

PERENCANAAN PROYEK KONSTRUKSI PEMBANGUNAN GEDUNG KAMPUS 3 UIN WALISONGO SEMARANG DENGAN METODE *LEAN PROJECT MANAGEMENT*

Lukluata Nafiah, Wiwiek Fatmawati, S.T., M.Eng., Nurwidiana, S.T., M.T.

Universitas Islam Sultan Agung
Jl Raya Kaligawe Km. 4 Semarang
Lukluata22@gmail.com

Abstrak - PT Adhi Karya dan PT Ciriayasa CM adalah perusahaan yang bergerak di bidang konstruksi dan saat ini perusahaan tersebut melaksanakan perencanaan proyek konstruksi pembangunan gedung kampus 3 UIN Walisongo Semarang. Dalam perencanaan yang dilakukan PT Adhi karya dan PT Ciriayasa CM dengan menggunakan gantt chart, terjadi keterlambatan pengerjaan proyek dari jadwal yang telah direncanakan.

Keterlambatan dalam penyelesaian proyek dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti waste, resiko dan kurangnya perencanaan proyek. Untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan suatu pendekatan lean thinking atau dalam manajemen proyek dikenal dengan nama lean project management (LPM). Lean project management merupakan pendekatan dalam perencanaan proyek, dengan fokus untuk meminimasi waste, mengidentifikasi permasalahan resiko, serta mengestimasi segala kebutuhan yang berkaitan dengan proyek.

Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan dengan menggunakan metode Preseden Diagram Method (PDM) dapat diketahui bahwa semua pengerjaan struktur gedung Fakultas Science dan Technology kampus 3 UIN Walisongo Semarang adalah jalur kritis, hasil identifikasi waste yang berpengaruh dan berpotensi pada proyek pembangunan gedung Kampus 3 UIN Walisongo Semarang adalah waste waiting. Waste waiting disebabkan karena faktor mesin, material, manusia, lingkungan dan metode sedangkan hasil identifikasi resiko berdasarkan perhitungan FMEA, didapatkan nilai terbesar yaitu Acts of God dan natural hazard dengan nilai FMEA 30, dimana resiko tersebut sulit diprediksi.

Kata Kunci : manajemen proyek, lean project management, waste, resiko, PDM

Abstrak - PT Adhi Karya and PT Ciriayasa CM are the construction companies which are planning the construction project on the third Campus of UIN Walisongo Semarang structure. In both of the companies design by using gantt chart, there is unpurposely delay incident that has scheduled.

There are some factors affected on the retardation, such as waste, the project risks and unpremeditated project. For solving those problems, it needs a lean thinking approach or known as Lean Project Management (LPM). LPM is a project design approach for minimized the waste, the risks problems identification, also the whole needs related to the project estimation.

Based on the data processing has done by using Preseden Diagram Method (PDM), it could be known that the whole Science and Technology Faculty in the third Campus of UIN Walisongo Semarang building structure project is a serious track, the waste identification result affected on the third Campus of UIN Walisongo Semarang campus building is waste waiting. The waste waiting caused by the several factors such as machine, human, material, society, and method. Besides, the identification outcome calculated on the FMEA, Acts of God and natural hazard become the biggest amount of it in FMEA 30 grade, where the hard-unpredictable risks do exist.

Keywords : Project Management, Lean Project Management, Waste, risk, CPM.

I. PENDAHULUAN

Kendala maupun kegagalan konstruksi sering terjadi saat pelaksanaan proyek konstruksi. kegagalan atau masalah yang sering terjadi di proyek adalah sering terjadinya ketidak sesuaian antara rencana awal dengan realisasi yang ada dalam pelaksanaan proyek, walaupun kegagalan tersebut tidak dapat dilihat secara nyata, namun jika berlangsung dengan intensitas yang besar dan terus menerus maka kegagalan tersebut dapat terakumulasi dan dampaknya akan terlihat pada akhir proyek, misalnya saja keterlambatan pengerjaan proyek dari jadwal yang direncanakan dan penambahan anggaran biaya dari yang semula direncanakan.

Segala sesuatu yang tidak menambah nilai, sebaliknya menambah biaya disebut dengan pemborosan (*waste*). Istilah *waste* juga disebut dengan *Non Value Added Activities* yang disebabkan oleh ketidak efektifan beberapa faktor yang terlibat dalam pelaksanaan proyek (*man, method, machine, material, environment*) sehingga dapat memicu keterlambatan dalam penyelesaian proyek.

Selain *waste*, faktor resiko juga dapat menjadi kendala dalam pelaksanaan proyek konstruksi, resiko yang terdiri dari faktor eksternal dan internal jika tidak ada pencegahan maka dapat menyebabkan kegagalan dalam mencapai sasaran proyek.

PT Adhi Karya dan PT Ciriayasa CM adalah perusahaan yang bergerak di bidang konstruksi dan saat ini perusahaan tersebut melaksanakan perencanaan proyek konstruksi pembangunan gedung kampus 3 UIN Walisongo Semarang. Dalam perencanaan yang dilakukan PT Adhi karya dan PT Ciriayasa CM dengan menggunakan *Gantt chart*, terjadi keterlambatan pengerjaan proyek dari jadwal yang telah direncanakan.

