

**LAPORAN TUGAS AKHIR**  
**ANTISIPASI KETERLAMBATAN WAKTU PENYELESAIAN**  
**PROYEK DENGAN MENGGUNAKAN METODE *WHAT IF***  
***ANALYSIS* DAN *CRASH PROGRAM***

(Studi Kasus : Proyek Pembangunan Jembatan Kaligawe – Semarang)



OLEH

**SITI NUR FATIMAH**

**NIM 31601501177**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**  
**UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG**  
**SEMARANG**

**2019**

**FINAL REPORT**

**ANTICIPATING A DELAY IN FINISHING THE  
PROJECT BY USING THE METHOD OF WHAT IF  
ANALYSIS AN CRASH PROGRAM**

**(Study Case : Construction of the Bridge Kaligawe – Semarang)**



WRITTEN BY

**SITI NUR FATIMAH**

**NIM 31601501177**

**INDUSTRIAL ENGINEERING PROGRAM  
INDUSTRIAL TECHNOLOGY FACULTY  
SULTAN AGUNG ISLAMIC UNIVERSITY  
SEMARANG**

**2019**

**ANTISIPASI KETERLAMBATAN WAKTU PENYELESAIAN  
PROYEK DENGAN MENGGUNAKAN METODE *WHAT IF*  
*ANALYSIS* DAN *CRASH PROGRAM***

**(Studi Kasus : Proyek Pembangunan Jembatan Kaligawe – Semarang)**

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana S1 pada prodi Teknik  
Industri Universitas Islam Sultan Agung



OLEH

**SITI NUR FATIMAH**

**NIM 31601501177**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG  
SEMARANG**

**2019**

## HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul “Antisipasi Keterlambatan Waktu Penyelesaian Proyek Dengan Menggunakan Metode *What If Analysis* Dan *Crash Program*” yang disusun oleh :

Nama : Siti Nur Fatimah

NIM : 31601501177

Program Studi : Teknik Industri

Telah diselesaikan dan disetujui oleh dosen pembimbing pada :

Hari : Kamis

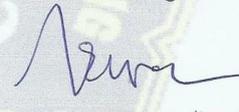
Tanggal : 03 Oktober 2019

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II

  
Andre Sugiyono, S.T., M.M., Ph.D  
NIDN. 060 308 8001

  
Ir. Irwan Sukendar S.T., M.T., IPM  
NIDN. 001 001 7601

Mengetahui

Ka. Program Studi Teknik Industri

  
Nuzulia Khoiriyah S.T., M.T  
NIK. 210 603 029

**HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PENGUJI**

Laporan Tugas Akhir dengan judul “Antisipasi Keterlambatan Waktu Penyelesaian Proyek Dengan Menggunakan Metode *What If Analysis* Dan *Crash Program*” ini telah dipertahankan di depan dosen penguji Tugas Akhir pada :

Hari : Kamis  
Tanggal : 03 Oktober 2019



Anggota I

Brav Deva Bernadhi, S.T., M.T  
NIDN. 063 012 8601

Anggota II

Akhmad Syakhroni, S.T., M.Eng  
NIDN. 061 603 7601

**Ketua Penguji**

Wiwiek Fatmawati, S.T., M.Eng  
NIDN. 062 210 7401

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Siti Nur Fatimah

NIM : 31601501177

Prodi : Teknik Industri

Judul Tugas Akhir : Antisipasi Keterlambatan Waktu Penyelesaian Proyek  
Dengan Menggunakan Metode *What If Analysis* dan *Crash Program*

Dengan ini saya menatakan bahwa judul dan isi Tugas Akhir yang Saya buat dalam rangka menyelesaikan pendidikan tersebut adalah **ASLI** dan belum pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan oleh siapapun baik keseluruhan maupun sebagian, dan apabila dikemudian hari ternyata terbukti bahwa judul Tugas Akhir yang Saya buat pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan, maka Saya bersedia dikenakan sanksi akademik sesuai peraturan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini Saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab.

Semarang, 03 Oktober 2019

Yang menyatakan



Siti Nur Fatimah

NIM.31601501177

## **PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Siti Nur Fatimah

NIM : 31601501177

Program Studi : Teknik Industri

Fakultas : Teknologi Industri

Alamat Asal : Jalan Sindukerten RT/RW:02/02, Ds.

Kertasinduyasa, Kec. Jatibarang, Kab. Brebes

Dengan ini menyatakan Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir dengan Judul :  
**ANTISIPASI KETERLAMBATAN WAKTU PENYELESAIAN PROYEK  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE *WHAT IF ANALYSIS* DAN *CRASH  
PROGRAM***

Menyetujui menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan hak bebas royalti Non-Eksklusif untuk disimpan, dialihmediakan, dikelola dan pangkalan data dan dipublikasikan diinternet dan media lain untuk kepentingan akademis selama tetap menyantumkan nama penulis sebagai pemilik hak cipta. Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta/Plagiatisme dalam karya ilmiah oini, maka segala bentuk tuntutan hukum yang timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan Universitas Islam Sultan Agung.

Semarang, 03 Oktober 2019

Yang menyatakan



Siti Nur Fatimah

NIM.31601501177

# PERSEMBAHAN

## *Untuk Apa?*

Untuk setiap tawa yang tak ternilai  
Untuk setiap tangis yang terhapus  
Untuk setiap jatuh dan bangun  
Untuk setiap peluang ditengah putus asa  
Untuk setiap do'a dan dukungan  
Untuk segala macam pembelajaran

## *Untuk Siapa?*

Untuk Tuhan yang menulis rencana indah-Nya  
Untuk mama yang tak henti mendo'akan  
Untuk abah yang memberi segala yang ia punya  
Untuk kakak yang tak pernah lelah membimbing  
Untuk mereka yang telah mendukung dan mendo'akan

## *Untuk Siapa Lagi?*

Untuk siapapun yang percaya, bahwa :  
Kehidupan bukanlah kopetisi adu cepat.

## MOTTO

*“KESALAHAN AKAN MEMBUAT ORANG BELAJAR DAN  
MENJADI LEBIH BAIK”*

Ketika menjalani masa kuliah, mungkin awalnya kamu akan dikagetkan dengan tugas yang seabrek. Mengerjakannya membuatmu sering begadang, hingga tak memiliki waktu untuk diri sendiri. Waktu untuk istirahat pun terbatas.

Namun, ketika tugas telah dikoreksi oleh dosen, mungkin kamu merasa kecewa karena ternyata pekerjaanmu banyak salahnya. Meski kecewa, jangan sampai hal itu membuatmu putus asa karena dengan kesalahan itulah kamu bisa mengetahui apa yang benar.

Seperti yang telah dijelaskan pada Q.S Al – Insyirah ayat 5-6 yang berbunyi :

يُسْرًا أَلْتَسِرَ مَعَ فَإِنَّ

“Karena sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan.”

(QS. Al Insyirah: 5).

يُسْرًا أَلْتَسِرَ مَعَ إِنَّ

“Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan.”

(QS. Al Insyirah: 6).

Dari kedua ayat tersebut dapat dipahami bahwa, “setiap (satu) kesulitan maka disana ada (dua) kemudahan.” Dan penulis sudah membuktikan berkali-kali, lebih banyak kemudahan yang didapat dibanding kesulitan yang ada. Dan setiap hambatan merupakan jalan untuk mencapai kesuksesan.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur atas terselesaikannya skripsi ini dengan judul “ANTISIPASI KETERLAMBATAN WAKTU PENYELESAIAN PROYEK DENGAN MENGGUNAKAN METODE *WHAT IF ANALYSIS* DAN *CRASH PROGRAM*” (Studi Kasus Proyek Pembangunan Jembatan Kaligawe – Semarang). Penyusunan skripsi ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk mendapatkan gelar sarjana. Penulis menyadari bahwa penulisan kripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu dengan kerendahan hati penulis mohon maaf atas segala kekurangan.

Penyusunan skripsi ini tidak akan berhasil tanpa ada bantuan dan kerjasama dari pihak lain. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dan mendorong terwujudnya skripsi ini. Segala kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih khususnya kepada :

1. Kedua orangtua saya, abah Fatoni dan mama Taryunah atas semangat serta do'a yang tiada henti yang diberikan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan studi S1.
2. Kedua kakak saya mbak Rini dan mas Adi yang bersedia bersama-sama membiayai studi penulis memberikan motivasi untuk menjadi orang yang berakhlak dan bermoral.
3. Bapak Andre Sugiyono, S.T., M.M., Ph.D selaku dosen pembimbing pertama dan bapak Ir. Irwan Sukendar ST., M.T.,IPM selaku dosen pembimbing kedua, yang penuh kesabaran membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini.
4. Ibu Wiwiek Fatmawati, S.T., M.Eng selaku dosen ketua penguji, bapak Brav Deva Bernadhi, S.T., M.T selaku dosen penguji II, bapak Akhmad Syakhroni, S.T., M.Eng selaku dosen penguji III yang telah memberikan saran dan kritikan yang membangun kepada penulis dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.

5. Bapak Willy dan Bapak Heri selaku pembimbing lapangan yang telah memberikan waktu dan kesempatan bagi penulis untuk melakukan penelitian.
6. Keluarga besar MAHAPATI, terimakasih atas motivasi, segala bentuk perhatian, dan bimbingan karakter yang telah berikan kepada penulis. Terimakasih atas dukungan dan kebahagiaan yang penulis dapatkan selama kurang lebih 4 tahun ini, semoga persudaraan yang telah terjalin kekal sampai akhir hayat.
7. Nandya Anisha dan Nadhil Anazhim Izhhar Nubli yang selalu ada dalam seluruh kondisi pertemanan yang sangat luar biasa.
8. Girls Squad C (Hestu, Wakhid, Yunita, Oce, Ncik, Yuan, Sumprit, Lita, Rina, Ummi, dan Winda) temen-temen sekelas yang selalu mengisi tawa di dalam kelas C.
9. Pendekar Crew yang selalu resek dalam keramaian kelas mengisi hiburan dan mengundang gelak tawa.
10. Seluruh Keluarga Tuying (Rizka, Dita, Nadhya, Kiki, Rudi, Ferhat, Dimas, Ayip) yang selalu memberikan dukungan dan semangat serta candaan-candaan receh kepada penulis.
11. Aisyah Kos, terimakasih atas 4 tahun selama berada di kos, mengisi keramaian dalam memasak, mencuci baju, dan melakukan aktifitas di dalam kos.
12. Seluruh keluarga besar Teknik Industri Unissula angkatan 2015 semoga seluruh teman-teman angkatan 2015 sukses dan selalu ingat kepada teman-teman lainnya dan selalu membantu dalam suka dan duka.

Penulis memohon maaf sebesar-besarnya apabila dalam skripsi ini terdapat banyak kesalahan. Semoga skripsi ini dapat menginspirasi dalam membuat karya tulis yang lebih baik.

Semarang, 03 Oktober 2019

Yang menyatakan



Siti Nur Fatimah  
NIM.31601501177

## DAFTAR ISI

<b>LAPORAN TUGAS AKHIR</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN JUDUL (Bahasa Inggris)</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN JUDUL (Bahasa Indonesia)</b> .....	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>SURAT PERNYATAAN KEASLIAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>SURAT PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYAILMIAH</b> .....	<b>vii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	<b>ix</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xv</b>
<b>Abstrak</b> .....	<b>xvi</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	3
1.3 Pembatasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI</b> .....	<b>5</b>
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2 Landasan Teori .....	10
2.2.1 Pengertian Proyek.....	10
2.2.2 Pengertian Manajemen Proyek.....	15
2.2.3 Penjadwalan dengan Kurva S.....	17
2.2.4 Pengertian <i>What If Analysis</i> .....	18
2.2.5 <i>Crashing</i> Program.....	19
2.2.6 Pengertian Critical Path Method .....	20
2.2.7 Analisa Jaringan Kerja .....	21
2.2.8 Durasi Proyek .....	28
2.2.9 Analisis Optimasi .....	29
2.2.10 <i>Microsoft Project</i> .....	30
2.3 Hipotesis dan Kerangka Teoritis .....	31
2.3.1 Hipotesis.....	31
2.3.2 Kerangka Teoritis .....	31

<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>33</b>
3.1 Pengumpulan Data.....	33
3.2 Teknik Pengumpulan Data.....	33
3.2.1 Melakukan Studi Pustaka dan Lapangan .....	33
3.2.2 Mengidentifikasi Permasalahan Perusahaan .....	34
3.2.3 Menentukan Batasan Penelitian .....	34
3.3 Pengujian Hipotesa .....	34
3.4 Metode Analisa.....	36
3.5 Pembahasan.....	36
3.6 Penarikan Kesimpulan .....	36
3.7 Diagram Alir.....	37
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>38</b>
4.1 Pengumpulan Data.....	38
4.1.1 Pengendalian Kurva S Pada Proyek Pembangunan Jembatan Kaligawe Semarang .....	38
4.1.2 Data Uraian Aktivitas dan RAB Proyek Jembatan.....	39
4.1.3 <i>Breakdown</i> Kegiatan.....	44
4.2 Pengolahan Data.....	50
4.2.1 <i>Microsoft Project</i> .....	50
4.2.2 Jaringan Kerja Metode CPM.....	2
4.2.3 Perhitungan Metode <i>Crashing Program</i> .....	55
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>94</b>
5.1 Kesimpulan.....	94
5.2 Saran .....	94
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Kajian Tinjauan Pustaka .....	7
<b>Tabel 2.2</b> Perbedaan Manajemen Proyek dengan Manajemen Klasik .....	16
<b>Tabel 2.3</b> Koefisien Penurunan Produktivitas Kerja.....	20
<b>Tabel 4.1</b> Data Uraian Aktivitas dan RAB Proyek Jembatan .....	39
<b>Tabel 4.2</b> Breakdown Kegiatan Jembatan .....	44
<b>Tabel 4.3</b> Hasil Crashing Duration.....	64
<b>Tabel 4.4</b> Hasil Biaya Penambahan Jam Kerja.....	66
<b>Tabel 4.5</b> Hasil Cost Slope Penambahan Jam Kerja .....	67
<b>Tabel 4.6</b> Aktivitas Keterlambatan 10% .....	80
<b>Tabel 4.7</b> Aktivitas Keterlambatan 15% .....	82
<b>Tabel 4.8</b> Aktivitas Keterlambatan 20% .....	84
<b>Tabel 4.9</b> Biaya Akibat Keterlambatan 10% .....	86
<b>Tabel 4.10</b> Biaya Akibat Keterlambatan 15% .....	87
<b>Tabel 4.11</b> Biaya Akibat Keterlambatan 20% .....	88

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Hubungan Keperluan Sumber Daya Terhadap Waktu dalam Siklus Proyek.....	12
<b>Gambar 2.2</b> <i>Triple Constraint</i> .....	14
<b>Gambar 2.3</b> Hubungan Antar Kegiatan .....	14
<b>Gambar 2.4</b> Hubungan Antar Kegiatan .....	23
<b>Gambar 2.5</b> Hubungan Antar Kegiatan .....	23
<b>Gambar 2.6</b> Hubungan Antar Kegiatan .....	24
<b>Gambar 2.7</b> Hubungan Antar Kegiatan .....	24
<b>Gambar 2.8</b> Hubungan Antar Kegiatan .....	25
<b>Gambar 2.9</b> Hubungan Antar Kegiatan .....	26
<b>Gambar 2.10</b> Notasi Pada Node Kegiatan .....	27
<b>Gambar 2.11</b> Parameter Model CPM .....	30
<b>Gambar 2.12</b> Lanjutan Kerangka Pemikiran .....	32
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir .....	37

## **Abstrak**

*Pembangunan proyek jembatan yang berada di Jl. Kaligawe Raya KM.1 No.96, Tambakrejo, Gayamsari, Kota Semarang, Jawa Tengah, merupakan jembatan yang perlu adanya pembaharuan dikarenakan jembatan sebelah Utara sudah cukup lama dan untuk balok header batas banjir sudah mencapai titik batas banjir.*

*PT. SUBASUMI CIPTA SENAWIR dan PT. BERMUDA MULYA BUWANA, KSO sub kontraktor dari pembangunan proyek jembatan. Proyek dimulai pada tanggal 19 Oktober 2018 dan selama berlangsungnya proyek jembatan ini dalam menjalankan suatu proyek tersebut, baik pemilik maupun sub kontraktor menggunakan pengendalian kurva S berfungsi sebagai monitoring dan controlling sebuah proyek.(Selaras J. R., 2015).*

*Pada bulan Desember 2018 proyek mengalami permasalahan, penyebab permasalahan ini yaitu banjir, rob, air kiriman dan sampai sekarang belum bisa diprediksi. Sehingga jadwal yang dirancang sedemikian rupa mengalami kemunduran. Awal rencana proyek ditargetkan selesai pada bulan desember 2019.*

*CPM merupakan metode dalam mengidentifikasi step-step pekerjaan yang kritis. Dengan cara tersebut perencanaan dibuat lebih detail, dengan adanya metode what if analysis dan crash program pada jalur kritis dengan total biaya pada perhitungan what if analysis yaitu biaya keterlambatan 10% Rp. 6.285.220.179,00,-, biaya keterlambatan 15% Rp. 6.899.800.986,00,-, biaya keterlambatan 20% Rp. 7.199.792.333,00,-. Total biaya pada crash program yaitu biaya crash 1 jam Rp. 5.999.894.944,00,-, biaya crash 3 jam 6.000.030.944,00,- dan biaya crash 5 jam 6.000.166.944,00,-.*

**Kata Kunci :** *Penjadwalan Proyek, Manajemen Proyek, Critical Path Method, Metode What If Analysis Menggunakan Ms. Project Dan Crashing Program.*

### **Abstract**

*The construction of the project of the bridge that located in St. Kalogawe Raya Km 01, No. 96, tambakrejo, Gayamsari, Semarang, Central Java. Is one of the bridge that needs some innovation, its because of the ages of the north bridge and for the flood detector is reach out of the constraint.*

*PT SUBASUMI CIPTA SENAWIR and PT BERMUDA MULYA BUWANA, KSO Sub Contractor of the bridge project's construction. The project began on October 19, 2018 and during the project of the bridge, to started the project both the owner or sub contractor used controlling S line as a monitor and controlling a project.*

*In December 2018 the project had a matters, the caused of this matters were flood by rain or sea, and still cannot be predicted untill now. However, the schedules that planned has suffered a setback. The project plan was targeted completed in December 2019.*

*CPM is the method to identified the steps of critical job. In that way, planning is made more details, with a method of what if analysis and crash programs on critical track with a total cost of what if analysis delayed cost is 10%, Rp. 6.285.220.179,00-, delayed cost 15%, Rp. 6.899.800.986,00-, delayed cost 20%, Rp. 7.199.792.333,00,-. With total cost of crash programs Rp. 5.999.894.944,00/1 hours, crash cost Rp. 6.000.166.944,00/3 hours, crash cost Rp. 6.000.166.944,00/5 hours.*

**Key words :** *Project Schedules, Management of Project, Critical Path Method, Method What If Analysis with Ms. project and Crashing Programs.*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pembangunan pembaharuan jembatan yang berada di jalan Kaligawe Raya KM. 1 Semarang untuk meningkatkan kelancaran pengguna jalan. Jembatan sebagai prasarana transportasi mempunyai manfaat yang dominan bagi pergerakan lalu lintas. Jembatan adalah istilah umum untuk konstruksi yang dibangun sebagai jalur transportasi yang melintasi sungai. Pada dasarnya pembangunan jembatan tidak hanya bertujuan untuk alat penghubung saja, tetapi juga mempunyai tujuan dan fungsi luas.

Proyek pembangunan pembaharuan jembatan Kaligawe dimulai pada tanggal 19 Oktober 2018, 435 hari kalender dengan nilai kontrak anggaran biaya sebesar Rp. 30.072.727.990,50. Proyek jembatan ini dilakukan untuk melengkapi sarana dan prasarana yang telah ada. Proyek jembatan Kaligawe ini diperbaharui dikarenakan jembatan sisi Utara sudah lama dan perlu adanya pembaharuan konstruksi jembatan.

Untuk dapat melaksanakan proyek ini diperlukan manajemen proyek. Pengertian dari manajemen proyek itu sendiri adalah suatu disiplin ilmu dalam hal perencanaan, pengorganisasian, pengelolaan untuk mencapai tujuan-tujuan proyek. Sedangkan pengertian dari proyek itu sendiri sebuah kegiatan yang sifatnya sementara yang sudah ditetapkan awal pekerjaannya dan waktu selesainya, dan untuk menghasilkan perubahan yang bermanfaat yang mempunyai nilai tambah.

