</i>	4 days	D2
D4	<i>Welding + Finishing</i>	3 days	D3
<i>Platform</i>		14 days	
D5	<i>Marking & Cutting</i>	4 days	D4
D6	<i>Machining, Drilling, Rolling</i>	6 days	D5
D7	<i>Fit Up</i>	2 days	D6
D8	<i>Welding + Finishing</i>	2 days	D7
<i>Stair</i>		9 days	
D9	<i>Marking & Cutting</i>	2 days	D8
D10	<i>Machining, Drilling, Rolling</i>	4 days	D9
D11	<i>Fit Up</i>	2 days	D10
D12	<i>Welding + Finishing</i>	1 day	D11
<i>Handrail</i>		7 days	
D13	<i>Marking & Cutting</i>	2 days	D12
D14	<i>Machining, Drilling, Rolling</i>	3 days	D13,C16
D15	<i>Fit Up</i>	1 day	D14
D16	<i>Welding + Finishing</i>	1 day	D15
Pekerjaan Struktur Baja Gallery & Support		30 days	
Gallery Support 311 BC 3		30 days	
<i>Stucture</i>		10 days	
D17	<i>Marking & Cutting</i>	3 days	D4
D18	<i>Machining, Drilling, Rolling</i>	4 days	D17
D19	<i>Fit Up</i>	1 day	D18
D20	<i>Welding + Finishing</i>	2 days	D19
<i>Platform</i>		8 days	
D21	<i>Marking & Cutting</i>	3 days	D20
D22	<i>Machining, Drilling, Rolling</i>	2 days	D21
D23	<i>Fit Up</i>	1 day	D22
D24	<i>Welding + Finishing</i>	2 days	D23
<i>Handrail</i>		7 days	
D25	<i>Marking & Cutting</i>	1 day	D24
D26	<i>Machining, Drilling, Rolling</i>	3 days	D25
D27	<i>Fit Up</i>	2 days	D26
D28	<i>Welding + Finishing</i>	1 day	D27
<i>Ladder</i>		5 days	
D29	<i>Marking & Cutting</i>	1 day	D28
D30	<i>Machining, Drilling, Rolling</i>	2 days	D29
D31	<i>Fit Up</i>	1 day	D30

Aktivitas	Task Name	Duration	Predecessor
D32	<i>Welding + Finishing</i>	1 day	D31
Gallery Conveyor 311 BC 3		36 days	
<i>Gallery</i>		14 days	
E1	<i>Marking & Cutting</i>	4 days	D3
E2	<i>Machining, Drilling, Rolling</i>	6 days	E1
E3	<i>Fit Up</i>	2 days	E2
E4	<i>Welding + Finishing</i>	2 days	E3
<i>Walkway</i>		10 days	
E5	<i>Marking & Cutting</i>	3 days	E4
E6	<i>Machining, Drilling, Rolling</i>	3 days	E5
E7	<i>Fit Up</i>	2 days	E6
E8	<i>Welding + Finishing</i>	2 days	E7
<i>Stair</i>		7 days	
E9	<i>Marking & Cutting</i>	1 day	E8
E10	<i>Machining, Drilling, Rolling</i>	3 days	E9
E11	<i>Fit Up</i>	2 days	E10
E12	<i>Welding + Finishing</i>	1 day	E11,D32,D15
<i>Handrail</i>		5 days	
E13	<i>Marking & Cutting</i>	1 day	E12
E14	<i>Machining, Drilling, Rolling</i>	2 days	E13
E15	<i>Fit Up</i>	1 day	E14
E16	<i>Welding + Finishing</i>	1 day	E15
Pekerjaan Steel Structure Hopper		24 days	
<i>Structure</i>		9 days	
F1	<i>Marking & Cutting</i>	2 days	E16
F2	<i>Machining, Drilling, Rolling</i>	4 days	F1
F3	<i>Fit Up</i>	2 days	F2
F4	<i>Welding + Finishing</i>	1 day	F3
<i>Platform</i>		6 days	
F5	<i>Marking & Cutting</i>	1 day	F4
F6	<i>Machining, Drilling, Rolling</i>	2 days	F5
F7	<i>Fit Up</i>	1 day	F6
F8	<i>Welding + Finishing</i>	2 days	F7
<i>Stair</i>		5 days	
F9	<i>Marking & Cutting</i>	1 day	F8
F10	<i>Machining, Drilling, Rolling</i>	2 days	F9
F11	<i>Fit Up</i>	1 day	F10
F12	<i>Welding + Finishing</i>	1 day	F11
<i>Handrail</i>		4 days	
F13	<i>Marking & Cutting</i>	1 day	F12
F14	<i>Machining, Drilling, Rolling</i>	1 day	F13
F15	<i>Fit Up</i>	1 day	F14
F16	<i>Welding + Finishing</i>	1 day	F15
Additional Alternatif Feeding Clinker		17 days	
G1	<i>Bag Filter C/W Fan</i>	10 days	F1
G2	<i>Diverter Gate Motorized</i>	7 days	G1