Hal tersebut dapat diketahui dari tidak sesuainya rencana penjadwalan dengan realisasi yang terjadi, dimana dalam perencanaan pembuatan struktur gedung Fakultas Science dan Technology yang seharusnya selesai pada Bulan Desember 2018 tetapi kenyataannya pada awal Bulan Februari 2019 proyek pengerjaan struktur gedung Fakultas Science dan Technology tersebut belum selesai pengerjaannya. Sehingga menimbulkan kerugian bagi pihak penyelenggara, dalam hal ini UIN Walisongo Semarang yang seharusnya sudah menggunakan gedung pada pertengahan tahun 2019 tetapi karena proyek mundur jadi penggunaannya pun juga mundur. Dan kerugian bagi pihak pelaksana, dalam hal ini PT Adhi Karya dan PT Ciriayasa CM karena jika tidak dapat menyelesaikan proyek sesuai perjanjian maka dikenakan pinalti yang artinya PT Adhi Karya dan PT Ciriayasa CM harus membayarkan denda.

Keterlambatan dalam penyelesaian proyek dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti *waste*, resiko dan kurangnya perencanaan proyek. Sehingga perlu dilakukan evaluasi pekerjaan proyek yang sudah berlangsung dan selanjutnya dilakukan rekomendasi untuk proyek berikutnya agar lebih efektif dan efisien.

Untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan suatu pendekatan *lean thinking* atau dalam manajemen proyek dikenal dengan nama *lean project management* (LPM). *Lean project management* merupakan pendekatan dalam perencanaan proyek, dengan fokus untuk meminimasi *waste*, mengidentifikasi permasalahan risiko, serta mengestimasi segala kebutuhan yang berkaitan dengan proyek.

II. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

1. Tinjauan Pustaka

Tabel 1 Penelitian - Penelitian Terdahulu

No.	Penulis	Judul Penelitian	Tahun	Metode
1.	Dian Artika	Penerapan Metode <i>Lean Project Management</i> dalam Proyek Konstruksi pada Pembangunan Gedung DPRD Kabupaten Ogan Ilir	2014	<ul style="list-style-type: none"> • Identifikasi <i>waste</i> dengan menggunakan metode <i>fish bone diagram</i> • Identifikasi Risiko dengan menggunakan metode RPN (<i>Risk Priority Number</i>) dan FMEA (<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>) • Penjadwalan dengan metode CCPM (<i>Critical Chain Project Management</i>)
2.	Muliyadi	Penjadwalan Ulang Proyek Konstruksi dengan <i>Preseden Diagram Method</i> (DPM) (Studi Kasus: Pembangunan Unit Sarana Belajar TK Pembina Kabupaten Kecamatan Johan Pahlawan Kabupaten Aceh Barat) (Laporan Tugas Akhir, Teknik Sipil, Universitas Teuku Umar)	2016	<ul style="list-style-type: none"> • Penjadwalan Ulang Proyek dengan PDM

2. Tinjauan Pustaka

a. Pengertian proyek

Proyek dalam analisis jaringan kerja adalah serangkaian kegiatan-kegiatan yang bertujuan untuk menghasilkan produk yang unik dan hanya dilakukan dalam periode tertentu (Maharesi, 2002).

Proyek dapat didefinisikan sebagai suatu rangkaian kegiatan yang hanya terjadi sekali, dimana pelaksanaannya sejak awal sampai akhir dibatasi oleh kurun waktu tertentu (Tampubolon, 2004)

Menurut Soeharto (1999), kegiatan proyek dapat diartikan sebagai satu kegiatan sementara yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas, dengan alokasi sumber daya tertentu dan dimaksudkan untuk menghasilkan produk atau *deliverable* yang *criteria* mutunya telah digariskan dengan jelas.

b. *Lean Project Management*

Lean Management pertama kali dikembangkan di perusahaan Jepang terutama oleh perusahaan *otomotif* dari jepang yang sangat terkenal di berbagai negara termasuk Indonesia.

Lean Management berarti metode sistematis dan integratif yang diimplementasikan secara berkesinambungan untuk meminimalisir dan mencegah adanya pemborosan ataupun proses- proses yang tidak bernilai tambah (*non value added*) dengan cara perbaikan berkelanjutan (*continuous improvement*) melalui pemetaan *value stream* (peta yang

memperlihatkan proses nyata secara lebih rinci, mengandung informasi yang lengkap seperti tahapan proses, *lead time*, antrian, dan lain-lain), yang melibatkan seluruh karyawan baik dari tingkatan *top management* sampai tingkatan yang terendah.

Sejalan dengan perkembangan, sekarang ini konsep *Lean Management* tidak hanya dapat diterapkan di industri manufaktur tetapi dapat diterapkan di perusahaan jasa, instansi pemerintahan dan pelayanan kesehatan (rumah sakit dan sebagainya), maupun lembaga pendidikan, dapat menerapkan *Lean Management* untuk menghasilkan proses yang lebih efektif dan efisien, pelayanan yang lebih cepat, biaya yang lebih rendah, serta kualitas mutu dan pelayanan yang lebih baik.

c. Peranan *Lean Project Management* pada proyek konstruksi

Mengidentifikasi *waste (Non Value-Adding Activities)* dan kendala (resiko) yang berpotensi muncul saat pelaksanaan proyek, serta mengestimasi kebutuhan pelaksanaan proyek (waktu, biaya, sumber daya).

a. Langkah – Langkah *Lean Project Management*

Berikut ini merupakan langkah-langkah dalam *Lean Project Management (LPM)* (Dian Artika, 2014)