Ada beberapa kendala yang ditemui di lapangan pada proyek pembangunan jembatan Kaligawe Semarang ini mengalami keterlambatan dikarenakan adanya permasalahan pada non teknis diantaranya adalah pembebasan lahan, pembebasan lahan ini dikarenakan proyek tersebut memakan lahan milik warga dan perlu adanya pembebasan lahan serta proyek memakan lahan milik jaringan PDAM dan tiang listrik, dan faktor eksternal seperti cuaca/musim, proyek memiliki perkembangan yang buruk sehingga implementasi proyek tidak seperti yang direncanakan atau dapat dikatakan kemajuan proyek lebih lambat. Jika proyek jembatan ini diselesaikan

melebihi dari batas kontrak maka akan dikenakan denda, hal ini sangat merugikan bagi perusahaan tersebut.

Adapun keterlambatan yang terjadi pada bulan Desember 2018 seharusnya proyek dikerjakan sudah mencapai 13% tetapi proyek baru dikerjakan 8% dikarenakan proyek terkendala banjir dan rob sehingga proyek diberhentikan menunggu air surut, dimana masih banyak pekerjaan yang belum terselesaikan. Akibat dari keterlambatan tersebut hubungan antara waktu dengan biaya proyek tidak optimal. Selain itu proyek pembangunan jembatan Kaligawe ini menyebabkan akses jalan menjadi lambat bahkan terjadi kemacetan pada pagi dan sore hari.

Berdasarkan penjelasan di atas, dampak yang ditimbulkan dikarenakan keterlambatan proyek ini adalah bertambahnya waktu pelaksanaan proyek. Untuk mengatasi dari permasalahan tersebut dilakukan penelitian antisipasi keterlambatan waktu penyelesaian proyek. Dalam hal ini maka penjadwalan perlu diperhatikan agar didapatkan hasil yang logis. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *What If Analysis* yaitu usaha pemanfaatan waktu yang lebih relatif singkat dengan biaya minimum untuk mencapai suatu pekerjaan dengan hasil dan keuntungan yang lebih baik. Selain itu, proyek harus tetap memperhatikan mutu dan kualitas suatu proyek dengan mempertimbangkan jalur kritis pada proyek dalam menentukan kegiatan yang dapat dipersingkat waktu pelaksanaannya menggunakan *Crash Program*. Dan dengan bantuan *software microsoft project 2010*. Harapannya dengan menggunakan metode dan *software* tersebut dapat menghasilkan jadwal yang logis, realistis, dan untuk masa mendatang tidak terjadi keterlambatan dalam pelaksanaan proyek.

## 1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan pokok penelitian ini adalah terdapat perbedaan umur pelaksanaan proyek dengan umur rencana proyek yang telah ditetapkan. Proyek mengalami keterlambatan karena faktor non teknis dan faktor eksternal yang menghambat proses jalannya proyek dan menyebabkan kemunduran waktu pelaksanaan proyek.

## 1.3 Pembatasan Masalah

Untuk memfokuskan masalah yang akan dibahas maka perlu adanya pembatasan masalah, antara lain :

- a. Penelitian dilakukan pada proyek pembangunan pembaharuan pada jembatan Kaligawe – Semarang.
- b. Analisa metode *What If Analysis* dan metode *Crashing Program* ini dilakukan menggunakan *software Microsoft Project 2010*.
- c. Data–data yang diperlukan adalah data anggaran keuangan, dan penjadwalan pengerjaan proyek.
- d. Waktu penelitian dilakukan selama 2 bulan (11 Maret – 12 Mei 2019).

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian tugas akhir ini adalah untuk mengantisipasi waktu pelaksanaan keterlambatan proyek sehingga mendapatkan hasil yang lebih optimal.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun kegunaan dari penelitian ini yaitu untuk :

- a. Menyelesaikan proyek tepat waktu sehingga penggunaan anggaran menjadi efisien dan tidak terjadi pemborosan.
- b. Mengetahui kegiatan mana yang harus bekerja keras diselesaikan agar jadwal dapat terpenuhi.
- c. Mempraktekkan teknik penjadwalan di dunia nyata dengan melihat keadaan dilapangan yang begitu rumit dan saling mempengaruhi.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan dalam laporan tugas akhir ini yaitu sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Terdiri dari lima sub bab yaitu latar belakang, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan penelitian dan manfaat penelitian. Pada bab ini diharapkan pembaca bisa mendapatkan gambaran tentang apa saja yang akan dibahas didalam tugas akhir ini atau dengan kata lain bab ini merupakan pengantar untuk bab – bab berikutnya.

### **BAB II LANDASAN TEORI**

Bab ini memuat materi – materi metode berisi tentang teori *manajemen* proyek, pembahasan *What If Analysis* dan penggunaan *Crash Program* agar proyek bisa dipercepat.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini berisi gambaran mengenai metode penelitian yang dilakukan oleh penulis dalam melakukan tugas akhir ini. Pada bab ini terdiri atas penelitian lapangan, dan langkah – langkah yang akan dilakukan saat mengolah data menggunakan metode *What If Analysis* dan *Crash Program*.

### **BAB IV HASIL PENELITIAN DAN ANALISA DATA**

Pada bab ini ada dua hal yang menjadi keutamaan yaitu pengolahan data dengan mengolah data dan hasil yang dihasilkan dari mengolah data yang berkaitan dengan pembahasan tersebut. Serta hasil perbandingan dari pengendalian kurva S dengan metode *What If Analysis* serta percepatan proyek dengan *Crash Program*.

### **BAB V KESIMPULAN**

Dalam bab ini berisi tentang kesimpulan yang didapat dari hasil permasalahan yang ada, disertai saran dalam pemecahan permasalahannya.

### **DAFTAR PUSTAKA**

### **LAMPIRAN – LAMPIRAN**

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Peneliti terdahulu yang melakukan penelitian mengenai metode *What If Analysis* dan metode *Crashing Program* dilakukan oleh Ratna S. Alifen, Ruben S. Setiawan, Andi Sunarto dengan judul “Analisa *What If* Sebagai Metode Antisipasi Keterlambatan Durasi Proyek”. Dalam penelitian ini mengenai *What If Analysis* dan metode *Crashing Program* digunakan untuk mengantisipasi keterlambatan durasi proyek. Dengan hasil perhitungan menggunakan metode tersebut menghasilkan hasil optimal. Setiap aktivitas baik kritis maupun non kritis pada jaringan kerja CPM memiliki karakteristik yang berbeda-beda, baik dari sisi kontraktor maupun dari sisi pemilik, hal ini sangat tergantung pada perencanaan jaringan kerja yang dipengaruhi oleh beberapa parameter, antara lain durasi aktivitas, total jam-orang, jumlah pekerja, dan nilai *float*. Peranan dari masing-masing parameter dapat dinyatakan melalui analisa *What If* dalam bentuk grafik yang lebih komunikatif yang akan bermanfaat bagi pemilik maupun kontraktor.

Penelitian lain dilakukan oleh Andrea Saputra A. P., As’ad Munawir, Indradi Wijatmiko dengan judul “Analisis Percepatan Aktifitas Pada Proyek Jalan Dengan Menggunakan Metode *Fast Track* , *Crash Program*, Dan *What-If*”. Dengan hasil penelitian menggunakan tiga metode tersebut metode yang dapat mengembalikan durasi proyek seperti awal rencana adalah *crash program*.

Penelitian dilakukan oleh Saifoe El Unas, M. Hamzah Hasyim, Kartika Puspa Negara dengan judul “Antisipasi Keterlambatan Proyek Menggunakan Metode *What If* Diterapkan Pada *Microsoft Project*”. Hasil akhir pada perhitungan “*what if*” yang dilakukan secara manual disajikan berupa grafik, sedangkan pada analisis “*what if*” yang menggunakan bantuan software *Microsoft Project* disajikan berupa *gant chart*. Penambahan dalam grafik dilakukan hanya satuan pekerja atau tenaga kerja, jam kerja sedangkan pada *Microsoft Project* dilakukan penambahan secara tim tenaga kerja jam kerja.

Penelitian dilakukan oleh Ineu Widaningsih, Anastasia Lidya Maukar, Avania Shinta dengan judul “Antisipasi Keterlambatan Proyek Pembangunan Shelter dengan Menggunakan Metode *What-If Analysis*”. Dengan hasil Perbaikan dilakukan dengan berfokus pada salah satu aktivitas kritis ataupun pada aktivitas pengikut, agar durasi penyelesaian proyek tetap sesuai dengan durasi yang telah diperkirakan. Adapun perbaikan penelitian ini adalah menentukan aktivitas kritis terlebih dahulu. Aktivitas kritis yang terdapat pada proyek ini adalah aktivitas J (Penggantian tanah dan pengukuran bowplang), M (pengecoran *sloop* kolom dan lantai, N (*Finishing* (pembangunan)), P (Instalasi *mechanical* dan *electrical*), Q (*Finishing*), R (*Test Comm*), S (Dokumentasi LPS), T (Dokumentasi (BAPS). Jika mengalami keterlambatan pada salah satu aktivitas pada proyek maka salah satu upaya yang dilakukan agar proyek tetap selesai tepat waktu adalah dengan menambahkan pekerja dan waktu kerja pada aktivitas pengikut, dengan penambahan *arrange* waktu percepatan sebanyak 10% - 100%.

Penelitian dilakukan oleh Yohanes Stefanus, Indradi Wijatmik, Eko Andi Suryo dengan judul “Analisis Percepatan Waktu Penyelesaian Proyek Menggunakan Metode *Fast-Track* Dan *Crash Program*”. Dari perbandingan hasil dengan menggunakan metode *fast-track* dan *crash program* diketahui bahwa dari segi waktu sama-sama selesai dalam kurun waktu 233 hari, sedangkan dari segi biaya metode *fast-track* lebih murah dibandingkan dengan metode *crash program*. Namun metode *fast-track* memiliki resiko lebih besar karena apabila salah satu pekerjaan yang berada pada lintasan kritis terlambat akan mempengaruhi seluruh pekerjaan kritis lainnya.

Tabel 2.1 Kajian Tinjauan Pustaka

No.	Nama Peneliti dan Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Teknik Analisis	Hasil Penelitian
1.	Ratna S. Alifen, Ruben S. Setiawan, Andi Sunarto, 1999	Analisa “ <i>What If</i> ” Sebagai Metode Antisipasi Keterlambatan Durasi Proyek	<i>What If Analysis</i>	<p>Setiap aktivitas baik kritis maupun non kritis pada jaringan kerja CPM memiliki karakteristik yang berbeda-beda, baik dari sisi kontraktor maupun dari sisi pemilik, hal ini sangat tergantung pada perencanaan jaringan kerja yang dipengaruhi oleh beberapa parameter, antara lain durasi aktivitas, total jam-orang, jumlah pekerja, dan nilai float. Peranan dari masing-masing parameter dapat dinyatakan melalui analisa</p> <p>“what if” dalam bentuk grafik yang lebih komunikatif yang akan bermanfaat bagi pemilik maupun kontraktor</p>
2.	Andrea Saputra A. P., As’ad Munawir, Indradi Wijatmiko, 2017	Analisis Percepatan Aktifitas Pada Proyek Jalan Dengan Menggunakan Metode <i>Fast Track</i> , <i>Crash Program</i> , Dan <i>What-If</i>	<i>Fast Track</i> , <i>Crash Program</i> , dan <i>What If</i>	Kesimpulannya adalah bahwa dari 3 metode tidak ada yang bisa mengembalikan keterlambatan seperti rencana awal. Analisis percepatan yang mendekati dengan durasi awal proyek adalah metode fast track yaitu 373 hari. Maka dilakukan kombinasi metode percepatan fast track dan crash program yang bisa

Tabel 2.1 Lanjutan Kajian Tinjauan Pustaka

				mengembalikan durasi proyek seperti awal rencana yaitu 341 hari dengan biaya total proyek Rp. 58.372.515.268,-
3.	Saifoe El Unas, M. Hamzah Hasyim, Kartika Puspa Negara, 2016	Antisipasi Keterlambatan Proyek Menggunakan Metode <i>What If</i> Diterapkan Pada <i>Microsoft Project</i>	<i>What If Analysis</i>	Hasil akhir pada perhitungan “what if” yang dilakukan secara manual disajikan berupa grafik, sedangkan pada analisis “what if” yang menggunakan bantuan software Microsoft Project disajikan berupa gant chart. Penambahan dalam grafik dilakukan hanya satuan pekerja atau tenaga kerja, jam kerja sedangkan pada Microsoft Project dilakukan penambahan secara tim tenaga kerja jam kerja.
4.	Ineu Widaningsih, Anastasia Lidya Maukar, Avania Shinta, 2017	Antisipasi Keterlambatan Proyek Pembangunan Shelter dengan Menggunakan Metode <i>What-If Analysis</i>	<i>What If Analysis</i>	Perbaikan dilakukan dengan berfokus pada salah satu aktivitas kritis ataupun pada aktivitas pengikut, agar durasi penyelesaian proyek tetap sesuai dengan durasi yang telah diperkirakan. Adapun perbaikan penelitian ini adalah menentukan aktivitas kritis terlebih dahulu. Aktivitas kritis yang terdapat pada proyek ini adalah aktivitas J (Penggantian tanah dan pengukuran bowplang), M (pengecoran sloop kolom dan

Tabel 2.1 Lanjutan Kajian Tinjauan Pustaka

				<p>lantai, N (Finishing (pembangunan)), P (Instalasi mechanical dan electrical), Q (Finishing), R (Test Comm), S (Dokumentasi LPS), T (Dokumentasi (BAPS)).</p> <p>Jika mengalami keterlambatan pada salah satu aktivitas pada proyek maka salah satu upaya yang dilakukan agar proyek tetap selesai tepat waktu adalah dengan menambahkan pekerja dan waktu kerja pada aktivitas pengikut, dengan penambahan arrange waktu percepatan sebanyak 10% - 100%</p>
5.	Yohanes Stefanus, Indradi Wijatmik, Eko Andi Suryo, 2017	Analisis Percepatan Waktu Penyelesaian Proyek Menggunakan Metode <i>Fast-Track</i> Dan <i>Crash</i> Program	<i>Fast-Track</i> Dan <i>Crash</i> Program	<p>Dari perbandingan hasil dengan menggunakan metode <i>fast-track</i> dan <i>crash</i> program diketahui bahwa dari segi waktu sama-sama selesai dalam kurun waktu 233 hari, sedangkan dari segi biaya metode <i>fast-track</i> lebih murah dibandingkan dengan metode <i>crash</i> program. Namun metode <i>fast-track</i> memiliki resiko lebih besar karena apabila salah satu pekerjaan yang berada pada lintasan kritis terlambat akan mempengaruhi seluruh pekerjaan kritis lainnya.</p>

## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 Pengertian Proyek

Proyek dalam analisis jaringan kerja adalah serangkaian kegiatankegiatan yang bertujuan untuk menghasilkan produk yang unik dan hanya dilakukan dalam periode tertentu (temporer) (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 kriteria mutunya telah digariskan dengan jelas.

Munawaroh (2003) menyatakan proyek merupakan bagian dari program kerja suatu organisasi yang sifatnya temporer untuk mendukung pencapaian tujuan organisasi, dengan memanfaatkan sumber daya manusia maupun non sumber daya manusia.

Menurut Subagya (2000) :

Proyek adalah suatu pekerjaan yang memiliki tanda-tanda khusus sebagai berikut, yaitu,

1. Waktu mulai dan selesainya sudah direncanakan.
2. Merupakan suatu kesatuan pekerjaan yang dapat dipisahkan dari yang lain.
3. Biasanya volume pekerjaan besar dan hubungan antar aktifitas kompleks.

Heizer dan Render (2005) menjelaskan bahwa proyek dapat didefinisikan sebagai sederetan tugas yang diarahkan kepada suatu hasil utama.

Menurut Akbar (2002) :

Kegiatan proyek – dalam proses mencapai hasil akhirnya dibatasi oleh anggaran, jadwal, dan mutu yang harus dipenuhi – dibedakan dari kegiatan operasional, hal tersebut karena sifatnya yang dinamis, non-rutin, multikegiatan dengan intensitas yang berubah-ubah, serta memiliki siklus yang pendek.

Dalam Meredith dan Mantel (2006) dikatakan bahwa ”*The project is complex enough that the subtasks require careful coordination and control in terms of timing, precedence, cost, and performance.*”

Menurut Yamit (2000), setiap pekerjaan yang memiliki kegiatan awal dan memiliki kegiatan akhir, dengan kata lain setiap pekerjaan yang dimulai pada waktu tertentu dan direncanakan selesai atau berakhir pada waktu yang telah ditetapkan disebut proyek.

### **Ciri-ciri Proyek**

Berdasarkan pengertian proyek di atas, ciri-ciri proyek antara lain :

- a. Memiliki tujuan tertentu berupa hasil kerja akhir.
- b. Sifatnya sementara karena siklus proyek relatif pendek.
- c. Dalam proses pelaksanaannya, proyek dibatasi oleh jadwal, anggaran biaya, dan mutu hasil akhir.
- d. Merupakan kegiatan nonrutin, tidak berulang-ulang. Keperluan sumber daya berubah, baik macam maupun volumenya.

### **Jenis-jenis Proyek**

Menurut Soeharto (1999), proyek dapat dikelompokkan menjadi :

- a. Proyek *Engineering*-Konstruksi  
Terdiri dari pengkajian kelayakan, *desain engineering*, pengadaan, dan konstruksi.
- b. Proyek *Engineering*-Manufaktur  
Dimaksudkan untuk membuat produk baru, meliputi pengembangan produk, manufaktur, perakitan, uji coba fungsi dan operasi produk yang dihasilkan.
- c. Proyek Penelitian dan Pengembangan  
Bertujuan untuk melakukan penelitian dan pengembangan dalam rangka menghasilkan produk tertentu.
- d. Proyek Pelayanan Manajemen  
Proyek pelayanan manajemen tidak memberikan hasil dalam bentuk fisik, tetapi laporan akhir, misalnya merancang sistem informasi manajemen.

e. Proyek Kapital

Proyek kapital merupakan proyek yang berkaitan dengan penggunaan dana kapital untuk investasi.

f. Proyek Radio-Telekomunikasi

Bertujuan untuk membangun jaringan telekomunikasi yang dapat menjangkau area yang luas dengan biaya minimal.

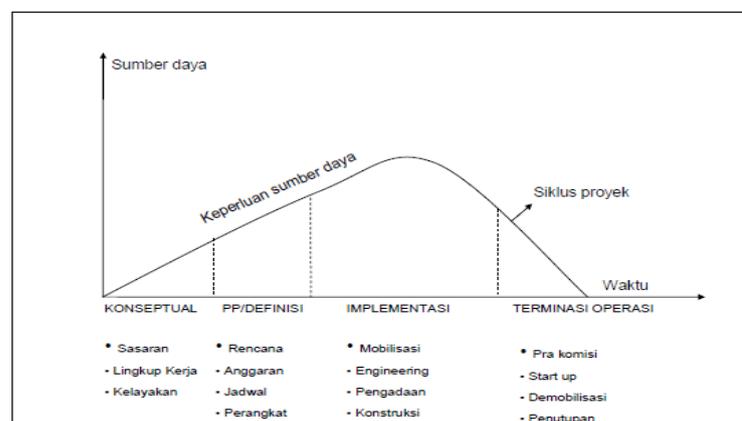
g. Proyek Konservasi Bio-Diversity

Proyek konservasi bio-diversity merupakan proyek yang berkaitan dengan usaha pelestarian lingkungan.

### Tahap Siklus Proyek

Kegiatan-kegiatan dalam sebuah proyek berlangsung dari titik awal, kemudian jenis dan intensitas kegiatannya meningkat hingga ke titik puncak, turun, dan berakhir, seperti ditunjukkan dalam Gambar dibawah ini Kegiatan-kegiatan tersebut memerlukan sumber daya yang berupa jam-orang (*man-hour*), dana, material atau peralatan (Soeharto, 1999).