Aktivitas	Task Name	Duration	Predecessor
PAINTING		37 days	
H1	Primer Painting	29 days	C16,D12,D27,E8
H2	Finish Painting	8 days	H1
INSPECTION		8 days	
I1	Inspection	8 days	
PACKING & DELIVERY		8 days	
J1	Packing & Delivery	8 days	

Pada Tabel 4.9 dapat dilihat penjadwalan proyek yang sudah direncanakan oleh perusahaan dalam pembuatan *Unloading System Conveyor BC3*. Tabel *task name* memperlihatkan aktivitas-aktivitas apa saja yang akan dilakukan oleh perusahaan dalam membuat produk *Unloading System Conveyor BC3*. Tabel *duration* memperlihatkan durasi lamanya pengerjaan pada masing-masing aktivitas. Tabel *predecessor* memperlihatkan hubungan antar setiap aktifitas. Jumlah hari yang dibutuhkan dalam menyelesaikan produk sampai produk dikirim ke *customer* adalah 109 hari, yaitu dimulai dari tanggal 29 Juni 2017 sampai tanggal 15 Oktober 2017. Aktivitas dimulai dengan pembuatan gambar desain *Unloading System Conveyor BC3* dan diakhiri dengan proses pengiriman oleh perusahaan ke pihak PT Semen Cigading. Berikut merupakan bagian *gant chart* dari proyek *Unloading System Conveyor BC3*.



Gambar 4.7 Gantt chart proyek pembuatan *Unloading System Conveyor BC3*

Pada Gambar 4.5 ditampilkan *gant chart* dari proyek pembuatan *Unloading System Conveyor BC3* dan untuk lebih lengkapnya terdapat pada Lampiran 2. Tampilan *gant chart* ini memperlihatkan urutan proses pengerjaan proyek. Pada penjadwalan eksisting proyek, beberapa aktivitas ada yang dikerjakan secara bersamaan seperti pada proses *marking & cutting* pada sub kegiatan *structure transfer tower 3* dan proses *marking & cutting* pada sub *structure transfer tower 4*. Selain itu sebagian besar aktivitas memiliki ketergantungan yang disebabkan oleh sifat kegiatan itu sendiri. Sebagai contoh untuk memulai proses *machining, drilling, rolling* pada sub kegiatan *structure transfer tower 3*, maka proses *marking & cutting* harus selesai 100% terlebih dahulu. Begitu juga pada proses selanjutnya, dimana proses *fit up* akan dimulai apabila proses *machining, drilling, rolling* sudah selesai 100%. Untuk keterangan rantai kritis ditandai dengan rantai yang berwarna merah dimana apabila salah satu kegiatan yang ada pada rantai tersebut mengalami keterlambatan, maka akan menyebabkan kemunduran dari penyelesaian proyek, sedangkan rantai yang berwarna biru adalah rantai non kritis. Pada akar penyebab *waste* kritis *database* pemasok tidak dikelola dengan baik masuk dalam kategori *extreme*, maka perlu dilakukan penjadwalan ulang dengan *critical chain project management* pada aktivitas *preparation work* dan aktivitas *procurement* serta pemberian *buffer time* untuk melindungi ketidakpastian yang berpotensi menimbulkan keterlambatan target penyelesaian proyek.

4.7.2 Penjadwalan Ulang Menggunakan *Critical Chain Project Management*

Dalam pembuatan jadwal pengerjaan proyek pembuatan *Unloading System Conveyor BC3* dengan metode CCPM, langkah pertama yang harus dilakukan adalah menghilangkan waktu pengaman (*hidden safety*) menggunakan 50% probabilitas waktu pelaksanaan untuk menyelesaikan setiap pekerjaan, yaitu dengan mencari selisih antara waktu sebenarnya dengan waktu estimasi rata-rata. Menghilangkan waktu pengaman di tiap aktivitas dilakukan dengan berdiskusi langsung dengan *project control* dari proyek *Unloading System Conveyor BC3*, sehingga nantinya akan didapatkan waktu optimis, waktu pesimis dan waktu *most likely*. Waktu optimis adalah waktu paling minimum dari suatu kegiatan dan beranggapan bahwa semuanya akan berjalan dengan baik. Waktu pesimis adalah waktu maksimal yang dibutuhkan pada suatu kegiatan dan beranggapan bahwa situasi terburuk akan terjadi. Waktu *most likely* adalah waktu normal untuk menyelesaikan sebuah kegiatan. Waktu eksisting yang ditetapkan perusahaan sebagai durasi pada setiap aktivitas sendiri termasuk pada waktu pesimis karena perusahaan beranggapan bahwa situasi terburuk nantinya akan terjadi. Tabel

4.10 akan menunjukkan perbandingan durasi waktu antara waktu sebenarnya dengan waktu optimis dan waktu *most likely* dari masing-masing aktivitas pada rantai kritis.