1. Pemetaan Aktivitas Kerja
 Pemetaan aktivitas kerja yang dilakukan pada tahap ini adalah melalui pengelompokan aktivitas-aktivitas proyek dengan menggunakan *Work Breakdown Structure (WBS)*. Dalam WBS dilakukan *breakdown* aktivitas dari proyek secara utuh hingga ke subderivabel paling rendah.
2. Identifikasi *Waste*
 Setelah diketahui aktivitas proyek selanjutnya dilakukan identifikasi *waste* yang terdapat pada proyek dengan melakukan wawancara pada pihak pelaksana proyek. Tahap selanjutnya adalah mengidentifikasi faktor-faktor penyebab terjadinya *waste* dengan menggunakan diagram *Fish Bone*. Langkah selanjutnya setelah faktor penyebab *waste* diketahui diolah dalam formulasi *if then* agar dapat diketahui tindakan atau solusi yang dapat ditempuh untuk meminimalisir terjadinya *waste*.
3. Identifikasi Resiko
 Proses identifikasi risiko dilakukan dengan cara teknik *survey, brainstorming* dengan *expert, literatur review*. Faktor – faktor yang diidentifikasi menyangkut faktor eksternal maupun faktor internal untuk mengetahui sumber-sumber risiko dan indikatornya. Adapun wawancara dan *brainstorming* dilakukan dengan pihak pelaksana proyek. Setelah sumber risiko dan indikatornya diketahui, dilakukan langkah perhitungan *Risk Priority Number (RPN)* untuk penilaian risiko dengan melakukan pengisian *form* penilaian risiko menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. Jika peristiwa risiko telah dikenali dan di beri nilai maka langkah berikutnya adalah membuat keputusan untuk analisa risikonya.
4. Penjadwalan PDM
 PDM adalah jaringan kerja yang umumnya berbentuk segi empat, sedangkan anak panahnya hanya sebagai petunjuk kegiatan-kegiatan yang bersangkutan. PDM memiliki penggambaran network yang lebih sederhana dari CPM dan dapat mengerjakan sebuah pekerjaan tanpa menunggu kegiatan pendahulunya. Pada umumnya PDM terdiri dari 2 bagian yaitu: *Forward analysis* (perhitungan ke depan) untuk menentukan *Earliest Start (ES)* dan *Earliest Finish (EF)*; *Backward analysis* (perhitungan mundur) untuk menentukan *Latest Start (LS)* dan *Latest Finish (LF)*. (Menurut Napsiyana dalam TA Mulyadi)

3. Hipotesis dan Kerangka Teoritis

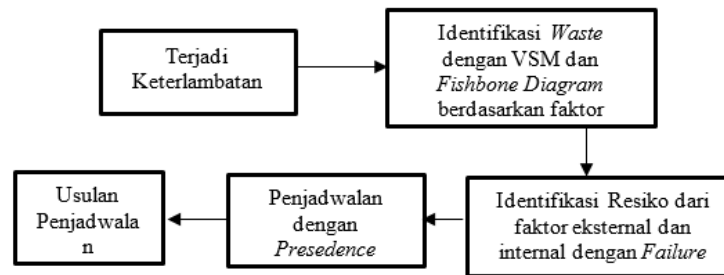
a. Hipotesis

Setiap pelaksanaan proyek konstruksi tidak lepas dari berbagai kendala ataupun kegagalan konstruksi, yang disebabkan oleh rendahnya kinerja ataupun produktivitas para tenaga kerja, perencanaan proyek yang kurang matang, anggaran yang membengkak, dan juga spesifikasi yang tidak sesuai. Walaupun kegagalan tersebut tidak dapat dilihat secara nyata, namun jika berlangsung dengan intensitas yang besar dan terus-menerus maka kegagalan tersebut dapat terakumulasi dan dampaknya akan terlihat pada akhir proyek. Misalnya saja keterlambatan pengerjaan proyek dari jadwal yang direncanakan dan penambahan anggaran biaya dari yang semula direncanakan.

Untuk mengatasi kendala - kendala tersebut diperlukan perbaikan perencanaan dengan menggunakan pendekatan *Lean project management (LPM)*, yang didalamnya dilakukan pengidentifikasian *waste*, risiko dan estimasi waktu dilakukan menggunakan metode penjadwalan *Preseden Diagram Method (PDM)*.

b. Kerangka Teoritis

Kerangka teoritis dalam penelitian ini dapat dilihat pada bagan dibawah ini:



Gambar 1 Kerangka Teoritis

III. METODE PENELITIAN

1. Pengumpulan Data

Pada tahap pengumpulan data, data yang di perlukan adalah sebagai berikut:

- Data *time schedule* menggunakan kurva S
- Data komponen pekerjaan
- Data durasi waktu penyelesaian proyek

2. Teknik Pengumpulan Data

Adapun metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Studi Literatur
Studi literatur didapatkan dari berbagai sumber seperti jurnal, prosiding, laporan tugas akhir dan tulisan-tulisan ilmiah. Tujuan dari studi literatur adalah agar penulis dapat memahami teori-teori yang dapat menunjang penelitian sebagai landasan teori.
- Studi Lapangan
Studi lapangan dilakukan dengan metode observasi dan wawancara. Pada metode observasi dilakukan pengamatan gedung Fakultas Science dan Technology yang berfokus pada pekerjaan struktur.
 - Observasi
Yaitu melakukan pencatatan dan pengamatan secara langsung pada obyek penelitian untuk mendapatkan data serta informasi yang dibutuhkan meliputi waktu pelaksanaan masing – masing pekerjaan serta tahapan – tahapan pekerjaan proyek
 - Wawancara
Yaitu dengan melakukan tanya jawab dengan pihak yang terkait di obyek penelitian dalam hal ini dengan pelaksana proyek untuk mendapatkan informasi selain data tertulis.