### Hubungan Keperluan Sumber Daya Terhadap Waktu dalam Siklus Proyek



**Gambar 2.1** Hubungan Keperluan Sumber Daya Terhadap Waktu dalam Siklus Proyek

Sumber : Manajemen Proyek : Dari Konseptual Sampai Operasional, 1999  
Menurut Soeharto (1999), salah satu sistematika penahapan yang disusun oleh PMI (*Project Management Institute*) terdiri dari tahap-tahap konseptual, perencanaan dan pengembangan (PP/Definisi), implementasi, dan terminasi.

a. Tahap Konseptual

Dalam tahap konseptual, dilakukan penyusunan dan perumusan gagasan, analisis pendahuluan, dan pengkajian kelayakan. *Deliverable* akhir pada tahap ini adalah dokumen hasil studi kelayakan.

b. Tahap PP/Definisi

Kegiatan utama dalam tahap PP/Definisi adalah melanjutkan evaluasi hasil kegiatan tahap konseptual, menyiapkan perangkat (berupa data, spesifikasi teknik, *engineering*, dan komersial), menyusun perencanaan dan membuat keputusan strategis, serta memilih peserta proyek. *Deliverable* akhir pada tahap ini adalah dokumen hasil analisis lanjutan kelayakan proyek, dokumen rencana strategis dan operasional proyek, dokumen anggaran biaya, jadwal induk, dan garis besar kriteria mutu proyek.

c. Tahap Implementasi

Pada umumnya, tahap implementasi terdiri dari kegiatan *desain-engineering* yang rinci dari fasilitas yang hendak dibangun, pengadaan material dan peralatan, manufaktur atau pabrikasi, dan instalasi atau konstruksi. *Deliverable* akhir pada tahap ini adalah produk atau instalasi proyek yang telah selesai.

d. Tahap Terminasi

Kegiatan pada tahap terminasi antara lain mempersiapkan instalasi atau produk beroperasi (uji coba), penyelesaian administrasi dan keuangan lainnya. *Deliverable* akhir pada tahap ini adalah instalasi atau produk yang siap beroperasi dan dokumen pernyataan penyelesaian masalah asuransi, klaim, dan jaminan.

e. Tahap Operasi atau *Utilitas*

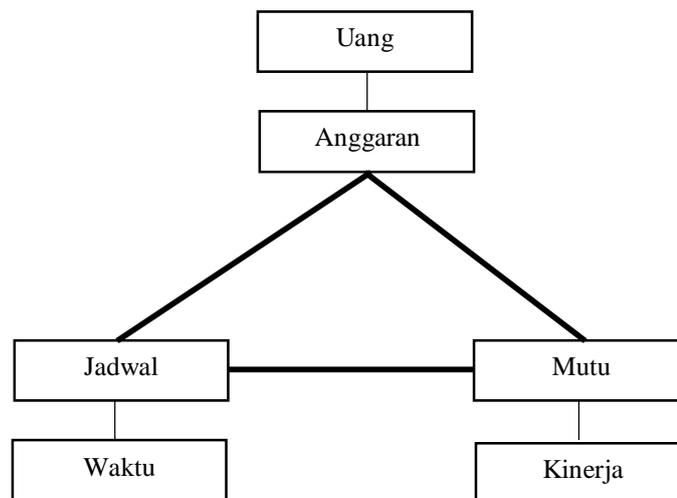
Dalam tahap ini, kegiatan proyek berhenti dan organisasi operasi mulai bertanggung jawab atas operasi dan pemeliharaan instalasi atau produk hasil proyek.

**Sasaran dan Tiga Kendala Proyek**

Pencapaian sasaran dan tujuan dari proyek yang telah ditentukan terdapat batasan – batasan dalam suatu proyek yaitu *Triple Constraint* atau tiga kendala yang terdiri dari :

- a. Biaya/Anggaran (*Cost*)
- b. Waktu/Jadwal (*Time*)
- c. Mutu (*Quality*)

Sudut pandang teknis ukuran keberhasilan proyek, sejauh mana ketiga sasaran tersebut dapat dipenuhi. Untuk itu diperlukan suatu pengaturan yang baik, sehingga perpaduan antara ketiganya sesuai dengan yang diinginkan, yaitu dengan manajemen proyek. Penjelasan menurut Soeharto, (1999).



(Sumber Soeharto, (1999))

**Gambar 2.2** *Triple Constraint*

Proses mencapai tujuan telah ditentukan batasan yaitu besar biaya (anggaran) yang dialokasikan, dan jadwal serta mutu yang harus dipenuhi. Ketiga batasan diatas disebut ketiga kendala (*triple constrain*). *Triple Constrain* merupakan parameter penting bagi penyelenggara proyek yang sering diasosiasikan sebagai saran proyek.

- a. Anggaran proyek harus diselesaikan dengan biaya yang tidak melebihi anggaran. Untuk proyek – proyek yang melibatkan dana jumlah besar dan jadwal bertahun – tahun, anggarannya bukan hanya ditentukan untuk total proyek tetapi dipecah bagi komponen – komponennya, atau perperiode tertentu yang jumlahnya disesuaikan dengan keperluan. Dengan demikian, penyelesaian bagian – bagian proyek pun harus memenuhi sasaran anggaran perperiode.

- b. Jadwal proyek harus dikerjakan sesuai dengan kurun waktu dan tanggal akhir yang telah ditentukan.
- c. Mutu atau hasil kegiatan proyek harus memenuhi spesifikasi dan kriteria yang dipersyaratkan.

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

### **2.2.2 Pengertian Manajemen Proyek**

H. Kerzner (dikutip oleh Soeharto, 1999) menyatakan, melihat dari wawasan manajemen, bahwa manajemen proyek adalah merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan.

Berbeda dengan definisi H. Kerzner (dikutip oleh Soeharto, 1999), PMI (*Project Management Institute*) (dikutip oleh Soeharto, 1999), mengemukakan definisi manajemen proyek sebagai berikut :

Manajemen proyek adalah ilmu dan seni yang berkaitan dengan memimpin dan mengkoordinir sumber daya yang terdiri dari manusia dan material dengan menggunakan tehnik pengelolaan modern untuk mencapai sasaran yang telah ditentukan, yaitu lingkup, mutu, jadwal, dan biaya, serta memenuhi keinginan para stake holder. Berikut ini perbedaan manajemen proyek dengan manajemen klasik menurut D.I. Cleland dan W.R. King (dikutip oleh Soeharto, 1999) :

Tabel 2.2 Perbedaan Manajemen Proyek dengan Manajemen Klasik

**Perbedaan Manajemen Proyek dengan Manajemen Klasik**

Fenomena	Wawasan proyek (Manajemen Proyek)	Wawasan Fungsional (Manajemen Klasik)
Lini – staf dikotomi	Hierearki lini-staf serta wewenang dan tanggung jawab tetap ada sebagai fungsi penunjang.	Fungsi lini mempunyai tanggung jawab tunggal untuk mencapai sasaran.
Hubungan atasan dan bawahan.	Manajer ke spesialis, kelompok dengan kelompok.	Merupakan dasar hubungan pokok dalam struktur organisasi.
Kerja sama untuk mencapai tujuan.	Unsur-unsur rantai hubungan vertikal tetap ada, ditambah adanya arus kegiatan horisontal.	Kegiatan utama organisasi dilakukan menurut hirearki vertikal.
Kerja sama untuk mencapai tujuan.	Joint venture para peserta, ada tujuan yang sama dan ada juga yang berbeda.	Kelompok dalam organisasi dengan tujuan tunggal.
Kesatuan komando.	Manajer proyek mengelola, menyilang lini fungsional untuk mencapai sasaran.	Manajer lini merupakan pimpinan tunggal dari kelompok yang bertujuan sama.
Wewenang dan tanggung jawab	Terdapat kemungkinan tanggung jawab lebih besar dari otoritas resmi.	Tanggung jawab sepadan dengan wewenang, integritas, tanggung jawab, dan wewenang terpelihara
Jangka waktu	Kegiatan manajemen proyek berlangsung dalam jangka pendek. Tidak cukup waktu untuk mencapai optimasi operasional proyek.	Terus-menerus dalam jangka panjang sesuai umur instalasi dan produk. Optimasi dapat diusahakan maksimal.

Sumber : Manajemen Proyek : Dari Konseptual Sampai Operasional, 1999

Menurut Siswanto (2007), dalam manajemen proyek, penentuan waktu penyelesaian kegiatan ini merupakan salah satu kegiatan awal yang sangat penting dalam proses perencanaan karena penentuan waktu tersebut akan menjadi dasar bagi perencanaan yang lain, yaitu :

- a. Penyusunan jadwal (*scheduling*), anggaran (*budgeting*), kebutuhan sumber daya manusia (*man power planning*), dan sumber organisasi yang lain.
- b. Proses pengendalian (*controlling*).

Manajemen Proyek meliputi tiga fase (Heizer dan Render, 2005), yaitu :

- a. Perencanaan. Fase ini mencakup penetapan sasaran, mendefinisikan proyek, dan organisasi tim-nya.

- b. Penjadwalan. Fase ini menghubungkan orang, uang, dan bahan untuk kegiatan khusus dan menghubungkan masing-masing kegiatan satu dengan yang lainnya.
- c. Pengendalian. Perusahaan mengawasi sumber daya, biaya, kualitas, dan anggaran. Perusahaan juga merevisi atau mengubah rencana dan menggeser atau mengelola kembali sumber daya agar dapat memenuhi kebutuhan waktu dan biaya.

Handoko (1999) menyatakan tujuan manajemen proyek adalah sebagai berikut:

- a. Tepat waktu (*on time*) yaitu waktu atau jadwal yang merupakan salah satu sasaran utama proyek, keterlambatan akan mengakibatkan kerugian, seperti penambahan biaya, kehilangan kesempatan produk memasuki pasar.
- b. Tepat anggaran (*on budget*) yaitu biaya yang harus dikeluarkan sesuai dengan anggaran yang telah ditetapkan.
- c. Tepat spesifikasi (*on specification*) dimana proyek harus sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan.

### 2.2.3 Penjadwalan dengan Kurva S

Pada pembangunan jembatan di Kaligawe Semarang, penggunaan penjadwalan proyek dengan pengendalian kurva S merupakan suatu grafik hubungan antara waktu pelaksanaan proyek dengan nilai akumulasi progres pelaksanaan proyek mulai dari awal hingga proyek selesai. Kurva-S sering digunakan proyek yang berskala besar. Umumnya proyek menggunakan *S-Curve* dalam perencanaan dan *monitoring schedule* pelaksanaan proyek, baik pemerintah maupun swasta.

Kurva-S ini terdiri atas dua grafik yaitu grafik rencana dan grafik realisasi pelaksanaan. Perbedaan garis grafik pada suatu waktu yang diberikan merupakan deviasi yang dapat berupa *Ahead* (realisasi pelaksanaan lebih cepat dari rencana) dan *Delay* (realisasi pelaksanaan lebih lambat dari rencana). Indikator tersebut adalah satu-satunya yang digunakan oleh para pelaku proyek saat ini atas pengamatan pada proyek-proyek yang dikerjakan di Indonesia.

Variasi bentuk S pada kurva-s akan sesuai kondisi proyek yaitu distribusi bobot, urutan pelaksanaan, durasi, lingkup, dan yang lainnya. Sehingga tidak perlu memaksakan bentuk kurva atau grafik menyerupai S pada kurva-s, walaupun pada kebanyakan kasus kurva yang terbentuk memang mendekati huruf S.

#### 2.2.4 Pengertian *What If Analysis*

*What If Analysis* adalah metode yang digunakan untukantisipasi keterlambatan proyek, merupakan studi yang bertujuan menyelesaikan aktivitas proyek dalam kondisi terlambat dan mengejar aktivitas yang seharusnya sudah selesai tepat pada waktunya. Analisis ini dapat dilakukan dengan beberapa alternatif misalnya dengan penambahan jumlah pekerja, mengganti peralatan yang digunakan dalam pengerjaan proyek atau menambahkan pekerjaan jam pekerjaan yang dibutuhkan, untuk mengejar kembali durasi proyek yang telah disepakati (Hasyim dan Puspa, 2014).

*What If Analysis* merupakan metode sensitivitas yang sering dilakukan dibalik proses pengambilan keputusan, karena adanya ketidakpastian dan keraguan di dalam dunia nyata. Seorang pembuat keputusan (*decision maker*) yang berpengalaman sering kali tidak hanya berpacu pada rencana tunggal, biasanya mereka akan mempertimbangkan adanya kemungkinan-kemungkinan yang akan menyebabkan ketidaksesuaian dengan apa yang telah direncanakan.

Proyek konstruksi yang bersifat sangat fleksibel dan kompleks merupakan pekerjaan yang sangat beresiko tinggi, karena dilaksanakan di luar dan tergantung pada banyak pihak yang terlibat, sehingga *What If Analysis* dirasakan perlu untuk diterapkan pada perencanaan model CPM.

Pada metode *What If Analysis* terdapat rumus untuk menentukan adalah :

1. Penambahan Jumlah Pekerja

$$\Delta n = \frac{\sum \text{manhour}}{d's \times H}$$

2. Penambahan Jam Kerja

$$\Delta H = \frac{\sum \text{manhour}}{d's \times n}$$

Keterangan :

$\Delta n$  : Penambahan Jumlah Pekerja

$\Delta H$  : Penambahan Jam Kerja

$H$  : Jumlah Jam Kerja

$n$  : Jumlah Pekerja

$ds$  : Durasi Proyek

$d's$  : Durasi Percepatan Proyek

$\sum manhour$  : Jumlah Jam Pekerja

3.  $Crash Cost = \% \times Cost Normal Pekerja$

4.  $Biaya = Cost Normal Pekerja + Crash Cost$

### 2.2.5 *Crashing Program*

*Crash Program* merupakan salah satu metode penjadwalan untuk mempersingkat waktu penyelesaian suatu proyek. Dengan menggunakan CPM pada penjadwalan, diperoleh jalur kritis pada suatu proyek untuk menentukan suatu kegiatan yang dapat dipersingkat waktu pelaksanaannya.

Pada umumnya suatu proyek yang dikerjakan akan selalu memiliki resiko yang tinggi, resiko yang tinggi tersebut yang dijadikan dasar mengapa suatu perencanaan dan pelaksanaan dalam penyelesaian pekerjaan pada suatu pekerjaan proyek harus dilakukan secara tepat dan hati-hati. Selain itu suatu proyek juga akan terbatas atau dibatasi oleh biaya dan waktu yang digunakan dalam penyelesaian pekerjaannya. Karena hal tersebut maka perlu dilakukannya sebuah sistem atau cara untuk meningkatkan sebuah pengelolaan manajemen yang baik dan tepat sehingga dapat lebih diterima dengan baik oleh pihak konsumen. Sistem ini yang diharapkan dapat menentukan langkah-langkah urutan pelaksanaan pekerjaan suatu proyek dengan menggunakan metode mempersingkat waktu pelaksanaan proyek menggunakan analisa *crash program*. (Optimalisasi waktu dan biaya proyek dengan analisa *crash program*, 2014).

Adapun beberapa parameter yang yang harus dicari untuk mengetahui percepatan waktu proyek adalah sebagai berikut:

- a. 
$$\text{Produktivitas Harian} = \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi normal}}$$
- b. 
$$\text{Produktivitas Tiap Jam} = \frac{\text{Produktivitas Harian}}{8 \text{ Jam Kerja}}$$
- c. 
$$\text{Produktivitas Harian Sesudah Crash} = (8 \text{ jam} \times \text{Produktivitas Tiap Jam}) + (a \times b \times \text{Produktivitas Tiap Jam})$$

**Tabel 2.3** Koefisien Penurunan Produktivitas Kerja

Jam Lembur (Jam) (a)	Penurunan Indeks Produktivitas (b)	Prestasi Kerja (%)
1	0,1	90
2	0,2	80
3	0,3	70
4	0,4	60
5	0,5	50
6	0,6	40

(Tabel Koefisien Penurunan Produktivitas Kerja Ketetapan)

Dimana :

a = Lama penambahan jam kerja

b = Koefisien penurunan produktivitas penambahan jam kerja

- d. 
$$\text{Crash Duration} = \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas Harian Sesudah Crash}}$$
- e. 
$$\text{Crash Cost Tenaga Kerja Perhari} = \text{Normal Cost Pekerja} + (n \times \text{Biaya Lembur Perjam})$$
- f. 
$$\text{Slope} = \frac{\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost}}{\text{Normal Duration} - \text{Crash Duration}}$$

### 2.2.6 Pengertian Critical Path Method

Menurut Levin dan Kirkpatrick (1972), metode Jalur Kritis (Critical Path Method - CPM), yakni metode untuk merencanakan dan mengawasi proyek proyek merupakan sistem yang paling banyak dipergunakan diantara semua sistem lain yang memakai prinsip pembentukan jaringan. Dengan CPM, jumlah waktu yang

dibutuhkan untuk menyelesaikan berbagai tahap suatu proyek dianggap diketahui dengan pasti, demikian pula hubungan antara sumber yang digunakan dan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek. CPM adalah model manajemen proyek yang mengutamakan biaya sebagai objek yang dianalisis (Siswanto, 2007). CPM merupakan analisa jaringan kerja yang berusaha mengoptimalkan biaya total proyek melalui pengurangan atau percepatan waktu penyelesaian total proyek yang bersangkutan.

### 2.2.7 Analisa Jaringan Kerja

*Network planning* (Jaringan Kerja) pada prinsipnya adalah hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan yang digambarkan atau divisualisasikan dalam diagram network. Dengan demikian dapat dikemukakan bagian-bagian pekerjaan yang harus didahulukan, sehingga dapat dijadikan dasar untuk melakukan pekerjaan selanjutnya dan dapat dilihat pula bahwa suatu pekerjaan belum dapat dimulai apabila kegiatan sebelumnya belum selesai dikerjakan.

Simbol-simbol yang digunakan dalam menggambarkan suatu *network* adalah sebagai berikut (Hayun, 2005) :

- a.  (anak panah/busur), mewakili sebuah kegiatan atau aktivitas yaitu tugas yang dibutuhkan oleh proyek. Kegiatan di sini didefinisikan sebagai hal yang memerlukan duration (jangka waktu tertentu) dalam pemakaian sejumlah resources (sumber tenaga, peralatan, material, biaya). Kepala anak panah menunjukkan arah tiap kegiatan, yang menunjukkan bahwa suatu kegiatan dimulai pada permulaan dan berjalan maju sampai akhir dengan arah dari kiri ke kanan. Baik panjang maupun kemiringan anak panah ini samasekali tidak mempunyai arti. Jadi, tak perlu menggunakan skala.
- b.  (lingkaran kecil/simpul/*node*), mewakili sebuah kejadian atau peristiwa atau *event*. Kejadian (*event*) didefinisikan sebagai ujung atau pertemuan dari satu atau beberapa kegiatan. Sebuah kejadian mewakili satu titik dalam waktu yang menyatakan penyelesaian beberapa kegiatan dan awal beberapa kegiatan baru. Titik awal dan akhir dari sebuah kegiatan karena itu

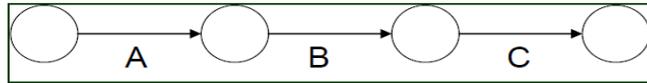
dijabarkan dengan dua kejadian yang biasanya dikenal sebagai kejadian kepala dan ekor. Kegiatan-kegiatan yang berawal dari saat kejadian tertentu tidak dapat dimulai sampai kegiatan-kegiatan yang berakhir pada kejadian yang sama diselesaikan. Suatu kejadian harus mendahulukan kegiatan yang keluar dari simpul/*node* tersebut.

- c. -----> (anak panah terputus-putus), menyatakan kegiatan semu atau dummy *activity*. Setiap anak panah memiliki peranan ganda dalam mewakili kegiatan dan membantu untuk menunjukkan hubungan utama antara berbagai kegiatan. *Dummy* di sini berguna untuk membatasi mulainya kegiatan seperti halnya kegiatan biasa, panjang dan kemiringan *dummy* ini juga tak berarti apa-apa sehingga tidak perlu berskala. Bedanya dengan kegiatan biasa ialah bahwa kegiatan *dummy* tidak memakan waktu dan sumber daya, jadi waktu kegiatan dan biaya sama dengan nol.

- d. —————> (anak panah tebal), merupakan kegiatan pada lintasan kritis.