Tabel 4.10

Perbandingan Durasi Waktu Sebenarnya Dengan Waktu Optimis dan *Most Likely* Pada Rantai Kritis

Aktifitas	Task Name	Durasi		
		Pesimitics (S)	Optimistic (O)	Most Likely (M)
Pekerjaan Struktur Baja Transfer Tower 4				
Structure				
D1	Marking & Cutting	6	4	5
D2	Machining, Drilling, Rolling	10	6	8
D3	Fit Up	4	3	4
D4	Welding + Finishing	3	2	3
Platform				
D5	Marking & Cutting	4	3	3
D6	Machining, Drilling, Rolling	6	4	4
D7	Fit Up	2	2	2
D8	Welding + Finishing	2	1	2
Stair				
D9	Marking & Cutting	2	2	2
D10	Machining, Drilling, Rolling	4	2	3
D11	Fit Up	2	2	2
D12	Welding + Finishing	1	1	1
Handrail				
D13	Marking & Cutting	2	2	2
D14	Machining, Drilling, Rolling	3	2	3
D15	Fit Up	1	1	1
D16	Welding + Finishing	1	1	1
Pekerjaan Struktur Baja Gallery Conveyor				
Gallery Conveyor 311 BC 3				
Gallery				
E1	Marking & Cutting	4	3	3
E2	Machining, Drilling, Rolling	6	4	5
E3	Fit Up	2	2	2
E4	Welding + Finishing	2	1	2
Walkway				
E5	Marking & Cutting	3	2	2
E6	Machining, Drilling, Rolling	3	3	3
E7	Fit Up	2	2	2
E8	Welding + Finishing	2	2	2
Stair				
E9	Marking & Cutting	1	1	1
E10	Machining, Drilling, Rolling	3	2	2
E11	Fit Up	2	1	2
E12	Welding + Finishing	1	1	1

Aktifitas	Task Name	Durasi		
		Pesimitics (S)	Optimistic (O)	Most Likely (M)
Handrail				
E13	Marking & Cutting	1	1	1
E14	Machining, Drilling, Rolling	2	2	2
E15	Fit Up	1	1	1
E16	Welding + Finishing	1	1	1
Pekerjaan Steel Structure Hopper				
Structure				
F1	Marking & Cutting	2	2	2
F2	Machining, Drilling, Rolling	4	3	3
F3	Fit Up	2	2	2
F4	Welding + Finishing	1	1	1
Platform				
F5	Marking & Cutting	1	1	1
F6	Machining, Drilling, Rolling	2	1	2
F7	Fit Up	1	1	1
F8	Welding + Finishing	1	1	1
Stair				
F9	Marking & Cutting	1	1	1
F10	Machining, Drilling, Rolling	2	1	2
F11	Fit Up	1	1	1
F12	Welding + Finishing	1	1	1
Handrail				
F13	Marking & Cutting	1	1	1
F14	Machining, Drilling, Rolling	1	1	1
F15	Fit Up	1	1	1
F16	Welding + Finishing	1	1	1
Additional Alternatif Feeding Clinker				
G1	Bag Filter C/W Fan	10	8	9
G2	Diverter Gate Motorized	7	4	5
Painting				
H1	Primer Painting	29	15	20
H2	Finish Painting	8	5	6
Inspection				
I1	Inspection	8	5	6
Packing & Delivery				
J1	Packing & Delivery	8	6	7

Pada Tabel 4.11 menunjukkan perbandingan durasi waktu antara waktu sebenarnya dengan waktu optimis dan waktu *most likely* dari masing-masing aktivitas pada rantai non kritis.