3. Diagram Alir

Tahap penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat dalam diagram alir (Terlampir lampiran 1)

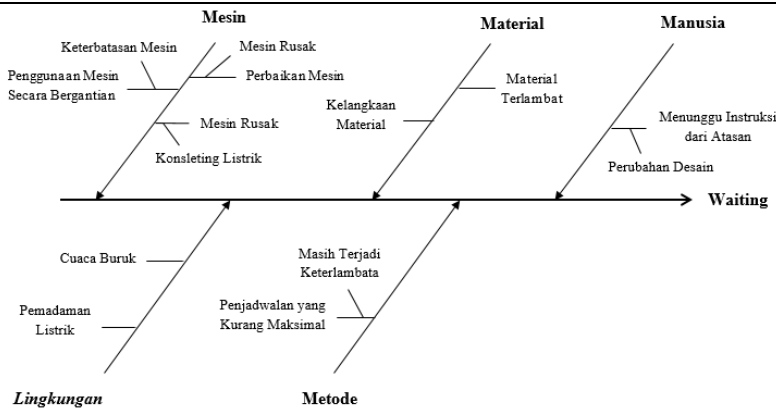
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Identifikasi Waste

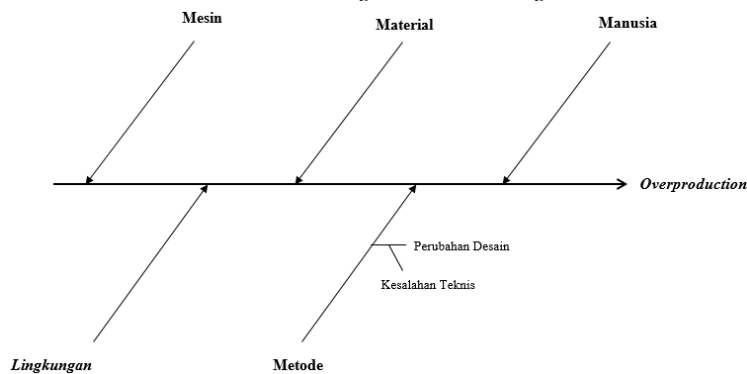
a. Fishbone Diagram

Fishbone diagram digunakan untuk mengetahui akar penyebab *waste*, yang dilihat dari segi manusia (*man*), mesin (*machine*), metode (*method*), material (*material*), dan lingkungan (*environment*). Penyusunan *fishbone* diagram dilakukan melalui wawancara dengan pimpinan proyek berdasarkan kondisi lapangan dan karakteristik proyek yang dikerjakan dan pengalaman dari proyek serupa sebelumnya. Jenis *Waste* yang diidentifikasi dan di analisa hanyalah *waste-waste* yang terjadi selama pekerjaan proyek berlangsung, dan identifikasi *waste* berdasarkan hasil wawancara dengan pihak yang terkait. Dari hasil wawancara dengan pihak proyek (tertera pada lampiran 1) yang telah dilakukan, berdasarkan 7 *waste* yaitu *defect*, *overproduction*, *waiting*, *unappropriate processing*, *unnecessary motion*, *transportation*, dan *inventory* didapatkan *waste* yang sudah terjadi yaitu *waiting* dan *overproduction*.

Adapun faktor – faktor penyebab dari kondisi *waiting* dan *overproduction* pada proyek ini dapat dilihat pada gambar 2 dan gambar 3 berikut ini.



Gambar 2 Waiting Fish Bone Diagram



Gambar 3 Overproduction Fish Bone Diagram

Apabila *waste* terjadi secara terus menerus, jelas akan mengakibatkan pemborosan waktu dan biaya sehingga merugikan pihak pelaksana (keterlambatan proyek dan pembengkakan biaya proyek). Berikut ini merupakan tabel rekomendasi tindakan yang sebaiknya dilakukan oleh pihak pelaksana berdasarkan hasil pengolahan matriks evaluasi yang telah dilakukan, didapat lah solusi terbaik dari tiap-tiap penyebab terjadinya *waste* dengan bobot kumulasi tertinggi.

Tabel 2 Rekomendasi solusi penyebab *waste* setelah evaluasi

<i>If</i>	<i>Then</i>	<i>When</i>
Penggunaan mesin secara bergantian	Melakukan penjadwalan agar penggunaan mesin dapat disesuaikan dengan pekerjaan lain	Saat pelaksanaan
Mesin rusak	Melakukan perbaikan dan perawatan mesin secara berkala	Saat pelaksanaan
Perbaikan mesin	Melakukan perbaikan mesin secara rutin agar mesin tidak mudah rusak	Saat pelaksanaan
Material terlambat	Melakukan pekerjaan lain yang tidak menggunakan material tersebut	Saat pelaksanaan
Menunggu instruksi dari atasan	Melakukan pekerjaan sesuai penjadwalan yang telah dibuat sebelumnya	Saat pelaksanaan
Cuaca buruk	Melakukan percepatan pekerjaan saat kondisi cuaca sudah kembali normal	Saat pelaksanaan
Pemadaman listrik	Melakukan percepatan pekerjaan saat listrik kembali normal	Saat pelaksanaan
Perubahan desain	Melakukan desain yang tepat sebelum pekerjaan dimulai	Sebelum dan saat pelaksanaan
Penjadwalan yang kurang maksimal	Melakukan penjadwalan dengan metode yang tepat agar pekerjaan dapat dilakukan dengan efektif dan efisien	Sebelum dan saat pelaksanaan
Kelangkaan material	Menyediakan stok material yang langka	Saat pelaksanaan

b. Future State Value Stream Mapping (FSVSM)

Dari metode yang telah dilakukan sebelumnya dapat ditemukan beberapa solusi yang berguna untuk mengurangi ataupun menghilangkan pemborosan yang ditemukan. Pada tabel 4.50 merupakan perbandingan hasil estimasi waktu produksi setelah adanya usulan perbaikan sehingga aktivitas-aktivitas yang mengacu pada pemborosan (NVA) dan *Necessary but No-Value Added* (NNVA) menjadi berkurang.