Dalam penggunaannya, simbol-simbol ini digunakan dengan mengikuti aturan-aturan sebagai berikut (Hayun, 2005) :

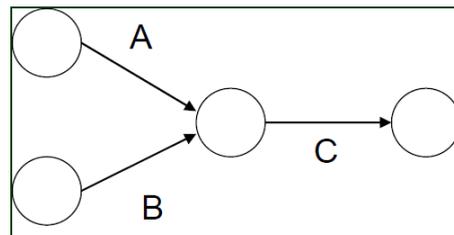
- a. Di antara dua kejadian (*event*) yang sama, hanya boleh digambarkan satu anak panah.
- b. Nama suatu aktivitas dinyatakan dengan huruf atau dengan nomor kejadian.
- c. Aktivitas harus mengalir dari kejadian bernomor rendah ke kejadian bernomor tinggi.
- d. Diagram hanya memiliki sebuah saat paling cepat dimulainya kejadian (*initial event*) dan sebuah saat paling cepat diselesaikannya kejadian (*terminal event*). Adapun logika ketergantungan kegiatan-kegiatan itu dapat dinyatakan sebagai berikut :
  - a. Jika kegiatan A harus diselesaikan dahulu sebelum kegiatan B dapat dimulai dan kegiatan C dimulai setelah kegiatan B selesai, maka hubungan antara kegiatan tersebut dapat di lihat pada gambar dibawah ini.  
Kegiatan A pendahulu kegiatan B dan kegiatan B pendahulu kegiatan C



Sumber : Operations Management, 2006

- b. Jika kegiatan A dan B dimulai, maka dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

**Kegiatan A dan B merupakan pendahulu kegiatan C**

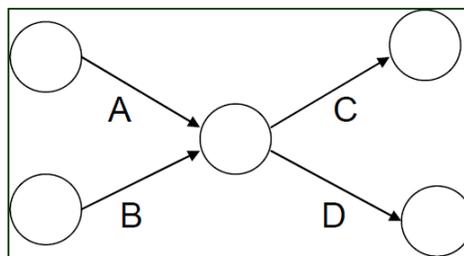


Sumber : Manajemen Proyek : Dari Konseptual Sampai Operasional, 1999

**Gambar 2.3** Hubungan Antar Kegiatan

- c. Jika kegiatan A dan B harus dimulai sebelum kegiatan C dan D maka dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

**Kegiatan A dan B merupakan pendahulu kegiatan C dan D**

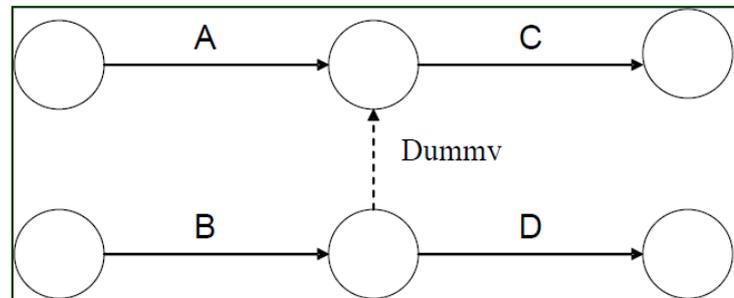


Sumber : Manajemen Proyek : Dari Konseptual Sampai Operasional, 1999

**Gambar 2.4** Hubungan Antar Kegiatan

- d. Jika kegiatan A dan B harus selesai sebelum kegiatan C dapat dimulai, tetapi D sudah dapat dimulai bila kegiatan B sudah selesai, maka dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

**Kegiatan B merupakan pendahulu kegiatan C dan D**



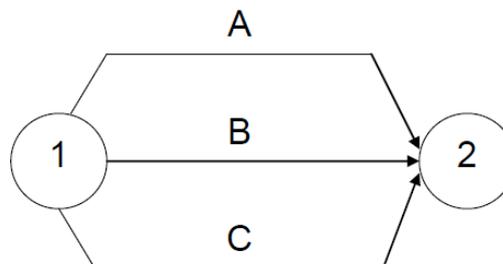
Sumber : Manajemen Proyek : Dari Konseptual Sampai Operasional, 1999

**Gambar 2.5** Hubungan Antar Kegiatan

Fungsi *dummy* di atas adalah memindahkan seketika itu juga (sesuai dengan arah panah) keterangan tentang selesainya kegiatan B.

- b. Jika kegiatan A,B, dan C mulai dan selesai pada lingkaran kejadian yang sama, maka kita tidak boleh menggambarannya seperti pada gambar dibawah ini.

**Gambar yang salah bila kegiatan A, B dan C mulai dan selesai pada kejadian yang sama**

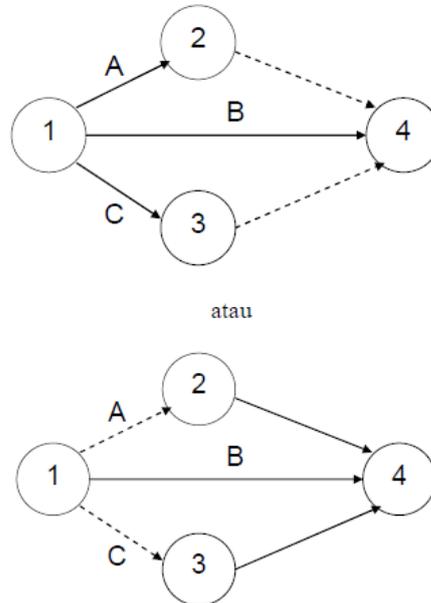


Sumber : Operation Research Model-model Pengambilan Keputusan, 1999

**Gambar 2.6** Hubungan Antar Kegiatan

Untuk membedakan ketiga kegiatan itu, maka masing-masing harus digambarkan *dummy* seperti pada gambar dibawah ini.

Kegiatan A, B, dan C mulai dan selesai pada kejadian yang sama

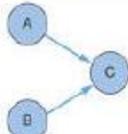
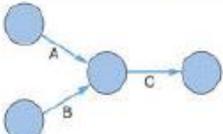
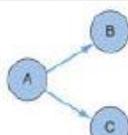
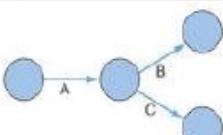
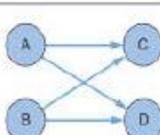
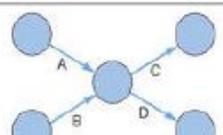
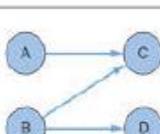
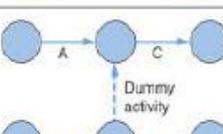
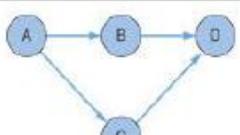
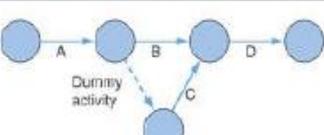


Sumber : Operation Research Model-model Pengambilan Keputusan, 1999

**Gambar 2.7** Hubungan Antar Kegiatan

Menurut Heizer dan Render (2005), ada dua pendekatan untuk menggambarkan jaringan proyek, yaitu kegiatan-pada-titik (*activity-on-node* – AON) dan kegiatan-pada-panah (*activity-on-arrow* – AOA). Pada pendekatan AON, titik menunjukkan kegiatan, sedangkan pada AOA, panah menunjukkan kegiatan. Gambar dibawah ini mengilustrasikan kedua pendekatan tersebut.

### Perbandingan Dua Pendekatan Menggambarkan Jaringan Kerja

	Activity on Node (ACN)	Activity Meaning	Activity on Arrow (AOA)
(a)		A comes before B, which comes before C.	
(b)		A and B must both be completed before C can start.	
(c)		B and C cannot begin until A is completed.	
(d)		C and D cannot begin until A and B have both been completed.	
(e)		C cannot begin until both A and B are completed; D cannot begin until B is completed. A dummy activity is introduced in AOA.	
(f)		B and C cannot begin until A is completed. D cannot begin until both B and C are completed. A dummy activity is again introduced in AOA.	

Sumber : Principles of Operations Management, 2004

Gambar 2.8 Hubungan Antar Kegiatan

### Lintasan Kritis

Heizer dan Render (2005) menjelaskan bahwa dalam melakukan analisis jalur kritis, digunakan dua proses *two-pass*, terdiri atas *forward pass* dan *backward pass*. ES dan EF ditentukan selama *forward pass*, LS dan LF ditentukan selama *backward pass*. ES (*earliest start*) adalah waktu terdahulu suatu kegiatan dapat dimulai, dengan asumsi semua pendahulu sudah selesai. EF (*earliest finish*) merupakan waktu terdahulu suatu kegiatan dapat selesai. LS (*latest start*) adalah waktu terakhir suatu kegiatan dapat dimulai sehingga tidak menunda waktu penyelesaian keseluruhan proyek. LF (*latest finish*) adalah waktu terakhir

suatu kegiatan dapat selesai sehingga tidak menunda waktu penyelesaian keseluruhan proyek.

$$ES = \text{Max} \{EF \text{ semua pendahulu langsung}\} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$EF = ES + \text{Waktu kegiatan} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$LF = \text{Min} \{LS \text{ dari seluruh kegiatan yang langsung mengikutinya}\} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$LS = LF - \text{Waktu kegiatan} \dots\dots\dots(2.4)$$

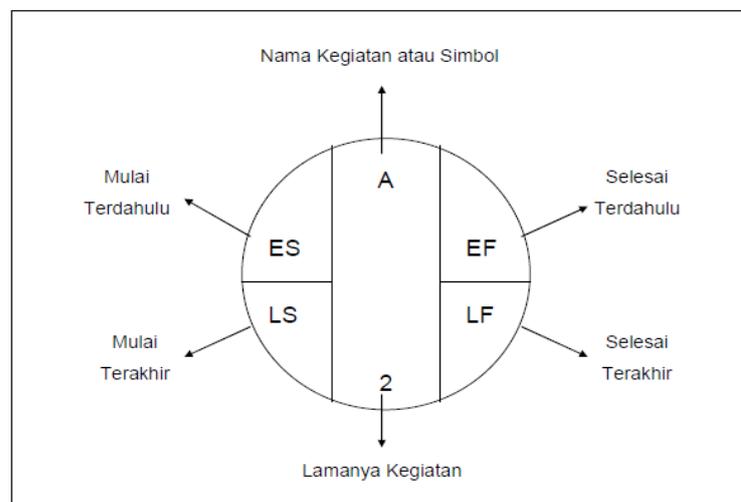
Setelah waktu terdahulu dan waktu terakhir dari semua kegiatan dihitung, kemudian jumlah waktu slack (*slack time*) dapat ditentukan. *Slack* adalah waktu yang dimiliki oleh sebuah kegiatan untuk bisa diundur, tanpa menyebabkan keterlambatan proyek keseluruhan (Heizer dan Render, 2005).

$$Slack = LS - ES \dots\dots\dots (2.5)$$

atau

$$Slack = LF - EF \dots\dots\dots (2.6)$$

**Notasi yang Digunakan pada Node Kegiatan**



Sumber : Operations Management : Manajemen Operasi, 2005

**Gambar 2.9** Notasi Pada Node Kegiatan

Dalam metode CPM (*Critical Path Method* - Metode Jalur Kritis) dikenal dengan adanya jalur kritis, yaitu jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama.

Jalur kritis terdiri dari rangkaian kegiatan kritis, dimulai dari kegiatan pertama sampai pada kegiatan terakhir proyek (Soeharto, 1999). Lintasan kritis

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

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

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

Menurut Yamit (2000), Kegunaan jalur kritis adalah untuk mengetahui kegiatan yang memiliki kepekaan sangat tinggi atas keterlambatan penyelesaian pekerjaan, atau disebut juga kegiatan kritis. Apabila kegiatan keterlambatan proyek maka akan memperlambat penyelesaian proyek secara keseluruhan meskipun kegiatan lain tidak mengalami keterlambatan.

### **2.2.8 Durasi Proyek**

Durasi proyek adalah jumlah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan seluruh pekerjaan proyek (Maharany dan Fajarwati, 2006).

Maharany dan Fajarwati (2006) menjelaskan bahwa faktor yang berpengaruh dalam menentukan durasi pekerjaan adalah volume pekerjaan, metode

kerja (*construction method*), keadaan lapangan, serta keterampilan tenaga kerja yang melaksanakan pekerjaan proyek.

### **2.2.9 Analisis Optimasi**

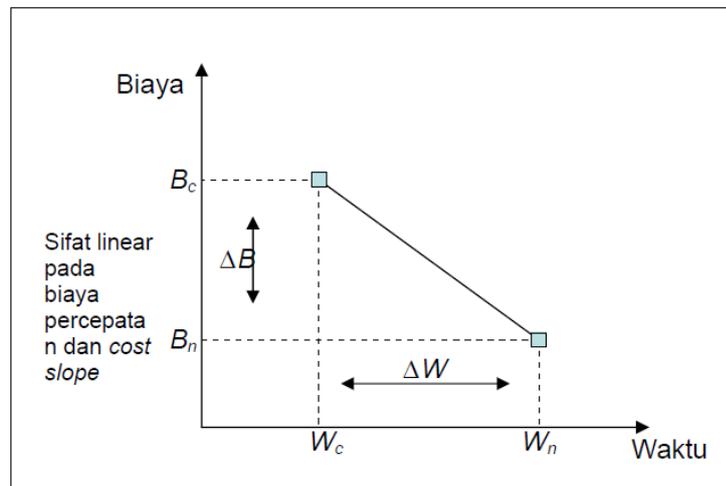
Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, pengertian analisis optimasi dipecah menjadi dua, yaitu analisis dan optimasi. Analisis (analisis data) diartikan sebagai penelaahan dan penguraian atas data hingga menghasilkan simpulansimpulan, sedangkan optimasi (optimalisasi) diartikan sebagai pengoptimalan, yaitu proses cara perbuatan untuk menghasilkan yang paling baik.

Maharany dan Fajarwati (2006) menjelaskan bahwa analisis optimasi merupakan suatu proses penguraian data-data awal dengan menggunakan suatu metode sebelumnya. Dalam penelitian ini, analisis optimasi diartikan sebagai suatu proses penguraian durasi proyek untuk mendapatkan percepatan durasi yang paling baik (optimal) dengan menggunakan berbagai alternatif ditinjau dari segi biaya. Proses memperpendek waktu kegiatan dalam jaringan kerja untuk mengurangi waktu pada jalur kritis, sehingga waktu penyelesaian total dapat dikurangi disebut sebagai crashing proyek (Heizer dan Render, 2005).

Kondisi yang diobservasi model CPM antara lain kondisi penyelesaian proyek secara normal dan kondisi penyelesaian proyek yang dipercepat. Menurut Siswanto (2007), dari dua kondisi yang diobservasi, model CPM menurunkan empat macam parameter, yaitu :

- a. Waktu penyelesaian normal atau waktu normal ( $W_n$ )
- b. Biaya penyelesaian normal atau biaya normal ( $B_n$ )
- c. Waktu penyelesaian yang dipercepat atau waktu cepat ( $W_c$ )
- d. Biaya penyelesaian yang dipercepat atau biaya cepat ( $B_c$ )

### Empat Parameter Model CPM



Sumber : Operations Research Jilid 2, 2007

**Gambar 2.10** Parameter Model CPM

Garis yang menghubungkan kedua titik ( ) disebut kurva waktu-biaya. Menurut Soeharto (1995), jika diketahui bentuk kurva waktu-biaya suatu kegiatan.

#### 2.2.10 Microsoft Project

*Microsoft project* sangat berguna dalam menggambar jaringan proyek, mengenali jadwal proyek serta mengelola biaya proyek dan sumber daya lain. Langkah-langkah dalam membuat jadwal proyek menggunakan *Microsoft Project* antara lain sebagai berikut :

a. Masukan informasi aktivitas

Semua aktivitas yang ada pada proyek dimasukan semua lengkap dengan jangka waktu yang telah ditentukan sebelumnya oleh pihak manajer.

b. Menetapkan hubungan pendahulu

Berfungsi untuk menggambarkan waktu mulai dan waktu selesai untuk aktivitas yang ditetapkan dari awal.

c. Melihat Jadwal Proyek

Setelah semua didefinisikan, jadwal proyek keseluruhan dapat dilihat sebagai sebuah diagram gant, program ini menggambarkan bagaimana penggunaan peranti lunak manajemen proyek khusus dapat menyederhanakan proses penjadwalan.

- d. Menelusuri status waktu sebuah proyek

Masukan persentase selesainya pekerjaan dari setiap tugas (Ervianto, 2005).

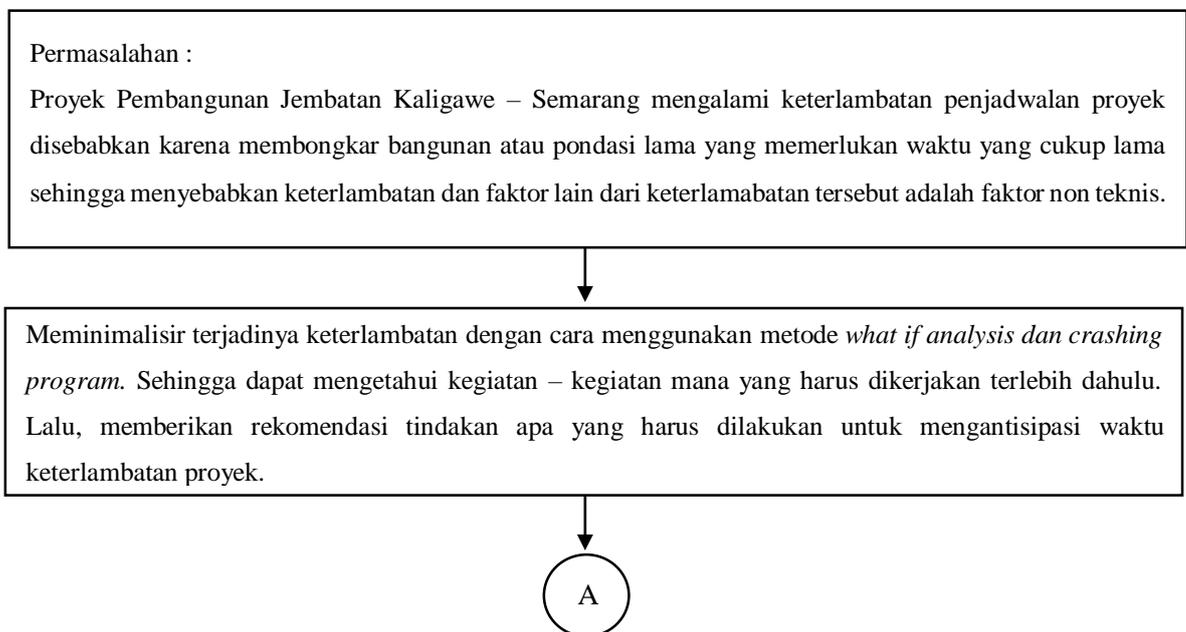
## 2.3 Hipotesis dan Kerangka Teoritis

### 2.3.1 Hipotesis

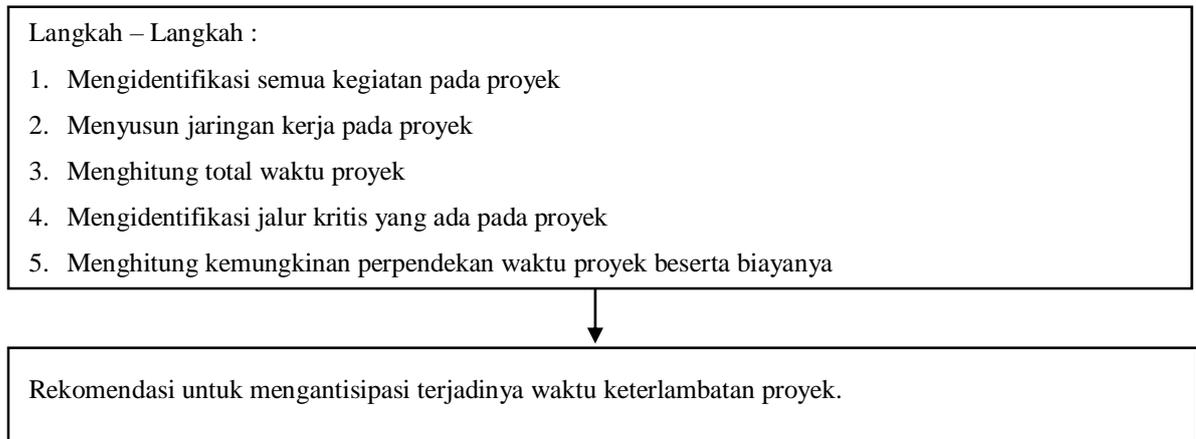
Perencanaan dan pengendalian proyek merupakan pengaturan aktivitas – aktivitas melalui koordinasi waktu dalam menyelesaikan keseluruhan pekerjaan dan pengalokasian sumber daya pada masing-masing aktivitas, agar keseluruhan pekerjaan dapat diselesaikan dengan waktu dan biaya yang efisien. Manajemen proyek menetapkan dan mengkoordinasikan tujuan proyek serta merencanakan dan mengendalikan sumber daya untuk mencapai efisiensi pelaksanaan proyek. Tujuan proyek biasanya dinyatakan dalam bentuk penghematan waktu dan biaya proyek.

### 2.3.2 Kerangka Teoritis

Adapun kerangka teoritis dalam penelitian ini dapat dilihat pada bagan dibawah ini:



**Gambar 2.12** Kerangka Pemikiran



**Gambar 2.11** Lanjutan Kerangka Pemikiran

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Pengumpulan Data**

Pada tahap pengumpulan data, data yang diperlukan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Data *time schedule* menggunakan kurva S
- b. Data Rencana Anggaran Biaya (RAB) proyek
- c. Data biaya ketenagakerjaan

#### **3.2 Teknik Pengumpulan Data**

Pada teknik pengumpulan data yang dilakukan adalah observasi lapangan dan studi *literature*/pustaka, mengidentifikasi permasalahan dalam perusahaan, menetapkan tujuan penelitian.

##### **3.2.1 Melakukan Studi Pustaka dan Lapangan**

Untuk data yang dibutuhkan, maka metode yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. 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.

- b. 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.

- c. Studi Pustaka

Metode ini berupa pengumpulan data dari beberapa referensi, serta tulisan ilmiah yang mendukung terbentuknya suatu landasan teori.

#### d. Studi Lapangan

Studi lapangan dilakukan dengan metode observasi dan wawancara. Pada metode observasi dilakukan pengamatan pada proyek pembangunan jembatan Kaligawe.

### 3.2.2 Mengidentifikasi Permasalahan Perusahaan

Pada tahap penelitian studi pendahuluan untuk menentukan topik yang diteliti dalam Tugas Akhir. Dari hasil studi pendahuluan yang telah dilakukan, maka penelitian ini akan membahas perbandingan penjadwalan proyek di lapangan yang menggunakan pengendalian kurva S.