Tabel 4.11
Perbandingan Durasi Waktu Sebenarnya Dengan Waktu Optimis dan *Most Likely* Pada Rantai Non Kritis

Aktifitas	Task Name	Durasi		
		Pesimitics(S)	Optimistic (O)	Most Likely (M)
Pekerjaan Struktur Baja Transfer Tower 3				
<i>Stucture</i>				
C1	<i>Marking & Cutting</i>	3	2	2
C2	<i>Machining, Drilling, Rolling</i>	6	4	5
C3	<i>Fit Up</i>	4	2	2
C4	<i>Welding + Finishing</i>	4	2	3
<i>Platform</i>				
C5	<i>Marking & Cutting</i>	2	2	2
C6	<i>Machining, Drilling, Rolling</i>	4	3	3
C7	<i>Fit Up</i>	1	1	1
C8	<i>Welding + Finishing</i>	3	2	2
<i>Stair</i>				
C9	<i>Marking & Cutting</i>	2	2	2
C10	<i>Machining, Drilling, Rolling</i>	4	3	3
C11	<i>Fit Up</i>	2	2	2
C12	<i>Welding + Finishing</i>	2	2	2
<i>Handrail</i>				
C13	<i>Marking & Cutting</i>	1	1	1
C14	<i>Machining, Drilling, Rolling</i>	2	1	1
C15	<i>Fit Up</i>	1	1	1
C16	<i>Welding + Finishing</i>	2	1	1
Pekerjaan Struktur Baja Gallery dan Support				
Gallery Support 311 BC 3				
<i>Stucture</i>				
D17	<i>Marking & Cutting</i>	3	2	3
D18	<i>Machining, Drilling, Rolling</i>	4	3	3
D19	<i>Fit Up</i>	1	1	1
D20	<i>Welding + Finishing</i>	2	1	2
<i>Platform</i>				
D21	<i>Marking & Cutting</i>	3	2	2
D22	<i>Machining, Drilling, Rolling</i>	2	2	2
D23	<i>Fit Up</i>	1	1	1
D24	<i>Welding + Finishing</i>	2	1	2
<i>Handrail</i>				
D25	<i>Marking & Cutting</i>	1	1	1
D26	<i>Machining, Drilling, Rolling</i>	3	2	3

Aktifitas	Task Name	Durasi		
		Pesimitics(S)	Optimistic (O)	Most Likely (M)
D27	Fit Up	2	2	2
D28	Welding + Finishing	1	1	1
Ladder				
D29	Marking & Cutting	1	1	1
D30	Machining, Drilling, Rolling	2	2	2
D31	Fit Up	1	1	1
D32	Welding + Finishing	1	1	1

Setelah didapatkan waktu optimis dari masing-masing aktivitas yang ada, maka langkah selanjutnya adalah menghitung *project buffer* dan juga *feeding buffer*. *Project buffer* digunakan untuk melindungi pekerjaan-pekerjaan yang berada pada rantai kritis. Sedangkan *feeding buffer* digunakan untuk melindungi rantai kritis apabila ada pekerjaan non kritis yang menjadi *precedence activity*.

Untuk perhitungan *buffer time* digunakan rumus sebagai berikut.

$$2\sigma = 2x \sqrt{\left(\frac{S1-A1}{2}\right)^2 + \left(\frac{S2-A2}{2}\right)^2 + \dots + \left(\frac{Sn-An}{2}\right)^2}$$

Keterangan:

2σ = Ukuran *buffer*

S = Waktu aman (Pesimis)

A = Estimasi waktu rata-rata

A = (S + 4M + O) / 6

1. Perhitungan *Feeding Buffer*

a. Pekerjaan Struktur Baja *Transfer Tower 3*

$$2\sigma = 2x \sqrt{\left(\frac{Sc1-Ac1}{2}\right)^2 + \left(\frac{Sc2-Ac2}{2}\right)^2 + \dots + \left(\frac{Sc16-Ac16}{2}\right)^2}$$

$$2\sigma = 2x \sqrt{2,077}$$

$$2\sigma = 2x 1,441$$

$$2\sigma = 2,88 \text{ (dibulatkan menjadi 3 hari)}$$

b. *Gallery Support 311 BC3*

$$2\sigma = 2x \sqrt{\left(\frac{Sd17-Ad17}{2}\right)^2 + \left(\frac{Sd18-Ad18}{2}\right)^2 + \dots + \left(\frac{Sd32-Ad32}{2}\right)^2}$$

$$2\sigma = 2x \sqrt{0,8}$$



$$2\sigma=2 \times 0,89$$

$$2\sigma=1,78 \text{ (dibulatkan menjadi 2 hari)}$$

2. Perhitungan *Project Buffer*

a. Pekerjaan Struktur Baja *Transfer Tower 4*

$$2\sigma=2 \times \sqrt{\left(\frac{Sd1-Ad1}{2}\right)^2 + \left(\frac{Sd2-Ad2}{2}\right)^2 + \dots + \left(\frac{Sd16-Ad16}{2}\right)^2}$$