Tabel 3 VA, NNVA, NVA Setelah Perbaikan

No.	Kegiatan	Sebelum Perbaikan			Sesudah Perbaikan		
		VA (Hari)	NNVA (Hari)	NVA (Hari)	VA (Hari)	NNVA (Hari)	NVA (Hari)
1.	A	7	0	74	7	0	0
2.	B	7	0	0	7	0	0
3.	C	7	0	0	7	0	0
4.	D	7	0	0	7	0	0
5.	E	18	7	7	18	7	0
6.	F	10	7	4	10	7	0
7.	G	10	7	0	10	7	0
8.	H	10	7	0	10	7	0
9.	I	10	0	0	10	0	0
10.	J	7	0	1	7	0	0
11.	K	10	0	4	10	0	0
12.	L	10	0	0	10	0	0
Total Waktu		113	28	90	113	28	0

Keterangan :

1. Menghilangkan *waste overproduction* perubahan desain dan *waste waiting* menunggu instruksi dari atasan pada pekerjaan persiapan selama 74 hari.
2. Menghilangkan *waste waiting* kelangkaan material, dan keterlambatan material pada pekerjaan lantai 1 selama 7 hari.
3. Menghilangkan *waste waiting* akibat pemadaman listrik pada pekerjaan amphitheater selama 1 hari.
4. Menghilangkan *waste waiting* akibat mesin rusak dan perbaikan mesin pada pekerjaan lantai 3 dan pekerjaan tangga selama 4 hari.

Pada tabel 4.14 sebelum perbaikan total waktu VA adalah 113 hari, NNVA 28 hari, dan NVA 90 hari dengan total *leadtime* 231 hari. Setelah dilakukan perbaikan dengan menghilangkan waktu *waste* atau NVA, maka didapatkan waktu VA 113 hari, NNVA 28 hari, dan NVA 0 sehingga total total *leadtime* menjadi 141 hari.

2. Identifikasi Resiko

Berdasarkan hasil wawancara didapatkan daftar kejadian yang tidak diharapkan yang berpotensi terjadi pada proyek pembangunan Gedung Kampus 3 UIN Walisongo Semarang yang dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 4 Identifikasi Risiko

Konsep	Sumber	Indikator	
Resiko	Eksternal tidak dapat diprediksi	<i>Acts of God</i> dan <i>natural hazard</i>	
	Eksternal dapat diprediksi	Masalah dalam penyediaan sumberdaya (material; tenaga kerja; alat)	
	Internal non-teknis	Kondisi waktu pelaksanaan proyek	K3
			Pencurian; kelalaian; Ketidakjujuran
		Kerusakan alat, properti, fisik proyek	

Dari hasil wawancara yang dilakukan dengan pimpinan proyek, diperoleh nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* sebagai berikut :

Tabel 5 Form Penilaian Risiko

No	Indikator (Peristiwa) Resiko	Severity	Occurrence	Detection
1	<i>Acts of God</i> dan <i>natural hazard</i>	3	5	5
2	Masalah dalam penyediaan sumberdaya (material; tenaga kerj; alat)	3	3	1
4	Kondisi waktu pelaksanaan proyek	5	2	2
5	Pencurian; kelalaian; Ketidakjujuran	5	4	3
6	Kerusakan alat, properti, fisik proyek	4	3	1

Sumber data: Wawancara dengan Pimpinan Proyek PT. Ciriayasa CM, 2019

Dari tabel *form* penilaian resiko yang telah diperoleh, dilakukan berhitung *Failure Mode and Effectd Analysis* (FMEA) untuk mengetahui tingkat resiko tertinggi yang terjadi pada proyek pembangunan konstruksi pembangunan gedung kampus 3 UIN Walisongo Semarang. Adapun rumus FMEA adalah:

$FMEA = severity \text{ (dampak)} \times occurrence \text{ (kemungkinan)} \times detection \text{ (kesulitan deteksi)}$

Perhitungan FMEA *Acts of God* dan *natural hazard*

$FMEA = 3 \times 2 \times 5 = 30$

Tabel 6 Form Nilai FMEA

No	Indikator (Peristiwa) Resiko	Severity	Occurrence	Detection	FMEA	Kapan
1	<i>Acts of God</i> dan <i>natural hazard</i>	3	2	5	30	Setiap saat
2	Masalah dalam penyediaan sumberdaya (material; tenaga kerj; alat)	3	2	3	18	Sebelum dan saat Pelaksanaan
3	Kondisi waktu pelaksanaan proyek	1	1	1	1	Saat Pelaksanaan
4	Pencurian; kelalaian; Ketidakjujuran	1	1	2	2	Setiap saat
5	Kerusakan alat, properti, fisik proyek	3	2	3	18	Saat Pelaksanaan

Dari Tabel 7 dapat diketahui bahwa *Acts of God* dan *natural hazard* adalah resiko tertinggi dengan nilai RPN sebesar 30. Semakin tinggi nilai FMEA maka pihak pelaksana proyek harus meningkatkan kewaspadaan terhadap peristiwa resiko tersebut karena dapat menimbulkan terjadinya *waste* sehingga mempengaruhi keterlambatan yang proyek.

3. Preseden Diagram Method (PDM)

a. Hubungan ketergantungan antar pekerjaan

Hubungan antar pekerjaan dalam proyek ini tidak semua sama ada pekerjaan yang mulai atau selesai bersamaan. Ada pula pekerjaan yang dimulai setelah beberapa hari pekerjaan lainnya selesai. Sehingga hubungan ketergantungan antar pekerjaan pada proyek ini adalah hubungan *predecessor*, yaitu hubungan terhadap aktivitas sebelumnya.