### 3.2.3 Menentukan Batasan Penelitian

Setelah mengetahui permasalahan yang ada di lapangan, selanjutnya dapat dilakukan batasan penelitian yaitu penelitian ini dilakukan di proyek pembangunan jembatan Kaligawe – Semarang dengan menggunakan metode CPM (*Critical Path Method*). Penelitian ini akan membandingkan penjadwalan pengendalian kurva S dengan metode CPM (*Critical Path Method*) dan *Crash Program*.

### 3.3 Pengujian Hipotesa

Metode *What If Analysis* dan Metode *Crasih Program* membantu proyek keluar dari masalah keterlambatan yaitu dengan cara optimalisasi waktu dan biaya merupakan usaha pemanfaatan waktu yang relative singkat dengan biaya yang minimum untuk mencapai suatu pekerjaan dengan hasil yang baik dan tetap memperhatikan mutu dan kualitas suatu proyek.

Untuk pengujian hipotesanya, langkah – langkah yang dilakukan yaitu sebagai berikut :

#### a. Mengidentifikasi semua kegiatan pada proyek.

Identifikasi profil objek yaitu suatu kegiatan yang berbentuk proyek, dan perbandingannya dengan kegiatan operasional rutin. Perbedaan kedua jenis kegiatan tersebut di antaranya adalah kegiatan proyek bersifat nonrutin, terdiri dari aneka ragam kegiatan yang saling terkait dan mengikuti pola siklus kelangsungan hidup (*life cycle*) tertentu yang memiliki batas jelas kapan proyek dimulai dan berhenti. Pada siklus proyek diadakan tahapan dengan komponen kegiatan-kegiatan yang memiliki jenis dan intensitas yang

berbeda-beda. Di bagian ini disinggung pula pembagian jenis proyek dan kriteria yang dipakai untuk menggolongkan ukuran proyek menjadi berukuran kecil, sedang, dan besar, serta dianalisis berbagai karakteristik yang khusus melekat pada kegiatan proyek. identifikasi ini semua bermaksud memberi keterangan dan gambaran mengenai kegiatan apa, dengan sifat-sifat dan perilaku yang bagaimana, yang hendak dikelola.

b. Menyusun jaringan kerja pada proyek.

Setelah mendapatkan urutan pengerjaan suatu pekerjaan proyek maka suatu diagram jaringan kerja dapat dibuat. Diagram akan menunjukkan pekerjaan-pekerjaan yang harus dilakukan berurutan (serial) atau secara bersamaan (pararell).

c. Mengidentifikasi jalur kritis yang ada pada proyek .

suatu jalur kritis bisa didapatkan dengan menambah waktu suatu aktivitas pada tiap urutan pekerjaan dan menetapkan jalur terpanjang pada tiap proyek. Biasanya sebuah jalur kritis terdiri dari pekerjaan-pekerjaan yang tidak bisa ditunda waktu pengerjaannya. Dalam setiap urutan pekerjaan terdapat suatu penanda waktu yang dapat membantu dalam menetapkan jalur kritis, yaitu :

ES – *Early Start*

EF – *Early Finish*

LS – *Latest Start*

LF – *Latest Finish*

Dengan menggunakan empat komponen penanda waktu tersebut bisa didapatkan suatu jalur kritis sesuai dengan diagram.

d. Menghitung kemungkinan percepatan waktu proyek beserta biayanya.

Proses dimana mempercepat jangka waktu proyek dengan biaya terendah yang mungkin disebut *crashing* proyek, dengan langkah sebagai berikut:

1. Hitung biaya *crash* per satuan waktu untuk tiap kegiatan, rumus:

$$\text{Biaya } crash = \frac{(\text{Biaya } crash - \text{Biaya Normal})}{(\text{Waktu normal} - \text{waktu } crash)}$$

2. Dengan menggunakan waktu kegiatan sekarang, cari jalur kritis dan tentukan kegiatan kritisnya.
3. Jika hanya ada satu jalur kritis maka:
  - Pilih kegiatan kritis yang masih bisa di *crash*.
  - Cari yang biaya terkecil.
  - Setiap kegiatan yang dipilih masih bisa dilakukan *crash*.
  - Biaya *crash* total dari semua kegiatan yang dipilih merupakan yang terkecil.

### **3.4 Metode Analisa**

Setelah data dikumpulkan dan melakukan pengujian hipotesa, selanjutnya dilakukan analisa terhadap hasil pengolahan data yang telah dilakukan. Setelah diketahui kegiatan – kegiatan yang bisa di *crash* dan biaya *crash* total dari semua kegiatan yang dipilih merupakan yang terkecil. Tindakan apa yang harus dilakukan untuk mengantisipasi waktu keterlambatan proyek.

### **3.5 Pembahasan**

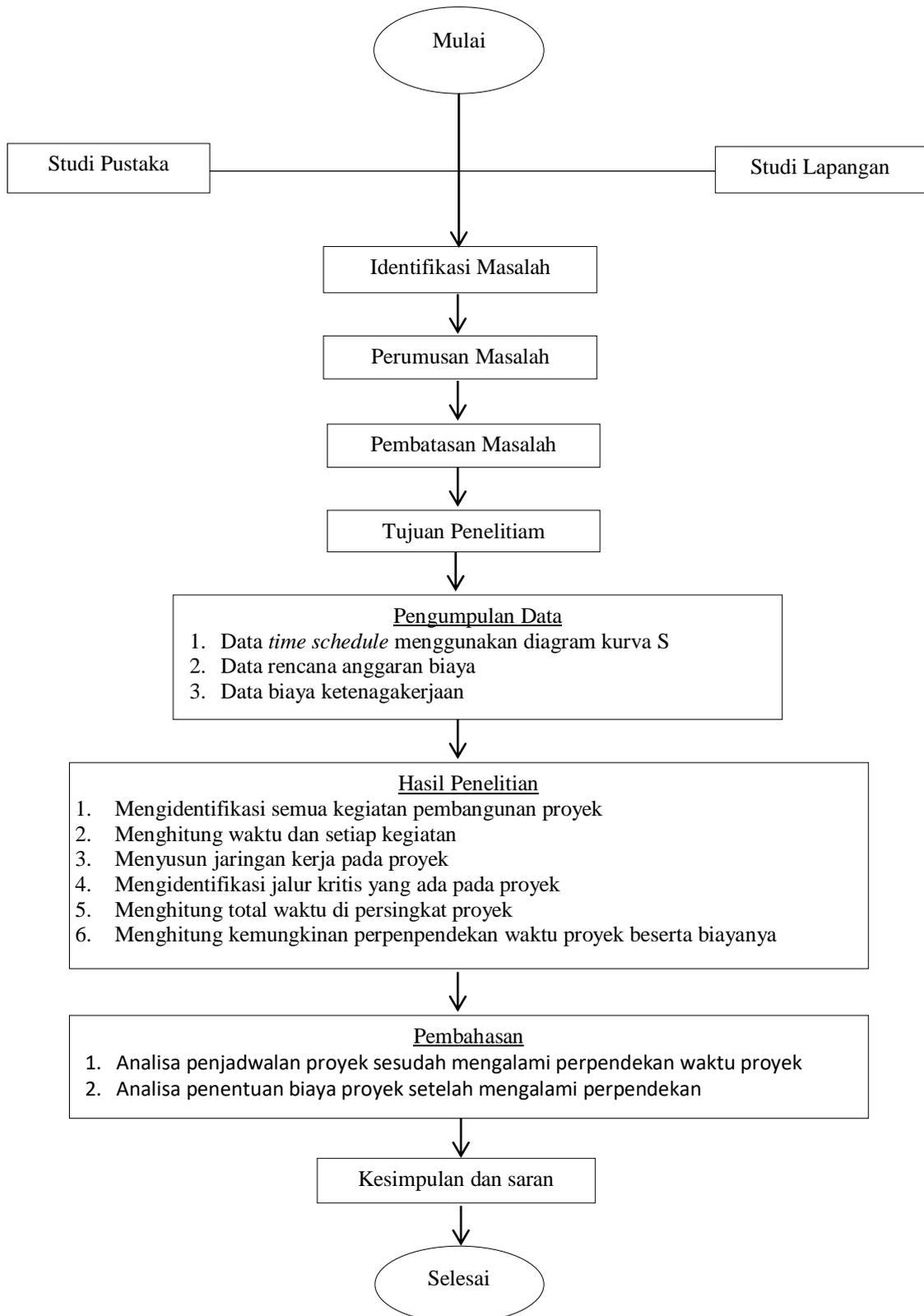
Setelah metode analisa dilakukan, selanjutnya dilakukan pembahasan mengenai metode *What If Analysis* dan *Crash Program*, rekomendasi penjadwalan proyek yang dihasilkan dari kedua metode tersebut apakah dapat mengantisipasi waktu keterlambatan proyek atau tidak.

### **3.6 Penarikan Kesimpulan**

Dari hasil pengolahan data, serta analisis hasil maka dapat ditarik beberapa kesimpulan yang merupakan hasil akhir dari penelitian, sedangkan saran ditujukan bagi perusahaan.

### 3.7 Diagram Alir

Berikut merupakan diagram alir dari penelitian ini yaitu sebagai berikut :



**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian

## BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pengumpulan Data

#### 4.1.1 Pengendalian Kurva S Pada Proyek Pembangunan Jembatan Kaligawe Semarang

Kurva-S pada jadwal proyek pembangunan jembatan Kaligawe Semarang pada kurva-S ada 3 warna yaitu yang warna abu-abu menunjukkan pekerjaan yang dikerjakan setiap hari selama kontrak selesai, warna kuning menunjukkan pekerjaan yang dikerjakan sebelum libur lebaran Hari Raya Idul Fitri dan warna orange menunjukkan pekerjaan yang dikerjakan setelah libur lebaran Hari Raya Idul Fitri. Pada kurva-S proyek pembangunan jembatan Kaligawe Semarang yaitu uraian pada setiap pekerjaan bobot setiap pekerjaan diperoleh dari perhitungan

$$\left( \frac{\text{Jumlah peritem kegiatan}}{\text{Jumlah Keseluruhan Kegiatan}} \times 100 \right)$$

Pembuatan jembatan termasuk sesuatu yang membutuhkan ketelitian khusus, karena kontruksi yang dapat menjadi sasaran bagi banyak transportasi untuk dilewati. Disamping itu jembatan kaligawe perlu adanya pembaharuan kontruksi jembatan. Hal ini yang mengadakan proyek pembangunan pembaharuan jembatan Kaligawe – Semarang, untuk mencukupi kebutuhan pengguna jalan.

Proyek ini ditangani oleh kontraktor PT. SUBASUMI CIPTA SENAWIRA dan PT. BERMUDA MULYA BUWANA, KSO selaku pemenang tender proyek pembangunan jembatan Kaligawe – Semarang. Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang diajukan sebesar Rp. 30.072.727.990,50 Adapun durasi pelaksanaan dari proyek ini selama 435 hari kalender.

Ket : Terlampir.

#### 4.1.2 Data Uraian Aktivitas dan RAB Proyek Jembatan

Berikut adalah tabel data aktivitas dan RAB pada proyek pembangunan jembatan Kaligawe – Semarang.

**Tabel 4.1** Data Uraian Aktivitas dan RAB Proyek Jembatan

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga (Rp)	
				Satuan	Jumlah Total
1.	Mobilisasi	Ls	1,00	332.000.000,00	332.000.000,00
2.	Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas	Ls	1,00	99.000.000,00	99.000.000,00
3.	Pengaman Lingkungan Hidup	Ls	1,00	17.400.000,00	17.400.000,00
4.	Pengeboran, Termasuk SPT dan Laporan	m	100,00	495.000,00	49.500.000,00
5.	Sodir Termasuk Laporan	m	100,00	400.000,00	40.000.000,00
6.	Manajemen Mutu	Ls	1,00	10.500.000,00	10.500.000,00
<b>7.</b>	<b>PEKERJAAN DRAINASE</b>				
8.	Pemasangan Batu dengan Mortar	m <sup>3</sup>	436,00	745.231,00	324.920.716,00
9.	Beton K 250 (fc'20) untuk Saluran Drainase Beton Minor	m <sup>3</sup>	86,00	1.155.270,00	99.353.220,00
10.	Baja Tulangan untuk Saluran Drainase Beton Minor	Kg	11.910,00	13.994,00	166.668.540,00
<b>11.</b>	<b>PEKERJAAN TANAH</b>				
12.	Galian Biasa	m <sup>3</sup>	5.136,00	15.511,00	79.664.496,00
13.	Galian Struktur dengan Kedalaman 0 – 2 meter	m <sup>3</sup>	689,00	89.697,00	61.801.233,00
14.	Galian Struktur dengan Kedalaman 2 – 4 meter	m <sup>3</sup>	689,00	139.517,00	96.127.213,00
15.	Galian Struktur dengan Kedalaman 4 – 6 meter	m <sup>3</sup>	196,00	202.919,00	39.422.440,00
16.	Galian Perkerasan Beraspal tanpa Cold Milling Machine	m <sup>3</sup>	95,00	246.552,00	23.422.440,00

**Tabel 4.1** Lanjutan Data Uraian Aktivitas dan RAB Proyek Jembatan

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga (Rp)	
				Satuan	Jumlah Total
17.	Timbunan Biasa dari Sumber Galian	m <sup>3</sup>	10,00	136.645,00	1.366.450,00
18.	Timbunan Pilihandari Sumber Galian	m <sup>3</sup>	1.798,00	150.173,00	270.011.054,00
19.	Pemotongan Pohon Pilihan Diameter 30 – 50 cm	Buah	11,00	403.560,00	4.439.160,00
20.	Pemotongan Pohon Pilihan Diameter 50 – 75 cm	Buah	10,00	742.891,00	7.428.910,00
<b>21.</b>	<b>PELEBARAN PERKERASAN DAN BAHU JALAN</b>				
<b>22.</b>	<b>PERKERASAN BERBUTIR DAN PERKERASAN BETON SEMEN</b>				
23.	Lapis Pondasi Agregat Klas A	m <sup>3</sup>	5.539,10	356.345,00	1.973.830.589,50
24.	Lapis Pondasi Bawah Beton Kurus	m <sup>3</sup>	494,00	1.023.888,00	505.800.672,00
25.	Perkerasan Beton Semen untuk Pembukaan Lalu Lintas Umur Beton	m <sup>3</sup>	1.453,00	1.663.205,99	2.416.636.865,00
<b>26.</b>	<b>PERKERASAN ASPAL</b>				
27.	Lapis Resap Pengikat – Aspal Cair	Liter	1.680,00	12.852,00	21.591.360,00
28.	Lapis Perekat – Aspal Cair	Liter	805,00	11.965,00	9.631.825,00
29.	Laston Lapis Aus (AC – WC)	Ton	246,00	1.239.087,00	304.815.402,00
30.	Laston Lapis Aus Perata (AC – WC(L))	Ton	14,00	1.239.087,00	17.347.218,00
31.	Laston Lapis Antara (BC – BC)	Ton	195,00	1.214.732,00	236.872.740,00
32.	Laston Lapis Antara Perata (AC – BC(L))	Ton	16,00	1.214.732,00	19.435.712,00

**Tabel 4.1** Lanjutan Data Uraian Aktivitas dan RAB Proyek Jembatan

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga (Rp)	
				Satuan	Jumlah Total
33.	Bahan Anti Pengelupasan	Kg	40,00	35.986,00	1.439.440,00
<b>34.</b>	<b>STRUKTUR</b>				
35.	Beton Mutu Sedang fc'30 MPa Lantai Jembatan	m <sup>3</sup>	271,00	1.123.961,00	304.593.431,00
36.	Beton Mutu Sedang fc'30 MPa untuk non Lantai Jembatan	m <sup>3</sup>	969,00	1.549.320,00	1.501.291.080,00
37.	Beton Mutu Sedang fc'20 Mpa	m <sup>3</sup>	158,00	1.198.375,00	189.343.250,00
38.	Beton Mutu Rendah fc'10 Mpa	m <sup>3</sup>	183,00	961.570,00	175.967.310,00
39.	Penyediaan Pelat Berongga (Voided Slab) Pracetak Bentang 14,6 meter	Buah	48,00	72.600.000,00	3.484.800.000,00
40.	Penyediaan Pelat Berongga (Voided Slab) Pracetak Bentang 16,6 meter	Buah	48,00	84.700.000,00	4.065.600.000,00
41.	Penyediaan Pelat Berongga (Voided Slab) Pracetak Bentang 14,6 meter	Buah	48,00	4.647.680,00	223.088.640,00
42.	Penyediaan Pelat Berongga (Voided Slab) Pracetak Bentang 16,6 meter	Buah	48,00	4.647.680,00	223.088.640,00
43.	Baja Tulangan U 32 Ulir	Kg	236.919,00	14.545,00	3.445.986.855,00
44.	Pengangkutan Bahan Jembatan Baja Standar	Kg	58.287,00	1.009,00	58.811.583,00

**Tabel 4.1** Lanjutan Data Uraian Aktivitas dan RAB Proyek Jembatan

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga (Rp)	
				Satuan	Jumlah Total
45.	Penyediaan Tiang Pancang Beton Bertulang Pracetak Ukuran 200 mm x 200 mm	m <sup>3</sup>	360,00	187.550,00	67.518.000,00
46.	Penyediaan Tiang Pancang Beton Bertulang Pracetak Ukuran 600 mm	m <sup>3</sup>	7.245,00	617.100,00	4.470.889.500,00
47.	Pemancangan Tiang Pancang Beton Bertulang Pracetak Ukuran 200 mm x 200 mm	m <sup>3</sup>	360,00	42.319,00	15.234.840,00
48.	Penyediaan Tiang Pancang Beton Bertulang Pracetak Ukuran 600 mm	m <sup>3</sup>	7.245,00	96.015,00	127.112.400,00
49.	Pengujian Pembebanan Dinamis Jenis PDLT (Pile Dynamic Load Testing) Pada Tiang Ukuran / Diameter 600 mm	Buah	18,00	7.061.800,00	127.112.400,00
50.	Pasang Batu	m <sup>3</sup>	1.839,00	729.709,00	1.342.934.851,00
51.	Pasangan Batu Kosong	m <sup>3</sup>	146,00	525.965,00	76.790.890,00
52.	Expansion Joint Tipe Asphaltic Plug, Fixed	m <sup>3</sup>	48,00	1.338.750,00	64.260.000,00
53.	Perletakan Elastomerik Sintesis Ukuran 30 mm x 200 mm x 600 mm	Buah	192,00	1.548.433,00	297.299.136,00
54.	Perletakan Elastomerik Sintesis Ukuran 20 mm x 95 mm x 600 mm	Buah	192,00	1.476.216,00	283.433.472,00
55.	Sandaran (Railing)	m <sup>3</sup>	256,00	317.548,00	81.292.288,00
56.	Papan Nama Jembatan	Buah	4,00	558.009,00	2.232.036,00

**Tabel 4.1** Lanjutan Data Uraian Aktivitas dan RAB Proyek Jembatan

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga (Rp)	
				Satuan	Jumlah Total
57.	Pembongkaran Pasangan Batu	m <sup>3</sup>	12,00	101.850,00	1.222.200,00
58.	Pembongkaran Beton	m <sup>3</sup>	779,00	462.000,00	359.898.000,00
59.	Pembongkaran Beton Pratekan	m <sup>3</sup>	272,00	555.500,00	151.096.000,00
60.	Pembongkaran Rangka Baja	m <sup>2</sup>	570,00	405.080,00	230.895.600,00
61.	Pengangkutan Hasil Bongkaran yang Melebihi 5 KM	m <sup>3</sup> /km	6.800,00	39.992,00	271.945.600,00
62.	Pipa Drainase Baja Diameter 100 mm	m'	156,00	290.658,00	45.342.648,00
63.	Pipa Drainase PVC Diameter 100 mm	m'	392,00	150.213,00	58.883.496,00
64.	Pipa Penyalur PVC	m'	510,00	59.871,00	30.534.210,00
65.	Shear Conector dengan Injeksi (Suntik) Bahan Kimia Diameter (D) 19 mm	Buah	536,00	103.620,00	55.540.320,00
<b>66. PENGEMBALIAN KONDISI DAN PEKERJAAN MINOR</b>					
67.	Pohon Jenis Perdu dan Pot Tanaman	Buah	21,00	750.032,00	15.750.672,00
68.	Marka Jalan Termoplastik	m <sup>2</sup>	158,00	136.170,00	21.514.860,00
69.	Rambu Jalan Tunggal dengan Permukaan Pemantul Engineer Grade	Buah	8,00	732.539,00	5.860.312,00
70.	Patok Hektometer	Buah	4,00	154.482,00	617.928,00
71.	Kerb Pracetak Jenis 1 (Peninggi/Mountable)	m'	628,00	127.296,00	79.941.888,00
72.	Kerb Pracetak Jenis 3 (Kerb Berparit/Gutter)	m'	600,00	134.872,00	80.923.200,00