$$2\sigma=2 \times \sqrt{2,86}$$

$$2\sigma=2 \times 1,691$$

$$2\sigma=3,38 \text{ (dibulatkan menjadi 4 hari)}$$

b. *Gallery Conveyor 311 BC3*

$$2\sigma=2 \times \sqrt{\left(\frac{Se1-Ae1}{2}\right)^2 + \left(\frac{Se2-Ae2}{2}\right)^2 + \dots + \left(\frac{Se16-Ae16}{2}\right)^2}$$

$$2\sigma=2 \times \sqrt{1,925}$$

$$2\sigma=2 \times 1,387$$

$$2\sigma=2,77 \text{ (dibulatkan menjadi 3 hari)}$$

c. Pekerjaan *Steel Structure Hopper*

$$2\sigma=2 \times \sqrt{\left(\frac{Sf1-Af1}{2}\right)^2 + \left(\frac{Sf2-Af2}{2}\right)^2 + \dots + \left(\frac{Sf16-Af16}{2}\right)^2}$$

$$2\sigma=2 \times \sqrt{0,63}$$

$$2\sigma=2 \times 0,793$$

$$2\sigma=1,58 \text{ (dibulatkan menjadi 2 hari)}$$

d. *Additional Feeding Clinker, Painting, Inspection, Packing & Delivery*

$$2\sigma=2 \times \sqrt{\left(\frac{Sg1-Ag1}{2}\right)^2 + \left(\frac{Sg2-Ag2}{2}\right)^2 + \dots + \left(\frac{Sj1-Aj1}{2}\right)^2}$$

$$2\sigma=2 \times \sqrt{6,08}$$

$$2\sigma=2 \times 2,46$$

$$2\sigma=4,93 \text{ (dibulatkan menjadi 5 hari)}$$

Dari perhitungan *buffer* pada rantai non kritis dan menghasilkan jumlah *feeding buffer* sebanyak 5 hari. Dimana langkah awal dari cara perhitungannya adalah dengan menghitung

estimasi waktu rata-ratanya. Dari perhitungan *buffer* menggunakan rumus tersebut, maka dihasilkan durasi dari *project buffer* adalah sebesar 14 hari.

Penjadwalan menggunakan *critical chain project management* dilakukan dengan melakukan pemotongan durasi menggunakan probabilitas 50%. Penjadwalan ulang dan alokasi *feeding* dan *project buffer* dapat dilihat pada Lampiran 3. *Feeding buffer* ditempatkan pada akhir sub kegiatan Pekerjaan Struktur Baja *Transfer Tower 3* dan *Gallery Support 311 BC 3*. Hal ini disebabkan karena 2 sub kegiatan tersebut merupakan rantai non kritis, sehingga perlu diberikan *feeding buffer* untuk tetap menjaga rantai kritis berjalan sesuai yang direncanakan. *Feeding buffer* yang diberikan pada 2 sub kegiatan tersebut masing-masing adalah 3 dan 2 hari. Sedangkan untuk *project buffer* dialokasikan pada akhir dari seluruh kegiatan proyek. Hasil perhitungan *project buffer* adalah 14 hari. Dari hasil penjadwalan ulang dengan menggunakan metode *critical chain project management* didapatkan jika lamanya proyek berlangsung adalah 74 hari.

4.8 Analisis dan Pembahasan

Pada proyek *unloading system conveyor BC3* analisis dilakukan pada hasil *waste* kritis yang didapatkan pengolahan kuisioner menggunakan metode Borda. Selanjutnya akan dilakukan analisis *waste* kritis dengan menggunakan *root cause analysis* dan *risk management*, setelah itu dilakukan *improve* mengenai rekomendasi-rekomendasi yang diberikan. Setelah mengetahui proses apa saja yang masih mengalami keterlambatan, maka selanjutnya adalah mengidentifikasi *waste* apa saja yang terjadi pada proses-proses tersebut sehingga menyebabkan adanya keterlambatan. Hal ini dilakukan dengan menyebarkan kuisioner kepada 5 orang karyawan pada perusahaan. Dari data kuisioner tersebut, akan bisa diketahui *waste* mana yang kritis, yaitu dengan menggunakan metode Borda. Semakin tinggi bobot dari sebuah *waste*, maka menunjukkan apabila *waste* tersebut adalah salah satu *waste* yang harus segera diberi penanganan. Berdasarkan perhitungan *waste* kritis dengan menggunakan metode Borda yang telah dilakukan, didapatkan jika bobot tertinggi adalah pada *waste waiting* dan *waste defect*. *Waste waiting* memiliki bobot 0,226, sedangkan *waste defect* memiliki bobot 0,220. Hal ini menunjukkan apabila *waste* kritis yang ada di proyek pembuatan *Unloading System Conveyor BC3* adalah *waiting* dan *defect*. Jenis *waste* lain seperti *excess processing*, *inventory* dan *not utilizing skill abilities* tetap masih terjadi pada perusahaan, namun dampak yang diakibatkan oleh *waste* tersebut tidak sebesar dampak *waste waiting* dan *waste defect*. Setelah *waste* yang paling berpengaruh (*critical waste*) telah dapat diidentifikasi, maka langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi faktor-faktor yang