Tabel 7 Hubungan Keterkaitan (*predecessor*)

No	Kegiatan	Kode Kegiatan	Keterkaitan	Durasi (Hari)	Konstrain
1	Persiapan	A	-	7	-
2	Pondasi	B	A	7	FS (A-B) = 0
3	Galian Tanah	C	B	7	FS (B-C) = 0
4	Pile cap & Tie Beam	D	C	7	FS (C-D) = 0
5	Lantai 1	E	D	18	FS (D-E) = 0
6	Lantai 2	F	E	10	FS (E-F) = 7
7	Lantai 3	G	F	10	FS (F-G) = 7
8	Lantai 4	H	G	10	FS (G-H) = 7
9	Lantai Rooftop	I	H	10	FS (H-I) = 7
10	Amphitheater	J	I	7	FS (I-J) = 0
11	Tangga	K	I	10	FS (I-K) = 0
12	Atap	L	J, K	10	FS (J-L) = 0 FS (K-L) = 0

b. Perhitungan Maju dan Perhitungan Mundur

Berikut adalah contoh hasil dari perhitungan maju dan perhitungan mundur :

Perhitungan Maju

Kegiatan A

$ES_A = 0$

$EF_A = ES_A + D_A$

$EF_A = 0 + 7 = 7$

Kegiatan B

$$ES_B = EF_A + FS_{AB}$$

$$ES_B = 7 + 0 = 7$$

$$EF_B = ES_B + D_B$$

$$EF_B = 7 + 7 = 14$$

Perhitungan Mundur

Kegiatan L

$$LF_L = 134$$

$$LS_L = LF_L - D_L$$

$$LS_L = 134 - 10 = 124$$

Kegiatan K

$$LF_K = LS_L - FS_{KL}$$

$$LF_K = 124 - 0 = 124$$

$$LS_K = LF_K - D_K$$

$$LS_K = 124 - 10 = 114$$

c. Perhitungan Kegiatan Kritis

Perhitungan kegiatan kritis dilakukan untuk mengetahui kegiatan – kegiatan yang bersifat kritis atau tidak dapat ditunda pekerjaannya. Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$\text{Total Float} = 0 = LF - EF = LS - ES$$

Berikut adalah hasil dari perhitungan kegiatan kritis :

Tabel 3 Perhitungan Kegiatan Kritis

Kegiatan	ES	EF	LS	LF	Total Slack	Keterangan
A	0	7	0	7	0	Kritis
B	7	14	7	14	0	Kritis
C	14	21	14	21	0	Kritis
D	21	28	21	28	0	Kritis
E	28	46	28	46	0	Kritis
F	53	63	53	63	0	Kritis
G	70	80	70	80	0	Kritis
H	87	97	87	97	0	Kritis
I	104	114	104	114	0	Kritis
J	114	121	117	124	0	Tidak Kritis
K	114	124	114	124	0	Kritis
L	124	134	124	134	0	Kritis

Dengan demikian semua kegiatan berikut kritis dan lintasan kritisnya adalah kegiatan A – B – C – D – E – F – G – H – I – K – L atau pekerjaan persiapan, pekerjaan pondasi, pekerjaan galian tanah, pekerjaan pile cap & tie beam, pekerjaan lantai 1, pekerjaan lantai 2, pekerjaan lantai 3, pekerjaan lantai 4, pekerjaan rooftop, pekerjaan tangga, dan pekerjaan atap.

Berikut adalah diagram *network* berdasarkan perhitungan lintasan kritis (terlampir lampiran 2)