**Tabel 4.1** Lanjutan Data Uraian Aktivitas dan RAB Proyek Jembatan

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga (Rp)	
				Satuan	Jumlah Total
73.	Perkerasaan Blok Beton Trotoar dan Median	m <sup>2</sup>	880,00	109.395,00	96.267.600,00
74.	Pagar Permisah Pedestrian Galvanisasi	m'	400,00	317.548,00	127.019.200,00
<b>75.</b>	<b>PEKERJAAN HARIAN</b>				
<b>76.</b>	<b>PEKERJAAN PEMELIHARAAN RUTIN</b>				
77.	Pemeliharaan Rutin Perkerasan	Ls	1,00	5.000.000,00	5.000.000,00
78.	Pemeliharaan Rutin Selokan, Saluran Air, Galian, dan Timbunan	Ls	1,00	1.500.000,00	1.500.000,00
79.	Pemeliharaan Rutin Perlengkapan Jalan	Ls	1,00	3.000.000,00	3.000.000,00
80.	Pemeliharaan Rutin Jembatan	Ls	1,00	3.000.000,00	3.000.000,00
<b>TOTAL</b>					<b>30.072.727.990,50</b>

(Sumber : Data Proyek Jembatan PT. Subasumi Cipta Senawira dan PT. Bermuda Mulya Buwana, KSO)

#### 4.1.3 Breakdown Kegiatan

Berikut merupakan uraian pekerjaan pada proyek pembangunan jembatan Kaligawe – Semarang, diantaranya sebagai berikut:

**Tabel 4.2** Breakdown Kegiatan Jembatan

No. Id	Uraian Pekerjaan	Duration	Start	Finish	Predecessors
1	Mobilisasi	108 days	19 – 10 – 2018	03 – 02 - 2019	-
2	Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas	423 days	19 – 10 – 2018	15 – 12 – 2019	-
3	Pengaman Lingkungan Hidup	21 days	25 – 03 – 2019	14 – 04 – 2019	5
4	Pengeboran, Termasuk SPT dan Laporan	28 days	29 – 10 – 2018	25 – 11 – 2018	-
5	Sodir Termasuk Laporan	21 days	12 – 11 – 2018	02 – 12 – 2018	4
6	Manajemen Mutu	423 days	19 – 10 – 2018	15 – 12 – 2019	-

Tabel 4.2 Lanjutan *Breakdown* Kegiatan Jembatan

No. Id	Uraian Pekerjaan	Duration	Start	Finish	Predecessors
7	<b>PEKERJAAN DRAINASE</b>				
8	Pemasangan Batu dengan Mortar	56 days	26 – 08 – 2019	20 – 10 - 2019	61
9	Beton K 250 (fc'20) untuk Saluran Drainase Beton Minor	21 days	17 – 06 – 2019	07 – 07 – 2019	-
10	Baja Tulangan untuk Saluran Drainase Beton Minor	21 days	17 – 06 – 2019	07 – 07 – 2019	-
11	<b>PEKERJAAN TANAH</b>				
12	Galian Biasa	42 days	21 – 10 – 2019	01 – 12 – 2019	8
13	Galian Struktur dengan Kedalaman 0 – 2 meter	70 days	04 – 02 – 2019	14 – 04 - 2019	5
14	Galian Struktur dengan Kedalaman 2 – 4 meter	70 days	04 – 02 – 2019	14 – 04 - 2019	5
15	Galian Struktur dengan Kedalaman 4 – 6 meter	70 days	04 – 02 – 2019	14 – 04 - 2019	5
16	Galian Perkerasan Beraspal tanpa Cold Milling Machine	14 days	26 – 11 – 2018	09 – 12 – 2018	4
17	Timbunan Biasa dari Sumber Galian	14 days	18 – 11 – 2019	01 – 12 – 2019	12
18	Timbunan Pilihan dari Sumber Galian	14 days	18 – 11 – 2019	01 – 12 – 2019	12
19	Pemotongan Pohon Pilihan Diameter 30 – 50 cm	14 days	12 – 11 – 2018	25 – 11 – 2018	4
20	Pemotongan Pohon Pilihan Diameter 50 – 75 cm	14 days	12 – 11 – 2018	25 – 11 – 2018	4
21	<b>PELEBARAN PERKERASAN DAN BAHU JALAN</b>				
22	<b>PERKERASAN BERBUTIR DAN PERKERASAN BETON SEMEN</b>				

Tabel 4.2 Lanjutan *Breakdown* Kegiatan Jembatan

No. Id	Uraian Pekerjaan	Duration	Start	Finish	Predecessors
23	Lapis Pondasi Agregat Klas A	70 days	11 – 03 – 2019	19 – 05 – 2019	49
24	Lapis Pondasi Bawah Beton Kurus	56 days	25 – 03 – 2019	19 – 05 – 2019	-
25	Perkerasan Beton Semen untuk Pembukaan Lalu Lintas Umur Beton	49 days	01 – 04 – 2019	19 – 05 – 2019	24
<b>26</b>	<b>PERKERASAN ASPAL</b>				
27	Lapis Resap Pengikat – Aspal Cair	14 days	25 – 11 – 2019	08 – 12 – 2019	10
28	Lapis Perekat – Aspal Cair	21 days	25 – 11 – 2019	15 – 12 – 2019	10
29	Laston Lapis Aus (AC – WC)	21 days	25 – 11 – 2019	15 – 12 – 2019	10
30	Laston Lapis Aus Perata (AC – WC(L))	21 days	25 – 11 – 2019	15 – 12 – 2019	10
31	Laston Lapis Antara (AC – BC)	21 days	25 – 11 – 2019	15 – 12 – 2019	10
32	Laston Lapis Antara Perata (AC – BC(L))	21 days	25 – 11 – 2019	15 – 12 – 2019	10
33	Bahan Anti Pengelupasan	21 days	25 – 11 – 2019	15 – 12 – 2019	10
<b>34</b>	<b>STRUKTUR</b>				
35	Beton Mutu Sedang fc'30 MPa Lantai Jembatan	28 days	22 – 04 – 2019	19 – 05 – 2019	48
36	Beton Mutu Sedang fc'30 MPa untuk non Lantai Jembatan	161 days	17 – 06 – 2019	24 – 11 – 2019	-
37	Beton Mutu Sedang fc'20 Mpa	49 days	08 – 04 – 2019	26 – 05 – 2019	25
38	Beton Mutu Rendah fc'10 Mpa	70 days	25 – 02 – 2019	05 – 05 – 2019	49

Tabel 4.2 Lanjutan *Breakdown* Kegiatan Jembatan

<b>No. Id</b>	<b>Uraian Pekerjaan</b>	<b>Duration</b>	<b>Start</b>	<b>Finish</b>	<b>Predecessors</b>
39	Penyediaan Pelat Berongga (Voided Slab) Pracetak Bentang 14,6 meter	154 days	24 – 12 – 2018	26 – 05 – 2019	16
40	Penyediaan Pelat Berongga (Voided Slab) Pracetak Bentang 16,6 meter	147 days	31 – 12 – 2018	26 – 05 – 2019	16
41	Pemasangan Pelat Berongga (Voided Slab) Pracetak Bentang 14,6 meter	56 days	01 – 04 – 2019	26 – 05 – 2019	24
42	Pemasangan Pelat Berongga (Voided Slab) Pracetak Bentang 16,6 meter	56 days	01 – 04 – 2019	26 – 05 – 2019	24
43	Baja Tulangan U 32 Ulir	175 days	17 – 06 – 2019	08 – 12 – 2019	-
44	Pengangkutan Bahan Jembatan Baja Standar	28 days	17 – 12 – 2018	13 – 01 – 2019	16
45	Penyediaan Tiang Pancang Beton Bertulang Pracetak Ukuran 200 mm x 200 mm	28 days	11 – 03 – 2019	07 – 04 – 2019	49
46	Penyediaan Tiang Pancang Beton Bertulang Pratekan Pracetak Ukuran 600 mm	77 days	19 – 11 – 2018	03 – 02 – 2019	20
47	Pemancangan Tiang Pancang Beton Bertulang Pracetak Ukuran 200 mm x 200 mm	28 days	01 – 04 – 2019	28 – 04 – 2019	24
48	Pemancangan Tiang Pancang Beton Bertulang Pracetak Ukuran 600 mm	91 days	21 – 01 – 2019	21 – 04 – 2019	44

Tabel 4.2 Lanjutan *Breakdown* Kegiatan Jembatan

No. Id	Uraian Pekerjaan	Duration	Start	Finish	Predecessors
49	Pengujian Pembebanan Dinamis Jenis PDLT (Pile Dynamic Load Testing) Pada Tiang Ukuran / Diameter 600 mm	14 days	11 – 02 – 2019	24 – 02 – 2019	46
50	Pasangan Batu	196 days	12 – 11 – 2018	26 – 05 – 2019	4
51	Pasangan Batu Kosong	14 days	16 – 09 – 2019	29 – 09 – 2019	43
52	Expansion Joint Tipe Asphaltic Plug, Fixed	14 days	02 – 12 – 2019	15 – 12 – 2019	55
53	Perletakan Elastomerik Sintesis Ukuran 30 mm x 200 mm x 600 mm	14 days	01 – 04 – 2019	14 – 04 – 2019	24
54	Perletakan Elastomerik Sintesis Ukuran 20 mm x 95 mm x 600 mm	14 days	01 – 04 – 2019	14 – 04 – 2019	24
55	Sandaran (Railing)	14 days	18 – 11 – 2019	01 – 12 – 2019	12
56	Papan Nama Jembatan	7 days	25 – 11 – 2019	01 – 12 – 2019	10
57	Pembongkaran Pasangan Batu	14 days	14 – 01 – 2019	27 – 01 – 2019	44
58	Pembongkaran Beton	56 days	26 – 11 – 2018	20 – 01 – 2019	20
59	Pembongkaran Beton Pratekan	28 days	08 – 07 – 2019	04 – 08 – 2019	9
60	Pembongkaran Rangka Baja	42 days	03 – 12 – 2018	13 – 01 – 2019	19
61	Pengangkutan Hasil Bongkaran yang Melebihi 5 KM	28 days	22 – 07 – 2019	18 – 08 – 2019	59
62	Pipa Drainase Baja Diameter 100 mm	14 days	21 – 10 – 2019	03 – 11 – 2019	8
63	Pipa Drainase PVC Diameter 100 mm	175 days	17 – 06 – 2019	08 – 12 – 2019	-
64	Pipa Penyalur PVC	175 days	17 – 06 – 2019	08 – 12 – 2019	-

Tabel 4.2 Lanjutan *Breakdown* Kegiatan Jembatan

No. Id	Uraian Pekerjaan	Duration	Start	Finish	Predecessors
65	Shear Conector dengan Injeksi (Suntik) Bahan Kimia Diameter (D) 19 mm	14 days	29 – 08 – 2019	11 – 09 – 2019	64
<b>66</b>	<b>PENGEMBALIAN KONDISI DAN PEKERJAAN MINOR</b>				
67	Pohon Jenis Perdu dan Pot Tanaman	14 days	02 – 12 – 2019	15 – 12 – 2019	55
68	Marka Jalan Termoplastik	7 days	09 – 12 – 2019	15 – 12 – 2019	64
69	Rambu Jalan Tunggal dengan Permukaan Pemantul Engineer Grade	7 days	09 – 12 – 2019	15 – 12 – 2019	64
70	Patok Hektometer	7 days	09 – 12 – 2019	15 – 12 – 2019	64
71	Kerb Pracetak Jenis 1 (Peninggi/Mountable)	28 days	04 – 11 - 2019	01 – 12 – 2019	62
72	Kerb Pracetak Jenis 3 (Kerb Berparit/Gutter)	28 days	04 – 11 - 2019	01 – 12 – 2019	62
73	Perkerasaan Blok Beton Trotoar dan Median	14 days	02 – 12 – 2019	15 – 12 – 2019	55
74	Pagar Pemisah Pedestrian Galvanisasi	14 days	02 – 12 – 2019	15 – 12 – 2019	55
<b>75</b>	<b>PEKERJAAN HARIAN</b>				
<b>76</b>	<b>PEKERJAAN PEMELIHARAAN RUTIN</b>				
77	Pemeliharaan Rutin Perkerasaan	423 days	19 – 10 – 2018	15 – 12 – 2019	-
78	Pemeliharaan Rutin Selokan, Saluran Air, Galian, dan Timbunan	423 days	19 – 10 – 2018	15 – 12 – 2019	-
79	Pemeliharaan Rutin Perlengkapan Jalan	423 days	19 – 10 – 2018	15 – 12 – 2019	-

Tabel 4.2 Lanjutan *Breakdown* Kegiatan Jembatan

No. Id	Uraian Pekerjaan	Duration	Start	Finish	Predecessors
80	Pemeliharaan Rutin Jembatan	423 days	19 – 10 – 2018	15 – 12 – 2019	-

## 4.2 Pengolahan Data

### 4.2.1 *Microsoft Project*

Pengolahan data menggunakan *software microsoft project 2010* pada proyek pembangunan jembatan Kaligawe – Semarang. Hasil dari pengolahan pada *microsoft project 2010* berupa *gantt chart*.

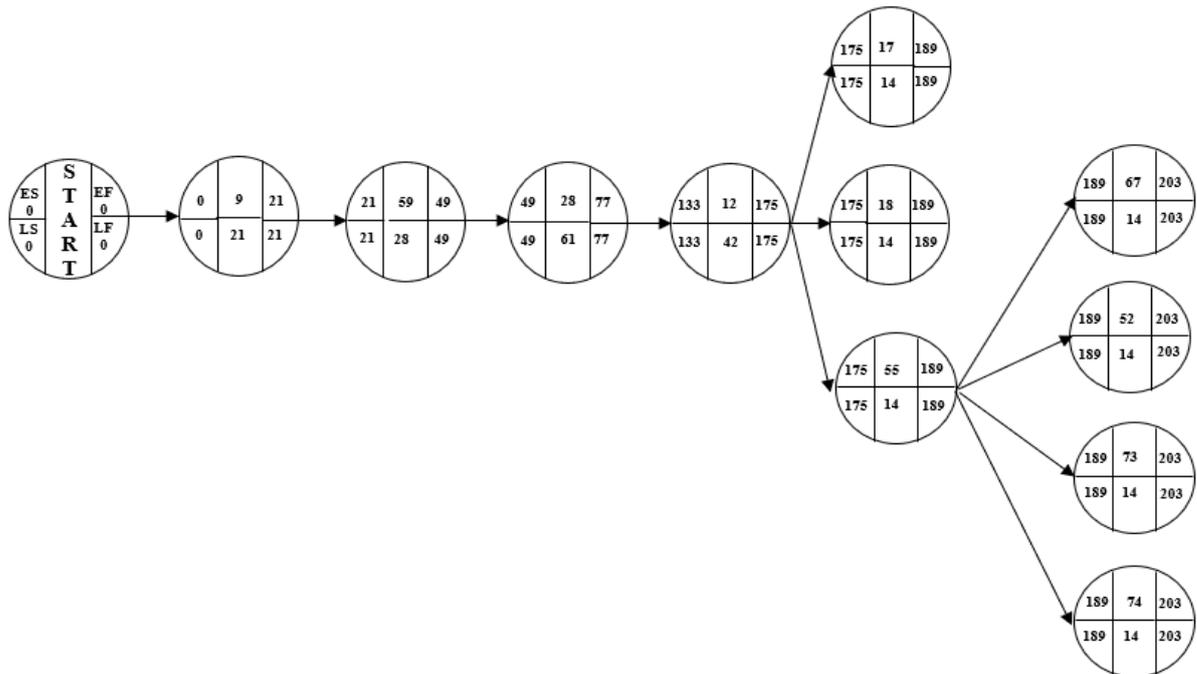
*Gantt chart* berfungsi untuk menunjukan tugas – tugas pada proyek serta jadwal dan waktu pelaksanaannya, seperti waktu dimulainya tugas dan batas waktu yang digunakan untuk menyelesaikan tugas pada proyek tersebut. Pembuatan penjadwalan proyek pada *microsoft project 2010* dengan cara input semua data yang dibutuhkan pada tampilan utama meliputi : *task name, duration, start, finish*, dan *predecessors* (kegiatan pendahulu). Setelah data tersebut sudah diinputkan maka *gantt chart* akan muncul setelah menetapkan korelasi atau hubungan antar suatu kegiatan dengan kegiatan lainnya. Pembuatan penjadwalan proyek menggunakan metode CPM (*Critical Path Method*).

Ket : Terlampir.

#### 4.2.2 Network Diagram atau Jaringan Kerja

Dari data urutan logika ketergantungan atau *predecessors* pada pembangunan jembatan Kaligawe Semarang yang disajikan pada tabel 4.2, maka proses jaringan kerja sebagai berikut :

- Jalur Kritis 1



**Gambar 4.1** Jaringan Kerja Jalur Kritis 1

Penjadwalan CPM yang menggunakan AON (*Activity On Node*) dalam menentukan waktunya (*Forward Pass*) yang terdiri dari ES, EF, dan AOA (*Activity On Arrow*) yang terdiri dari LS dan LF diantaranya sebagai berikut :

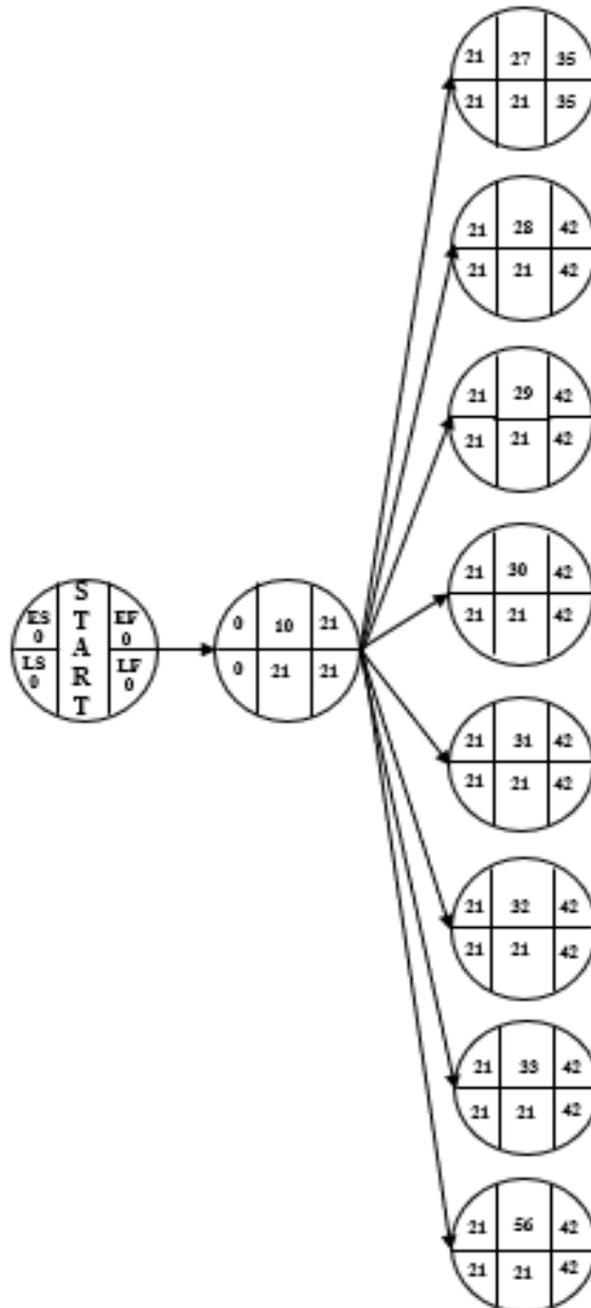
**Tabel 4.3** Penentuan AON dan AOA

KEGIATAN	ES	EF	LS	LF	SLACK LS – ES	CRITICAL PATH
9	0	21	0	21	0	CRITICAL
59	21	49	21	49	0	
61	49	77	49	77	0	
12	133	175	133	175	0	
17	175	189	175	189	0	
18	175	189	175	189	0	
55	175	189	175	189	0	
67	189	203	189	203	0	
52	189	203	189	203	0	

Tabel 4.3 Lanjutan Penentuan AON dan AOA

KEGIATAN	ES	EF	LS	LF	SLACK LS - ES	CRITICAL PATH
73	189	203	189	203	0	CRITICAL
74	189	203	189	203	0	

- Jalur Kritis 2



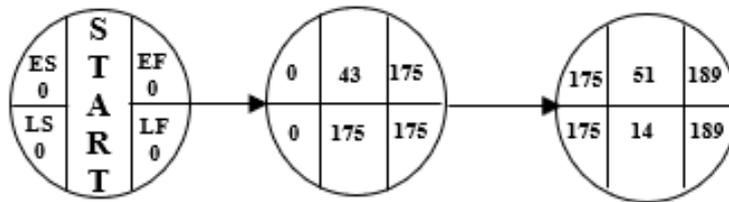
Gambar 4.2 Jaringan Kerja Jalur Kritis 2