menyebabkan *waste* tersebut terjadi. Dalam menganalisa faktor-faktor yang menyebabkan *waste* terjadi selama pelaksanaan proyek, digunakan metode *Root Cause Analysis* (RCA).

Hasil analisa didapatkan apabila akar penyebab *waste* dari terjadinya *waste* kritis *waiting* dan *defect* adalah database pemasok yang tidak dikelola dengan baik, lamanya mengurus dokumen perizinan, operator yang kurang teliti, kurang koordinasi dengan konsumen, kurangnya kontrol terhadap mata *drill*, kurangnya keahlian dari operator, dan kurangnya kontrol perawatan terhadap mesin. Dalam menentukan prioritas akar penyebab *waste* terjadinya *waste*, *tools* yang akan digunakan adalah *risk management*. Setiap proyek memiliki tujuan yang unik dan menimbulkan permasalahan pada elemen signifikannya, yang tidak pernah dialami sebelumnya. Hal ini berlaku khususnya jika *uncertain condition* terjadi, sehingga akan menimbulkan akar penyebab *waste* proyek yang dapat mempengaruhi tujuan proyek. Pada umumnya potensi akar penyebab *waste* pada proyek baru dapat diselesaikan berdasarkan pengalaman dari proyek lain yang memiliki kesamaan. Manajemen risiko adalah langkah yang efektif untuk mengelola situasi kritis. Dengan menggunakan pendekatan manajemen risiko, tim mampu mengambil langkah positif untuk meminimalkan konsekuensi dari akar penyebab *waste* yang terwujud. Salah satu metode yang biasa digunakan pada penilaian akar penyebab *waste* secara kualitatif adalah *impact probability matrix*. Teknik pada metode ini adalah melakukan penilaian *score* terhadap *likelihood* serta *impact* dari berbagai macam kategori akar penyebab *waste* yang telah diidentifikasi oleh manajer atau anggota proyek. Pada akar penyebab *waste* kritis *database* pemasok tidak dikelola dengan baik masuk dalam kategori *extreme*, Alternatif pertama yang diusulkan adalah menempatkan seseorang yang benar-benar bertanggung jawab dan memiliki kemampuan untuk mengelola database *supplier* dengan baik serta menambahkan *features* AHP untuk pengambilan keputusan dalam memilih *supplier*. Alternatif kedua adalah pemberian *buffer time* yang dilakukan dengan metode *critical chain project management*.

Dari hasil penjadwalan ulang dengan menggunakan metode *critical chain project management*, dapat diketahui jika proyek dapat terselesaikan dalam waktu hari, termasuk dengan *buffer time*. Apabila dibandingkan dengan penjadwalan eksisting, penjadwalan dengan menggunakan CCPM akan lebih menghemat waktu karena lebih cepat 35 hari dari penjadwalan eksisting, yaitu 109 hari. Dan apabila *buffer time* tidak terpakai sama sekali, maka durasi proyek akan menjadi lebih cepat lagi, yaitu selama 55 hari. Dari sisi perusahaan, percepatan durasi penyelesaian proyek yang didapatkan dari penjadwalan ulang dengan metode CCPM akan dapat berakibat pada berkurangnya biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan untuk membayar tenaga kerja. Selain itu adanya waktu optimis yang digunakan

pada metode CCPM ini akan membuat pekerja pada perusahaan menjadi bekerja lebih optimal karena waktu optimis adalah waktu anggapan dimana tidak akan terjadi masalah sama sekali pada setiap aktivitas perusahaan. Tetapi pada metode CCPM akan tetap diberikan waktu penyangga (*buffer time*) yaitu sebesar 19 hari untuk tetap menjamin penyelesaian proyek tepat pada waktunya. *Buffer time* ini akan digunakan apabila dalam pengerjaan proyek, perusahaan mengalami masalah dan membutuhkan waktu lebih lama dalam menyelesaikan sebuah aktivitas.