V. KESIMPULAN

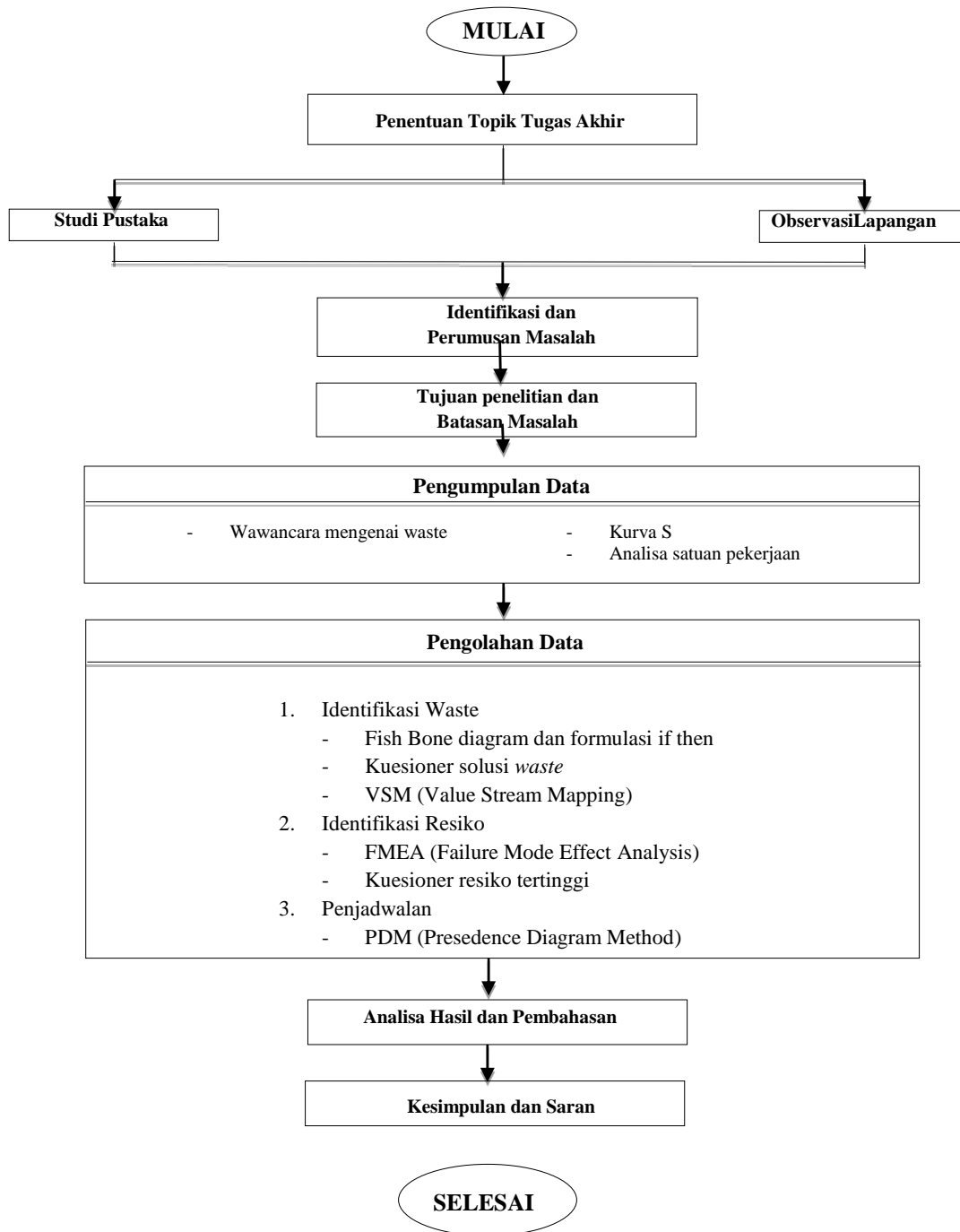
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil identifikasi *waste* yang berpengaruh dan berpotensi pada proyek pembangunan gedung Kampus 3 UIN Walisongo Semarang adalah *waste waiting* dan *overproduction*. *Waste waiting* dan *overproduction* disebabkan karena faktor mesin, material, manusia, lingkungan dan metode. Setelah dilakukan analisa dengan VSM mampu menyelesaikan masalah *waste waiting* dengan berkurangnya *lead time* yang awalnya 231 hari menjadi 141 hari.
2. Hasil identifikasi resiko berdasarkan perhitungan FMEA, didapatkan nilai terbesar yaitu *Acts of God* dan *natural hazard* dengan nilai RPN 30. Pemicu terjadinya resiko *Acts of God* dan *natural hazard* adalah cuaca buruk seperti hujan, dimana resiko tersebut sulit diprediksi dan dikendalikan. Rencana Kontingensi yang dapat dilakukan pihak perusahaan untuk mengatasi resiko tersebut adalah dengan melakukan percepatan pekerjaan saat kondisi cuaca sudah kembali normal.
3. Dengan menggunakan metode PDM dapat diketahui waktu penyelesaian proyek yaitu 134 hari dan jalur kritis terletak pada pekerjaan persiapan, pekerjaan pondasi, pekerjaan galian tanah, pekerjaan pile cap & tie beam, pekerjaan lantai 1, pekerjaan lantai 2, pekerjaan lantai 3, pekerjaan lantai 4, pekerjaan rooftop, pekerjaan tangga, dan pekerjaan atap.