Penjadwalan CPM yang menggunakan AON (*Activity On Node*) dalam menentukan waktunya (*Forward Pass*) yang terdiri dari ES, EF, dan AOA (*Activity On Arrow*) yang terdiri dari LS dan LF diantaranya sebagai berikut :

**Tabel 4.4** Penentuan AON dan AOA

KEGIATAN	ES	EF	LS	LF	SLACK LS – ES	CRITICAL PATH
10	0	21	0	21	0	<i>CRITICAL</i>
27	21	35	21	35	0	
28	21	42	21	42	0	
29	21	42	21	42	0	
30	21	42	21	42	0	
31	21	42	21	42	0	
32	21	42	21	42	0	
33	21	42	21	42	0	
56	21	42	21	42	0	

- Jalur Kritis 3



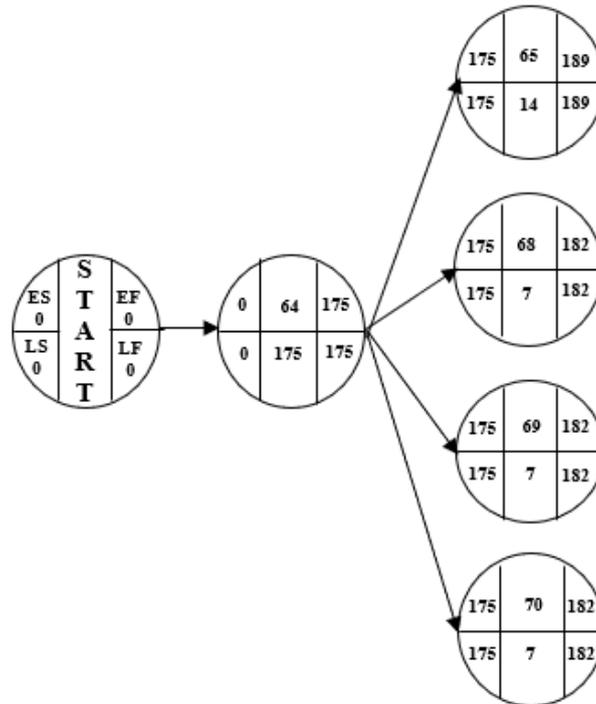
**Gambar 4.3** Jaringan Kerja Jalur Kritis 3

Penjadwalan CPM yang menggunakan AON (*Activity On Node*) dalam menentukan waktunya (*Forward Pass*) yang terdiri dari ES, EF, dan AOA (*Activity On Arrow*) yang terdiri dari LS dan LF diantaranya sebagai berikut :

**Tabel 4.5** Penentuan AON dan AOA

KEGIATAN	ES	EF	LS	LF	SLACK LS – ES	CRITICAL PATH
43	0	175	0	175	0	<i>CRITICAL</i>
51	175	189	175	189	0	

- Jalur Kritis 4



**Gambar 4.4** Jaringan Kerja Jalur Kritis 4

Penjadwalan CPM yang menggunakan AON (*Activity On Node*) dalam menentukan waktunya (*Forward Pass*) yang terdiri dari ES, EF, dan AOA (*Activity On Arrow*) yang terdiri dari LS dan LF diantaranya sebagai berikut :

**Tabel 4.6** Penentuan AON dan AOA

KEGIATAN	ES	EF	LS	LF	SLACK LS – ES	CRITICAL PATH
64	0	175	0	175	0	<i>CRITICAL</i>
65	175	189	175	189	0	
68	175	189	175	189	0	
69	175	189	175	189	0	
70	175	189	175	189	0	

### 4.2.3 Jalur Kritis

Berikut merupakan jalur kritis hasil dari pengolahan data menggunakan *software microsoft project 2010* pada proyek pembangunan jembatan Kaligawe Semarang adalah sebagai berikut :

- Jalur Kritis 1

**Tabel 4.7** Jalur Kritis 1

No. Id	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga (Rp)	
				Satuan	Jumlah Total
9	Beton K 250 (fc'20) untuk Saluran Drainase Beton Minor	m <sup>3</sup>	86,00	1.155.270,00	99.353.220,00
59	Pembongkaran Beton Praktekan	m <sup>3</sup>	272,00	555.500,00	151.096.000
61	Pengangkutan Hasil Bongkaran yang Melebihi 5 KM	m <sup>3</sup> /km	6.800,00	39.992,00	271.945.600,00
8	Pemasangan Batu dengan Mortar	m <sup>3</sup>	436,00	745.231,00	324.920.716
12	Galian Biasa	m <sup>3</sup>	5.136,00	15.511,00	79.664.496,00
17	Timbunan Biasa dari Sumber Galian	m <sup>3</sup>	10,00	136.645,00	1.366.450,00
18	Timbunan Pilihan dari Sumber Galian	m <sup>3</sup>	1.798,00	150.173,00	270.011.054,00
55	Sandaran (Railing)	m <sup>3</sup>	256,00	317.548,00	81.292.288,00
52	<i>Expansion Joint Tipe Asphaltic Plug, Fixed</i>	m <sup>3</sup>	48,00	1.338.750,00	64.260.000,00
67	Pohon Jenis Perdu dan Pot Tanaman	Buah	21,00	750,032,00	15.750.672,00
73	Perkerasan Blok Beton Trotoar dan Media	m <sup>2</sup>	880,00	109.395,00	96.267.600,00
74	Pagar Pemisah Pedestrian Galvanisasi	m'	400,00	317.548,00	127.019.200,00
<b>TOTAL</b>			<b>16143</b>	<b>5.628.595,00</b>	<b>1.432.002.392,00</b>

- Jalur Kritis 2

Tabel 4.8 Jalur Kritis 2

No. Id	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga (Rp)	
				Satuan	Jumlah Total
10	Baja Tulangan untuk Saluran Drainase Beton Minor	Kg	11.910,00	13.994,00	166.668.540,00
27	Lapis Resap Pengikat – Aspal Cair	Liter	1.680,00	12.852,00	21.591.360,00
28	Lapis Perekat – Aspal Cair	Liter	805,00	11.965,00	9.631.825,00
29	Laston Lapis Aus (AC – WC)	Ton	246,00	1.239.087,00	304.815.402,00
30	Laston Lapis Aus Perata (AC – WC(L))	Ton	14,00	1.239.087,00	17.347.218,00
31	Laston Lapis Antara (BC – BC)	Ton	195,00	1.214.732,00	236.872.740,00
32	Laston Lapis Antara Perata (AC – BC(L))	Ton	16,00	1.214.732,00	19.435.712,00
33	Bahan Anti Pengelupasan	Kg	40,00	35.986,00	1.439.440,00
56	Papan Nama Jembatan	Buah	4,00	558.009,00	2.232.036,00
<b>TOTAL</b>			<b>14.910,00</b>	<b>5.540.444,00</b>	<b>780.034.273,00</b>

- Jalur Kritis 3

Tabel 4.9 Jalur Kritis 3

No. Id	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga (Rp)	
				Satuan	Jumlah Total
43	Baja Tulangan U 32 Ulir	Kg	236.919,00	14.545,00	3.445.986.855,00
51	Pasangan Batu Kosong	m <sup>3</sup>	146,00	525.965,00	76.790.890,00
<b>TOTAL</b>			<b>237,065,00</b>	<b>527.419,00</b>	<b>3.522.777.745,00</b>

- Jalur Kritis 4

Tabel 4.10 Jalur Kritis 4

No. Id	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga (Rp)	
				Satuan	Jumlah Total
64	Pipa Penyalur PVC	m'	510,00	59.871,00	30.534.210,00
65	Shear Conector dengan Injeksi (Suntik) Bahan Kimia Diameter (D) 19 mm	Buah	536,00	103.620,00	55.540.320,00
68	Marka Jalan Termoplastik	m <sup>2</sup>	158,00	136.170,00	21.514.860,00
69	Rambu Jalan Tunggal dengan Permukaan Pemantul Engineer Grade	Buah	8,00	732.539,00	5.860.312,00
70	Patok Hektometer	Buah	4,00	154.482,00	617.928,00
<b>TOTAL</b>			<b>1216</b>	<b>1.186.682,00</b>	<b>114.067.630,00</b>

#### 4.2.4 Perhitungan Metode *Crashing Program*

Perhitungan *crashing program* pada proyek jembatan ini, penambahan jam lembur yang diterapkan dari perusahaan jam yaitu penambahan jam lembur selama 1 jam, 3 jam, dan 5 jam.

Berikut merupakan perhitungan menggunakan *what if analysis* pada proyek pembangunan jembatan Kaligawe – Semarang adalah sebagai berikut :

a. Jalur Kritis 1

$$\text{➤ Produktivitas Harian} = \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi normal}} = \frac{16143}{42} = 384,357$$

$$\text{➤ Produktivitas Tiap Jam} = \frac{\text{Produktivitas Harian}}{8 \text{ Jam Kerja}} = \frac{384,357}{8} = 48,044$$

➤ Produktivitas Harian Sesudah *Crash*

a = lama penambahan jam kerja

b = koefisien penurunan produktivitas penambahan jam kerja

$$= (8 \text{ jam} \times \text{produktivitas tiap jam}) + (a \times b \times \text{produktivitas tiap jam})$$

$$\text{➤ Crash 1 Jam} = (8 \text{ jam} \times 48,044) + (1 \times 0,1 \times 48,044) = 389,156$$

$$\text{Crash 3 Jam} = (8 \text{ jam} \times 48,044) + (3 \times 0,3 \times 48,044) = 427,591$$

$$\text{Crash 5 Jam} = (8 \text{ jam} \times 48,044) + (5 \times 0,5 \times 48,044) = 504,462$$

$$\begin{aligned} \text{➤ Crash Duration} &= \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas Harian Sesuai Crash}} \\ &= \frac{16143}{389,156} = 41 \text{ (crash 1 jam)} \\ &= \frac{16143}{427,591} = 37 \text{ (crash 3 jam)} \\ &= \frac{16143}{504,462} = 32 \text{ (crash 5 jam)} \end{aligned}$$

Ket : - Setelah dilakukan perhitungan diatas, maka *crash duration* jika ditambahkan jam lembur 1 jam/hari maka menjadi 41 hari.

- Setelah dilakukan perhitungan diatas, maka *crash duration* jika ditambahkan jam lembur 3 jam/hari maka menjadi 37 hari.

- Setelah dilakukan perhitungan diatas, maka *crash duration* jika ditambahkan jam lembur 5 jam/hari maka menjadi 32 hari.

➤ *Crash Cost* Pekerja Perhari Tenaga Kerja

n = jumlah penambahan jam kerja

Biaya Lembur 1 Jam = Rp. 17.000,00,-

$$\begin{aligned} \text{Crash 1 Jam} &= \text{Normal Cost Pekerja} + (n \times \text{Biaya Lembur Perjam}) \\ &= 1.432.002.392,00 + (1 \times 17.000,00) = 1.432.019.392,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Crash 3 Jam} &= \text{Normal Cost Pekerja} + (n \times \text{Biaya Lembur Perjam}) \\ &= 1.432.002.392,00 + (3 \times 17.000,00) = 1.432.053.392,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Crash 5 Jam} &= \text{Normal Cost Pekerja} + (n \times \text{Biaya Lembur Perjam}) \\ &= 1.432.002.392,00 + (5 \times 17.000,00) = 1.432.087.392,00 \end{aligned}$$

$$\text{➤ Cost Slope} = \frac{\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost}}{\text{Normal Duration} - \text{Crash Duration}}$$

$$\text{Crash 1 Jam} = \frac{1.432.019.392,00 - 1.432.002.392,00}{42 - 41} = 17.000,00$$

$$\text{Crash 3 Jam} = \frac{1.432.053.392,00 - 1.432.002.392,00}{42 - 37} = 10.200,00$$

$$\text{Crash 5 Jam} = \frac{1.432.087.392,00 - 1.432.002.392,00}{42 - 32} = 8.500,00$$

Jadi, setelah dilakukan perhitungan *cost slope* penambahan waktu lembur perhari maka menambah *cost* sebesar masing-masing yang terdapat pada perhitungan di atas.

b. Jalur Kritis 2

$$\text{➤ Produktivitas Harian} = \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi normal}} = \frac{14910}{21} = 710$$

$$\text{➤ Produktivitas Tiap Jam} = \frac{\text{Produktivitas Harian}}{8 \text{ Jam Kerja}} = \frac{710}{8} = 88,75$$

➤ Produktivitas Harian Sesudah *Crash*

a = lama penambahan jam kerja

b = koefisien penurunan produktivitas penambahan jam kerja

$$= (8 \text{ jam} \times \text{produktivitas tiap jam}) + (a \times b \times \text{produktivitas tiap jam})$$

$$\text{Crash 1 Jam} = (8 \text{ jam} \times 88,75) + (1 \times 0,1 \times 88,75) = 718,875$$

$$\text{Crash 3 Jam} = (8 \text{ jam} \times 88,75) + (3 \times 0,3 \times 88,75) = 789,875$$

$$\text{Crash 5 Jam} = (8 \text{ jam} \times 88,75) + (5 \times 0,5 \times 88,75) = 931,875$$

$$\begin{aligned} \text{➤ Crash Duration} &= \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas Harian Sesuai Crash}} \\ &= \frac{14910}{718,875} = 20 \text{ (crash 1 jam)} \\ &= \frac{14910}{789,875} = 18 \text{ (crash 3 jam)} \\ &= \frac{14910}{931,875} = 16 \text{ (crash 5 jam)} \end{aligned}$$

Ket : - Setelah dilakukan perhitungan diatas, maka *crash duration* jika ditambahkan jam lembur 1 jam/hari maka menjadi 20 hari.

- Setelah dilakukan perhitungan diatas, maka *crash duration* jika ditambahkan jam lembur 3 jam/hari maka menjadi 18 hari.
- Setelah dilakukan perhitungan diatas, maka *crash duration* jika ditambahkan jam lembur 5 jam/hari maka menjadi 16 hari.

➤ *Crash Cost* Pekerja Perhari Tenaga Kerja

$n$  = jumlah penambahan jam kerja

Biaya Lembur 1 Jam = Rp. 17.000,00,-

$$\begin{aligned} \text{Crash 1 Jam} &= \text{Normal Cost Pekerja} + (n \times \text{Biaya Lembur Perjam}) \\ &= 780.034.273,00 + (1 \times 17.000,00) = 780.051.273,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Crash 3 Jam} &= \text{Normal Cost Pekerja} + (n \times \text{Biaya Lembur Perjam}) \\ &= 780.034.273,00 + (3 \times 17.000,00) = 780.085.273,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Crash 5 Jam} &= \text{Normal Cost Pekerja} + (n \times \text{Biaya Lembur Perjam}) \\ &= 780.034.273,00 + (5 \times 17.000,00) = 780.119.273,00 \end{aligned}$$

$$\text{➤ Cost Slope} = \frac{\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost}}{\text{Normal Duration} - \text{Crash Duration}}$$

$$\text{Crash 1 Jam} = \frac{780.051.273,00 - 780.034.273,00}{21 - 20} = 17.000,00$$

$$\text{Crash 3 Jam} = \frac{780.085.273,00 - 780.034.273,00}{21 - 18} = 17.000,00$$

$$\text{Crash 5 Jam} = \frac{780.119.273,00 - 780.034.273,00}{21 - 16} = 17.000,00$$

Jadi, setelah dilakukan perhitungan *cost slope* penambahan waktu lembur perhari maka menambah *cost* sebesar masing-masing yang terdapat pada perhitungan di atas.

c. Jalur Kritis 3

$$\text{➤ Produktivitas Harian} = \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi normal}} = \frac{237065}{175} = 1354,657$$

$$\text{➤ Produktivitas Tiap Jam} = \frac{\text{Produktivitas Harian}}{8 \text{ Jam Kerja}} = \frac{1354,657}{8} = 169,332$$

➤ Produktivitas Harian Sesudah *Crash*

a = lama penambahan jam kerja

b = koefisien penurunan produktivitas penambahan jam kerja

$$= (8 \text{ jam} \times \text{produktivitas tiap jam}) + (a \times b \times \text{produktivitas tiap jam})$$

$$\text{➤ Crash 1 Jam} = (8 \text{ jam} \times 169,332) + (1 \times 0,1 \times 169,332) = 1371,589$$

$$\text{Crash 3 Jam} = (8 \text{ jam} \times 169,332) + (3 \times 0,3 \times 169,332) = 1507,054$$

$$\text{Crash 5 Jam} = (8 \text{ jam} \times 169,332) + (5 \times 0,5 \times 169,332) = 1777,986$$

$$\begin{aligned} \text{➤ Crash Duration} &= \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas Harian Sesuai Crash}} \\ &= \frac{237065}{1371,589} = 172 \text{ (crash 1 jam)} \\ &= \frac{237065}{1507,054} = 157 \text{ (crash 3 jam)} \\ &= \frac{237065}{1777,986} = 133 \text{ (crash 5 jam)} \end{aligned}$$

Ket : - Setelah dilakukan perhitungan diatas, maka *crash duration* jika ditambahkan jam lembur 1 jam/hari maka menjadi 172 hari.

- Setelah dilakukan perhitungan diatas, maka *crash duration* jika ditambahkan jam lembur 3 jam/hari maka menjadi 157 hari.

- Setelah dilakukan perhitungan diatas, maka *crash duration* jika ditambahkan jam lembur 5 jam/hari maka menjadi 133 hari.

➤ *Crash Cost* Pekerja Perhari Tenaga Kerja

n = jumlah penambahan jam kerja

Biaya Lembur 1 Jam = Rp. 17.000,00,-

$$\begin{aligned} \text{Crash 1 Jam} &= \text{Normal Cost Pekerja} + (n \times \text{Biaya Lembur Perjam}) \\ &= 3.522.777.745,00 + (1 \times 17.000,00) = 3.522.794.745,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Crash 3 Jam} &= \text{Normal Cost Pekerja} + (n \times \text{Biaya Lembur Perjam}) \\ &= 3.522.777.745,00 + (3 \times 17.000,00) = 3.522.828.745,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Crash 5 Jam} &= \text{Normal Cost Pekerja} + (n \times \text{Biaya Lembur Perjam}) \\ &= 3.522.777.745,00 + (5 \times 17.000,00) = 3.522.862.745,00 \end{aligned}$$

$$\text{➤ Cost Slope} = \frac{\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost}}{\text{Normal Duration} - \text{Crash Duration}}$$

$$\text{Crash 1 Jam} = \frac{3.522.794.745,00 - 3.522.777.745,00}{175 - 172} = 5.700,00$$

$$\text{Crash 3 Jam} = \frac{3.522.828.745,00 - 3.522.777.745,00}{175 - 157} = 2.800,00$$

$$\text{Crash 5 Jam} = \frac{3.522.862.745,00 - 3.522.777.745,00}{175 - 133} = 203,00$$

Jadi, setelah dilakukan perhitungan *cost slope* penambahan waktu lembur perhari maka menambah *cost* sebesar masing-masing yang terdapat pada perhitungan di atas.

d. Jalur Kritis 4

$$\text{➤ Produktivitas Harian} = \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi normal}} = \frac{1216}{14} = 86,857$$

$$\text{➤ Produktivitas Tiap Jam} = \frac{\text{Produktivitas Harian}}{8 \text{ Jam Kerja}} = \frac{86,857}{8} = 10,857$$

➤ Produktivitas Harian Sesudah *Crash*

a = lama penambahan jam kerja

b = koefisien penurunan produktivitas penambahan jam kerja

$$= (8 \text{ jam} \times \text{produktivitas tiap jam}) + (a \times b \times \text{produktivitas tiap jam})$$

$$\text{Crash 1 Jam} = (8 \text{ jam} \times 10,857) + (1 \times 0,1 \times 10,857) = 87,941$$

$$\text{Crash 3 Jam} = (8 \text{ jam} \times 10,857) + (3 \times 0,3 \times 10,857) = 96,627$$

$$\text{Crash 5 Jam} = (8 \text{ jam} \times 10,857) + (5 \times 0,5 \times 10,857) = 113,998$$

$$\begin{aligned} \text{➤ Crash Duration} &= \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas Harian Sesuai Crash}} \\ &= \frac{1216}{87,941} = 13 \text{ (crash 1 jam)} \\ &= \frac{1216}{96,627} = 12 \text{ (crash 3 jam)} \\ &= \frac{1216}{113,998} = 10 \text{ (crash 5 jam)} \end{aligned}$$

- Ket : - Setelah dilakukan perhitungan diatas, maka *crash duration* jika ditambahkan jam lembur 1 jam/hari maka menjadi 13 hari.
- Setelah dilakukan perhitungan diatas, maka *crash duration* jika ditambahkan jam lembur 3 jam/hari maka menjadi 12 hari.
  - Setelah dilakukan perhitungan diatas, maka *crash duration* jika ditambahkan jam lembur 5 jam/hari maka menjadi 10 hari.