Pada metode *critical chain project management*, alat pengendalian penjadwalan ini adalah sebuah *buffer management* yang digunakan untuk mengendalikan pemakaian waktu penyangga (*buffer time*). Banyaknya konsumsi waktu penyangga akan mempengaruhi tindakan apa nantinya yang akan diambil oleh pihak perusahaan. Jumlah *buffer time* yang terpakai akan dipetakan pada zona konsumsi *buffer* seperti yang dijelaskan pada subbab 2.9.2.4. Pemetaan durasi pemakaian *buffer* dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12

Zona Konsumsi *Buffer Time*

Zona Pemakaian <i>Buffer</i>	<i>Buffer</i>	Durasi Yang Telah Terpakai (Hari)
0% - 33%	19	1 - 7
34% - 66%	19	8 - 14
67% - 100%	19	15 - 19

Ketika pemakaian waktu *buffer* sudah berada pada interval waktu antara lima belas sampai sembilan belas, maka akan masuk pada zona merah yang berarti proyek akan berisiko terlambat dari yang dijadwalkan dan sudah harus melakukan sebuah tindakan agar proyek tidak mengalami keterlambatan. Sedangkan apabila pemakaian waktu *buffer* masih berada pada interval waktu antara delapan sampai empat belas hari, maka akan masuk pada zona kuning yang berarti aman. Pada zona kuning ini perusahaan harus merencanakan langkah-langkah apa saja yang harus ditempuh agar *buffer* tidak terpakai seluruhnya. Ketika pemakaian waktu *buffer* masih berada pada interval waktu antara satu sampai tujuh hari, maka akan masuk pada zona hijau yang berarti proyek akan selesai lebih cepat. Pada zona hijau ini perusahaan dalam keadaan aman dan *on schedule*.



Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB V PENUTUP

Bagian penutup ini berisi mengenai kesimpulan dan saran berdasarkan hasil dari analisa dan pembahasan penelitian yang telah dilakukan.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian terhadap proyek pembangunan gudang maka dihasilkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Dari hasil pengolahan data terdapat banyak *waste* yang terjadi pada proyek *Unloading Conveyor BC3* dan *waste* kritis yang terjadi selama proyek pengerjaan adalah *waste waiting* dan *waste defect*. Hasil analisa didapatkan apabila akar penyebab *waste* dari terjadinya *waste* kritis *waiting* dan *defect* adalah database pemasok yang tidak dikelola dengan baik, lamanya mengurus dokumen perizinan, operator yang kurang teliti, kurang koordinasi dengan konsumen, kurangnya kontrol terhadap mata *drill*, kurangnya keahlian dari operator, kurangnya kontrol perawatan terhadap mesin dan kurangnya kontrol terhadap pengiriman barang.
2. Berdasarkan pengolahan data meminimumkan *waste* yang terjadi langkah awal adalah dengan mencari akar penyebab *waste* kritis. Pada akar penyebab *waste* kritis *database* pemasok tidak dikelola dengan baik masuk dalam kategori *extreme*, Alternatif pertama yang diusulkan adalah menempatkan seseorang yang benar-benar bertanggung jawab dan memiliki kemampuan untuk mengelola database *supplier* dengan baik serta menambahkan *features* AHP untuk pengambilan keputusan dalam memilih *supplier*.

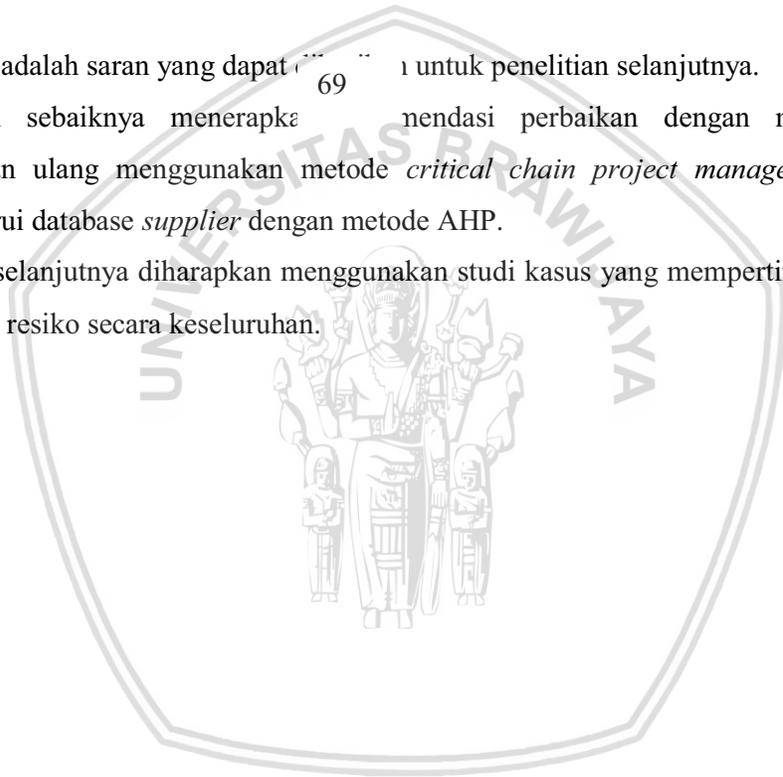
Alternatif kedua adalah pemberian *buffer time* yang dilakukan dengan metode *critical chain project management*.