PUSTAKA

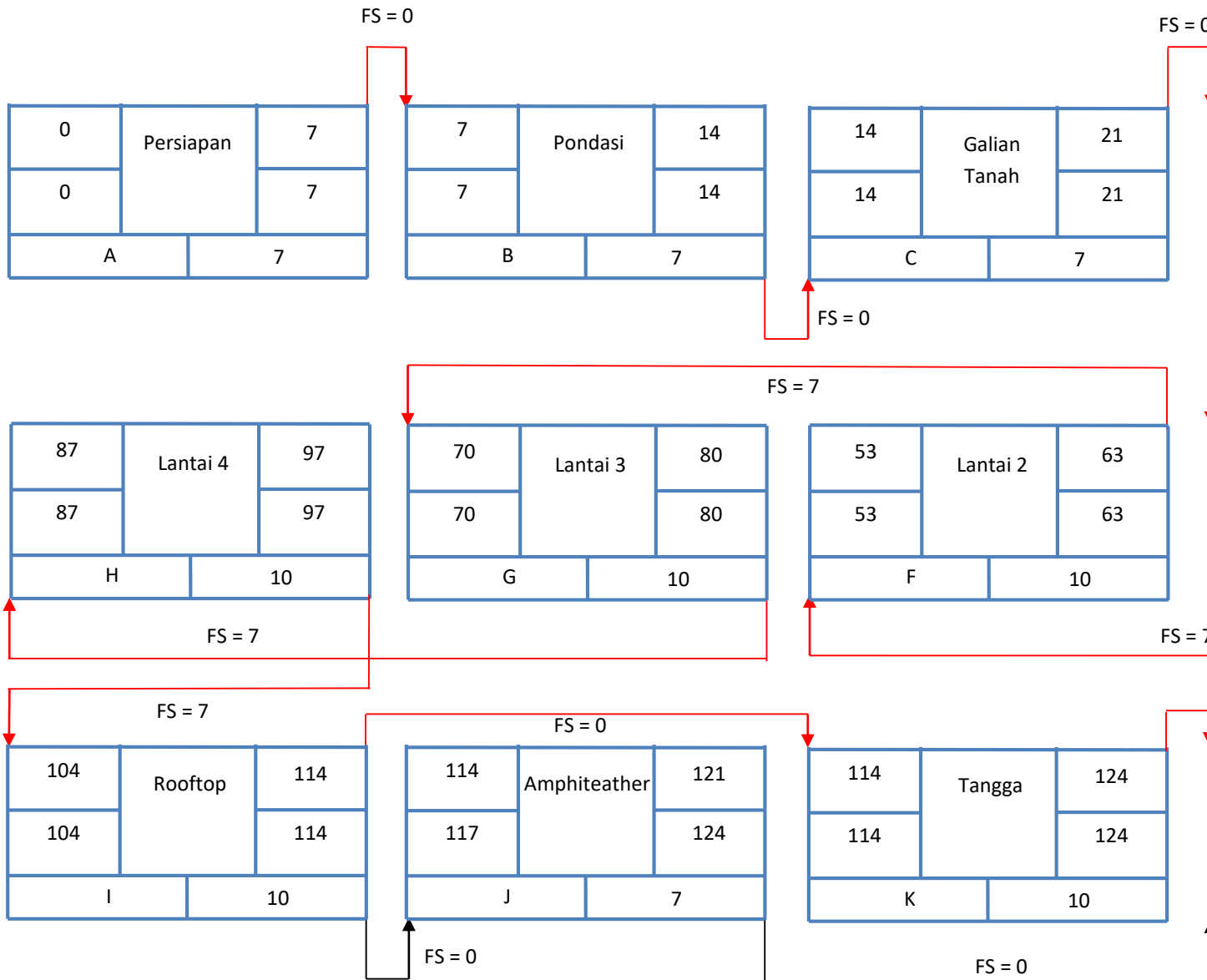
- Anggraeni, Nyoman. 2009. *Penerapan Metode Penjadwalan Critical Chain dan Lean Construction dalam Perencanaan dan Pengendalian Proyek Konstruksi (Studi Kasus : PT. Adhi Karya (Persero), Tbk)*, Tugas Akhir. Jurusan Teknik Industri ITS, Surabaya.
- Artika, Dian. 2014. *Penerapan Metode Lean Project Management dalam Proyek Konstruksi pada Pembangunan Gedung DPRD Kabupaten Ogan Ilir*, Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya, Palembang.
- Aulady, Mohamad. 2016. *Perbandingan Durasi Waktu Proyek Konstruksi Antara Metode Critical Path Method (CPM) dengan Metode Critical Chain Project Management (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Apartemen Menara Rungkut)*, Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Adhi Tama, Surabaya.
- Febrianti, Evi. 2015. *Analisis Proyek Konstruksi Menggunakan Critical Chain Project Management dan Lean Construction untuk Meminimasi Waste*, Tugas Akhir. Jurusan Teknik Industri Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten.
- Fajriyah, Barda Laili. 2017. *Analisa Penjadwalan Proyek Menggunakan Metode Critical Path Method (CPM) dan Crash Program (Studi Kasus Proyek Instalasi Elektronik Bagian Fire Alarm pada Gedung Sentraland Kota Semarang)*, Tugas Akhir. Jurusan Teknik Industri Universitas Islam Sultan Agung, Semarang.
- Hapsari, Ratih Indri. 2014. *Penerapan Metode Lean Project Management dalam Perencanaan Proyek Konstruksi pada Pembangunan Gedung Sdn Bektiharjo II Semanding Tuban*, Tugas Akhir. Jurusan Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya.
- Iwawo, Ezekiel R. M. 2016. *Penerapan Metode CPM pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus Pembangunan Gedung Baru Kompleks Eben Haazar Manado)*, Tugas Akhir. Jurusan Teknik Industri, Manado.
- Muliyadi. 2016. *Penjadwalan Ulang Proyek Konstruksi dengan PDM*, Tugas Akhir. Jurusan Sipil, Universitas Teuku Umar, Aceh.
- Nurfitriansyah, Muhammad. 2018. *Mengaplikasikan Metode Lean Project Management dan Metode Penjadwalan CCPM dalam Tahap Perencanaan Proyek Konstruksi*, Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Tanjungpura, Pontianak.
- Prisilis, Harliwanti. 2018. *Aplikasi Metode Lean Project Management dalam Perencanaan Proyek Konstruksi pada Pembangunan Gedung SMU Negeri 1 Giri Kabupaten Banyuwangi*, Tugas Akhir. Jurusan Teknik Industri Universitas 17 Agustus 1945, Banyuwangi.
- Setiawati. 2016. *Analisa Penjadwalan Proyek Menggunakan PDM dan Pert Serta Crash Project*, Tugas Akhir. Jurusan Teknik Industri, UIN Sultan Syarif Kasim, Riau.
- Suherman. 2016. *Pengendalian Waktu Proyek dengan Menggunakan Metode Critical Chain Project Management (Studi Kasus : Pembangunan Jalan SMK IT Payakumbuh)*, Tugas Akhir. Jurusan Teknik Industri UIN Sultan Syarif Kasim Riau, Pekanbaru.
- Tanjung, Lailatul Syifa. 2017. *Evaluasi Perencanaan dan Pengendalian Proyek Pembangunan Air Bersih dengan Menggunakan Metode Lean Project Management*, Tugas Akhir. Jurusan Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sultan Syarif Kasim Riau, Pekanbaru.
- Universitas Islam Sultan Agung. (2018), *Buku Panduan Tugas Akhir, Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Semarang*
- Untu, Silvia Hermina Stevania. 2014. *Penerapan Metode Lean Project Management dalam Perencanaan Proyek Konstruksi (Studi Kasus : Pembangunan Gedung Mantos Tahap III)*, Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Lampiran 1
Diagram Alir



Gambar 4 Flowchart Metodologi Penelitian

Lampiran 2
Preseden Diagram



Gambar 5 *Preseden Diagram* Berdasarkan Perhitungan Maju dan Perhitungan Mundur