3. Berdasarkan pada penjadwalan ulang dengan menggunakan metode *critical chain project management*, didapatkan percepatan durasi proyek 35 hari dari yang awalnya 109 hari menjadi hanya 74 hari. Durasi waktu 74 hari ini sudah termasuk dengan *buffer* selama 19 hari. Oleh karena itu apabila perusahaan mampu meminimasi pemakaian *buffer*, maka proyek akan dapat diselesaikan lebih cepat dari 74 hari. Apabila *buffer time* terpakai antara 14-19 hari, maka perusahaan sudah harus mengimplementasikan tindakan yang telah direncanakan agar proyek tidak mengalami keterlambatan.

5.2 Saran

Berikut ini adalah saran yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya.

1. Perusahaan sebaiknya menerapkan metode *critical chain project management* untuk meminimasi perbaikan dengan melakukan penjadwalan ulang menggunakan metode *critical chain project management* dan memperbarui database *supplier* dengan metode AHP.
2. Penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan studi kasus yang mempertimbangkan identifikasi resiko secara keseluruhan.



DAFTAR PUSTAKA

- Baskara, D.B. dan Noer, B.A. 2012. Perencanaan dan Pengendalian Proyek Periklanan menggunakan Lean Critical Chain Project Management dan S-Curve Monitoring. *Jurnal Teknik Pomits* 1(1), 1-6.
- Busyral, Muhammad. 2012. *Perencanaan Dan Pengendalian Proyek Konstruksi Menggunakan CCPM Dan Lean Construction Untuk Meminimasi Waste (Studi Kasus : Pembangunan Gedung Bppkb Tahap 2)*. Tugas Akhir. Surabaya: Teknik Industri ITS.
- Gasperz, V. 2007. *Lean six sigma for Manufacturing and Services Industries*. Jakarta: PT..Gramedia Pustaka Utama.
- Gray, Clifford, A. & Larson, Erik W. 2007. *Manajemen Proyek Proses Manajerial*. Yogyakarta Andi.
- Hariadi, Ilham. 2013. *Analisa Penjadwalan Proyek Apartemen Tamansari Panoramic Bandung dengan Menggunakan Metode Critical Chain Project Management*. Skripsi. Malang: Universitas Brawijaya.
- Hillson, D. A., Hulett D. T. 2004. Assessing Risk Probability: Alternative Approaches , *PMI Global Congress Proceedings – Prague, Czech Republic*.
- Husen, Abrar. 2008. *Manajemen Proyek Perencanaan Penjadwalan & Pengendalian Proyek*. Yogyakarta: Andi.
- Koskela, L., Stratton, R., & Koskenvesa, A. 2010. *Last Planner And Critical Chain In Construction Management* :, 538–547.
- Leach, L., P. 2005. *Critical Chain Project Management 2nd Edition*. Norwood MA: Artech House, INC.
- Liker, J. K., & Meier, D. 2007. *The Toyota Way Fieldbook*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- R.C. Newbold. 1998. *Project Management in the Fast Lane Applying the Theory of Constraints*. The St. Lucie Press, Boca Raton.
- Soeharto, Imam. 1997. *Manajemen Proyek dari Konseptual Sampai Operasional*. Jakarta: Gelora Aksara Pratama.
- Silva, S. K. P. N. 2012. Applicability of Value Stream Mapping (VSM) in the Apparel industry in Sri Lanka. *International Journal of Lean Thinking*, 3(1), 36–56.
- Vitarianti, A.E., Tama, I.P., & Riawati, L. 2015. Perencanaan Penjadwalan Proyek Menggunakan Critical Chain Project Management (Studi Kasus: PT. XYZ). *Jurnal Rekayasa & Manajemen Sistem Industri*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Vorley, G. 2008. Mini Guide to Root Cause Analysis. *Quality Management & Training Limited*.



Womack, J. P., & Jones, D. T. 1996. *From Lean Production to the Lean Enterprise*. Harvard Business Review, 72(2), 93–103.