➤ *Crash Cost* Pekerja Perhari Tenaga Kerja

$n$  = jumlah penambahan jam kerja

Biaya Lembur 1 Jam = Rp. 17.000,00,-

$$\begin{aligned} \text{Crash 1 Jam} &= \text{Normal Cost Pekerja} + (n \times \text{Biaya Lembur Perjam}) \\ &= 114.067.630,00 + (1 \times 17.000,00) = 114.084.630,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Crash 3 Jam} &= \text{Normal Cost Pekerja} + (n \times \text{Biaya Lembur Perjam}) \\ &= 114.067.630,00 + (3 \times 17.000,00) = 114.118.630,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Crash 5 Jam} &= \text{Normal Cost Pekerja} + (n \times \text{Biaya Lembur Perjam}) \\ &= 114.067.630,00 + (5 \times 17.000,00) = 114.152.630,00 \end{aligned}$$

$$\text{➤ } \text{Cost Slope} = \frac{\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost}}{\text{Normal Duration} - \text{Crash Duration}}$$

$$\text{Crash 1 Jam} = \frac{114.084.630,00 - 114.067.630,00}{14 - 13} = 17.000,00$$

$$\text{Crash 3 Jam} = \frac{114.118.630,00 - 114.067.630,00}{14 - 12} = 25.500,00$$

$$\text{Crash 5 Jam} = \frac{114.152.630,00 - 114.067.630,00}{14 - 10} = 21.250,00$$

Jadi, setelah dilakukan perhitungan *cost slope* penambahan waktu lembur perhari maka menambah *cost* sebesar masing-masing yang terdapat pada perhitungan di atas.

Berikut merupakan hasil rekapitulasi hasil *crashing duration* dari setiap jalur kritis yang terjadi pada proyek pembangunan jembatan Kaligawe – Semarang :

**Tabel 4.11** Hasil *Crashing Duration*

No	Keterangan	Normal Durasi (Hari)	Crash 1 Jam (Hari)	Crash 3 Jam (Hari)	Crash 5 Jam (Hari)
1.	Jalur Kritis 1	42	41	37	32
2.	Jalur Kritis 2	21	20	18	16
3.	Jalur Kritis 3	175	172	157	133
4.	Jalur Kritis 4	14	13	12	10

Hasil dari perhitungan dengan menggunakan metode CPM (*Critical Path Method*) proyek pembangunan jembatan Kaligawe – Semarang dapat selesai dalam waktu normal 42 hari dengan penambahan jam kerja lembur selama 1 jam/hari proyek pembangunan jembatan Kaligawe – Semarang akan selesai menjadi 41 hari, penambahan kerja lembur selama 3 jam/hari proyek pembangunan jembatan Kaligawe – Semarang akan selesai menjadi 37 hari, dan penambahan kerja lembur selama 5 jam/hari proyek akan pembangunan jembatan Kaligawe – Semarang selesai menjadi 32 hari. Waktu normal 21 hari dengan penambahan jam kerja lembur selama 1 jam/hari proyek pembangunan jembatan Kaligawe – Semarang akan selesai menjadi 20 hari, penambahan kerja lembur selama 3 jam/hari proyek pembangunan jembatan Kaligawe – Semarang akan selesai menjadi 18 hari, dan penambahan kerja lembur selama 5 jam/hari proyek akan pembangunan jembatan Kaligawe – Semarang selesai menjadi 16 hari. Waktu normal 175 hari dengan penambahan jam kerja lembur selama 1 jam/hari proyek pembangunan jembatan Kaligawe – Semarang akan selesai menjadi 172 hari, penambahan kerja lembur selama 3 jam/hari proyek pembangunan jembatan Kaligawe – Semarang akan selesai menjadi 157 hari, dan penambahan kerja lembur selama 5 jam/hari proyek akan pembangunan jembatan Kaligawe – Semarang selesai menjadi 133 hari. Waktu normal 14 hari dengan penambahan jam kerja lembur selama 1 jam/hari proyek pembangunan jembatan Kaligawe – Semarang akan selesai menjadi 13 hari,

penambahan kerja lembur selama 3 jam/hari proyek pembangunan jembatan Kaligawe – Semarang akan selesai menjadi 12 hari, dan penambahan kerja lembur selama 5 jam/hari proyek akan pembangunan jembatan Kaligawe – Semarang selesai menjadi 10 hari.

Berikut merupakan hasil rekapitulasi biaya penambahan jam kerja dari setiap jalur kritis yang terjadi pada proyek pembangunan jembatan Kaligawe – Semarang :

**Tabel 4.12** Hasil Biaya Penambahan Jam Kerja

No	Keterangan	Biaya Normal (Rp)	Biaya <i>Crash</i> 1 Jam (Rp)	Biaya <i>Crash</i> 3 Jam (Rp)	Biaya <i>Crash</i> 5 Jam (Rp)
1.	Jalur Kritis 1	1.432.002.392,00	1.432.019.392,00	1.432.053.392,00	1.432.087.392,00
2.	Jalur Kritis 2	780.034.273,00	780.051.273,00	780.085.273,00	780.119.273,00
3.	Jalur Kritis 3	3.522.777.745,00	3.522.794.745,00	3.522.828.745,00	3.522.862.745,00
4.	Jalur Kritis 4	114.067.630,00	114.084.630,00	114.118.630,00	114.152.630,00
<b>Jumlah Cost Jalur Kritis</b>		5.848.882.040,00	5.848.950.040,00	5.849.086.040,00	5.849.222.040,00

Dari hasil perhitungan biaya penambahan jam kerja pada proyek pembangunan jembatan Kaligawe – Semarang, penambahan jam lembur kerja selama 1 jam, 3 jam, dan 5 jam akan menambah biaya disetiap harinya, dengan jumlah biaya normal Rp. 5.848.882.040,00 , jika di *crash* selama 1 jam akan menambah biaya sebesar Rp. 5.848.950.040,00 , jika di *crash* selama 3 jam akan menambah biaya sebesar Rp. 5.849.086.040,00 , dan jika di *crash* selama 5 jam akan menambah biaya sebesar Rp. 5.849.222.040,00.

Berikut merupakan hasil rekapitulasi *cost slope* penambahan jam kerja dari setiap jalur kritis yang terjadi pada proyek pembangunan jembatan Kaligawe – Semarang :

**Tabel 4.13** Hasil *Cost Slope* Penambahan Jam Kerja

No	Keterangan	Waktu Normal	Waktu Penyelesaian Setelah Crash			Biaya Normal Proyek (Rp)	Biaya Tambahan (Rp)			Cost Slope		
			Crash 1 Jam	Crash 3 Jam	Crash 5 Jam		Crash 1 Jam	Crash 3 Jam	Crash 5 Jam	Crash 1 Jam	Crash 3 Jam	Crash 5 Jam
1.	Jalur Kritis 1	56	55	53	52	1.432.002.392,00	1.432.019.392,00	1.432.053.392,00	1.432.087.392,00	17.000	10.200	8.500
2.	Jalur Kritis 2	21	20	18	16	780.034.273	780.051.273	780.085.273	780.119.273	17.000	17.000	17.000
3.	Jalur Kritis 3	175	172	157	133	3.522.777.745	3.522.794.745	3.522.828.745	3.522.862.745	5.700	2.800	203
4.	Jalur Kritis 4	14	13	12	10	114.067.630	114.084.630	114.118.630	114.152.630	17.000 -	25.500	21.250

Jalur kritis pada proyek pembangunan jembatan Kaligawe Semarang, alternatif penambahan jam kerja pada kegiatan :

- Jalur Kritis 1 dengan penambahan waktu 1 jam/hari proyek dapat diselesaikan selama 42 hari atau dapat dipercepat 1 hari dengan besar *cost slope* sebesar Rp. 17.000,00/hari, penambahan waktu 3 jam/hari proyek dapat diselesaikan selama 41 hari atau dapat dipercepat 2 hari dengan besar *cost slope* sebesar Rp. 10.200,00/hari, dan penambahan waktu 5 jam/hari proyek dapat diselesaikan selama 32 hari atau dapat dipercepat 4 hari dengan besar *cost slope* sebesar Rp. 8.500,00/hari.
- Jalur Kritis 2 dengan penambahan waktu 1 jam/hari proyek dapat diselesaikan selama 20 hari atau dapat dipercepat 1 hari dengan besar *cost slope* sebesar Rp. 17.000,00/hari, penambahan waktu 3 jam/hari proyek dapat diselesaikan selama 18 hari atau dapat dipercepat 2 hari dengan besar *cost slope* sebesar Rp. 17.000,00/hari dan 5 jam/hari proyek dapat diselesaikan selama 16 hari atau dapat dipercepat 4 hari dengan besar *cost slope* sebesar Rp. 17.000,00/hari.
- Jalur Kritis 3 dengan penambahan waktu 1 jam/hari proyek dapat diselesaikan selama 172 hari atau dapat dipercepat 3 hari dengan besar *cost slope* sebesar Rp. 5.700,00/hari, penambahan waktu 3 jam/hari proyek dapat diselesaikan selama 157 hari atau dapat dipercepat 18 hari dengan besar *cost slope* sebesar Rp. 2.800,00/hari dan 5 jam/hari proyek dapat diselesaikan selama 133 hari atau dapat dipercepat 42 hari dengan besar *cost slope* sebesar Rp. 203,00/hari.
- Jalur Kritis 4 dengan penambahan waktu 1 jam/hari proyek dapat diselesaikan selama 13 hari atau dapat dipercepat 1 hari dengan besar *cost slope* sebesar Rp. 17.000,00/hari, penambahan waktu 3 jam/hari proyek dapat diselesaikan selama 12 hari atau dapat dipercepat 2 hari dengan besar *cost slope* sebesar Rp. 25.500,00/hari dan 5 jam/hari proyek dapat diselesaikan selama 10 hari atau dapat dipercepat 4 hari dengan besar *cost slope* sebesar Rp. 21.250,00/hari.

#### 4.2.3.1 Titik Equilibrium Kegiatan Jalur Kritis Pada Perhitungan *Crash* Program

Berikut merupakan grafik titik equilibrium kegiatan jalur kritis pada perhitungan *crash* program :

- Jalur Kritis Kegiatan Pendahulu Beton K 250 (fc'20) untuk Saluran *Drainase*



**Gambar 4.5** Grafik Hubungan Biaya dengan Waktu

Berdasarkan dari grafik di atas menunjukkan bahwa hubungan biaya dengan waktu, titik equilibrium atau titik keseimbangan pada jalur kritis tersebut berada pada waktu 53 hari yaitu pertambahan jam lembur 3 jam.

- Jalur Kritis Kegiatan Pendahulu Baja Tulangan untuk Saluran *Drainase* Beton Minor



**Gambar 4.6** Grafik Hubungan Biaya dengan Waktu

Berdasarkan dari grafik di atas menunjukkan bahwa hubungan biaya dengan waktu, titik equilibrium atau titik keseimbangan pada jalur kritis tersebut berada pada waktu 18 hari yaitu penambahan jam lembur 3 jam.

➤ Jalur Kritis Kegiatan Pendahulu Baja Tulangan U 32 Ulir



**Gambar 4.7** Grafik Hubungan Biaya dengan Waktu

Berdasarkan dari grafik di atas menunjukkan bahwa hubungan biaya dengan waktu, titik equilibrium atau titik keseimbangan pada jalur kritis tersebut berada pada waktu 157 hari yaitu penambahan jam lembur 3 jam.

➤ Jalur Kritis Kegiatan Pendahulu Pipa Penyalur PVC



**Gambar 4.8** Grafik Hubungan Biaya dengan Waktu

Berdasarkan dari grafik di atas menunjukkan bahwa hubungan biaya dengan waktu, titik equilibrium atau titik keseimbangan pada jalur kritis tersebut berada pada waktu 12 hari yaitu penambahan jam lembur 3 jam.

#### 4.2.4 Perhitungan Metode *What If Analysis*

Dalam percepatan proyek alternatif untuk penambahan jam kerja hanya pada kegiatan – kegiatan yang berada pada lintasan kritis saja, karena pada kegiatan lintasan kritis adalah kegiatan yang tidak boleh tertunda dalam pekerjaannya. Maka dari itu diambil salah satu lintasan kritis yang didapatkan dari pengolahan penjadwalan proyek menggunakan metode CPM (*Critical Path Method*).

Berikut merupakan perhitungan menggunakan *what if analysis* pada proyek pembangunan jembatan Kaligawe – Semarang adalah sebagai berikut :

##### 1. Perhitungan Proyek Mengalami Keterlambatan 10%

###### a. Jalur Kritis 1

$$ds = 42 ; \text{Float} = 0 \text{ hari} ; n = 15 \text{ orang} ; H = 8 \text{ Jam/Hari} ;$$

$$\text{delay} = 10\% \times 42 = 4,2$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } \Sigma \text{manhour} &= ds \times H \times n \\ &= 42 \times 8 \times 15 \\ &= 6720 \text{ Jam/Orang} \end{aligned}$$

$$\text{Durasi Dipercepat } d's = ds - \text{float} - \text{delay} = 42 - 0 - 4,2 = 37,8 \text{ Hari}$$

###### ➤ Penambahan Jumlah Tenaga Kerja

$$\Delta n = \frac{\Sigma \text{manhour}}{d's \times H} - n = \frac{6720}{37,8 \times 8} - n = \frac{6720}{403,2} - 15 = 1 \text{ Orang/Hari}$$

$$\text{Total Penambahan Jumlah Tenaga Kerja} = 15 + 1 = 16 \text{ Orang/Hari}$$

###### ➤ Penambahan Jam Kerja

$$\Delta H = \frac{\Sigma \text{manhour}}{d's \times n} = \frac{6720}{50,4 \times 15} = 8 \text{ Jam/Hari}$$

$$\text{Total Penambahan Jam Kerja} = 8 + 8 = 16 \text{ Jam/Hari}$$

###### ➤ *Crash Cost* = 10% x *Cost* Normal Pekerja

$$= 10\% \times 1.582.947.296,00$$

$$= 156.294.730,00,-$$

###### ➤ *Biaya* = *Cost* Normal Pekerja + *Crash Cost*

$$= 1.582.947.296,00 + 156.294.730,00$$

$$= 1.426.652.566,00,-$$

## b. Jalur Kritis 2

$ds = 21$  ;  $Float = 0$  hari ;  $n = 12$  orang ;  $H = 8$  Jam/Hari ;

$delay = 10\% \times 21 = 2,1$

$$\begin{aligned} \text{➤ } \Sigma \textit{manhour} &= ds \times H \times n \\ &= 21 \times 8 \times 12 \\ &= 2016 \text{ Jam/Orang} \end{aligned}$$

Durasi Dipercepat  $d's = ds - float - delay = 21 - 0 - 2,1 = 19$  Hari

## ➤ Penambahan Jumlah Tenaga Kerja

$$\Delta n = \frac{\Sigma \textit{manhour}}{d's \times H} - n = \frac{2016}{19 \times 8} - n = \frac{2016}{152} - 12 = 1 \text{ Orang/Hari}$$

Total Penambahan Jumlah Tenaga Kerja =  $12 + 1 = 13$  Orang/Hari

## ➤ Penambahan Jam Kerja

$$\Delta H = \frac{\Sigma \textit{manhour}}{d's \times n} = \frac{2016}{19 \times 12} = 8 \text{ Jam/Hari}$$

Total Penambahan Jam Kerja =  $8 + 8 = 16$  Jam/Hari

➤ *Crash Cost* = 10% x *Cost Normal Pekerja*

$$\begin{aligned} &= 10\% \times 780.034.273,00 \\ &= 78.003.427,00,- \end{aligned}$$

➤ *Biaya* = *Cost Normal Pekerja* + *Crash Cost*

$$\begin{aligned} &= 780.034.273,00 + 78.003.427,00 \\ &= 858.037.700,00,- \end{aligned}$$

## c. Jalur Kritis 3

$ds = 175$  ;  $Float = 0$  hari ;  $n = 20$  orang ;  $H = 8$  Jam/Hari ;

$delay = 10\% \times 175 = 17,5$

$$\begin{aligned} \text{➤ } \Sigma \textit{manhour} &= ds \times H \times n \\ &= 175 \times 8 \times 20 \\ &= 28000 \text{ Jam/Orang} \end{aligned}$$

Durasi Dipercepat  $d's = ds - float - delay = 175 - 0 - 17,5 = 157,5$  Hari

## ➤ Penambahan Jumlah Tenaga Kerja

$$\Delta n = \frac{\Sigma \textit{manhour}}{d's \times H} - n = \frac{28000}{157,5 \times 8} - n = \frac{28000}{1260} - 20 = 2 \text{ Orang/Hari}$$

Total Penambahan Jumlah Tenaga Kerja = 20 + 2 = 22 Orang/Hari

➤ Penambahan Jam Kerja

$$\Delta H = \frac{\Sigma \text{manhour}}{d's \times n} = \frac{28000}{157,5 \times 20} = 8 \text{ Jam/Hari}$$

Total Penambahan Jam Kerja = 8 + 8 = 16 Jam/Hari

➤ *Crash Cost* = 10% x *Cost Normal Pekerja*

$$= 10\% \times 3.522.777.745,00$$

$$= 352.277.775,00,-$$

➤ *Biaya* = *Cost Normal Pekerja* + *Crash Cost*

$$= 3.522.777.745,00 + 352.277.775,00$$

$$= 3.875.055.520,00,-$$

d. Jalur Kritis 4

$ds = 14$  ; *Float* = 0 hari ;  $n = 10$  orang ;  $H = 8$  Jam/Hari ;

*delay* = 10% x 14 = 1,4

➤  $\Sigma \text{manhour}$  =  $ds \times H \times n$

$$= 14 \times 8 \times 10$$

$$= 1120 \text{ Jam/Orang}$$

Durasi Dipercepat  $d's = ds - \text{float} - \text{delay} = 14 - 0 - 1,4 = 12,6$  Hari

➤ Penambahan Jumlah Tenaga Kerja

$$\Delta n = \frac{\Sigma \text{manhour}}{d's \times H} - n = \frac{1120}{12,6 \times 8} - n = \frac{1120}{101} - 10 = 1 \text{ Orang/Hari}$$

Total Penambahan Jumlah Tenaga Kerja = 10 + 1 = 11 Orang/Hari

➤ Penambahan Jam Kerja

$$\Delta H = \frac{\Sigma \text{manhour}}{d's \times n} = \frac{1120}{12,6 \times 10} = 8 \text{ Jam/Hari}$$

Total Penambahan Jam Kerja = 8 + 8 = 16 Jam/Hari

➤ *Crash Cost* = 10% x *Cost Normal Pekerja*

$$= 10\% \times 114.067.630,00$$

$$= 11.406.763,00,-$$

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Biaya} &= \text{Cost Normal Pekerja} + \text{Crash Cost} \\
 &= 114.067.630,00 + 11.406.763,00 \\
 &= 125.474.393,00,-
 \end{aligned}$$

## 2. Perhitungan Proyek Mengalami Keterlambatan 15%

### a. Jalur Kritis 1

$$ds = 42 ; \text{Float} = 0 \text{ hari} ; n = 15 \text{ orang} ; H = 8 \text{ Jam/Hari} ;$$

$$\text{delay} = 15\% \times 56 = 6,3$$

$$\begin{aligned}
 \text{➤ } \Sigma \text{manhour} &= ds \times H \times n \\
 &= 42 \times 8 \times 15 \\
 &= 6720 \text{ Jam/Orang}
 \end{aligned}$$

$$\text{Durasi Dipercepat } d's = ds - \text{float} - \text{delay} = 42 - 0 - 6,3 = 35,7 \text{ Hari}$$

### ➤ Penambahan Jumlah Tenaga Kerja

$$\Delta n = \frac{\Sigma \text{manhour}}{d's \times H} - n = \frac{6720}{35,7 \times 8} - n = \frac{6720}{381} - 15 = 2 \text{ Orang/Hari}$$

$$\text{Total Penambahan Jumlah Tenaga Kerja} = 15 + 2 = 17 \text{ Orang/Hari}$$

### ➤ Penambahan Jam Kerja

$$\Delta H = \frac{\Sigma \text{manhour}}{d's \times n} = \frac{6720}{47,6 \times 15} = 9 \text{ Jam/Hari}$$

$$\text{Total Penambahan Jam Kerja} = 8 + 9 = 17 \text{ Jam/Hari}$$

### ➤ Crash Cost = 15% x Cost Normal Pekerja

$$= 15\% \times 1.582.947.296,00$$

$$= 237.442.094,00,-$$

### ➤ Biaya = Cost Normal Pekerja + Crash Cost

$$= 1.582.947.296,00 + 237.442.094,00$$

$$= 1.820389.390,00,-$$

### b. Jalur Kritis 2

$$ds = 21 ; \text{Float} = 0 \text{ hari} ; n = 12 \text{ orang} ; H = 8 \text{ Jam/Hari} ;$$

$$\text{delay} = 15\% \times 21 = 3,15$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } \Sigma \textit{manhour} &= ds \times H \times n \\ &= 21 \times 8 \times 12 \\ &= 2016 \text{ Jam/Orang} \end{aligned}$$

$$\text{Durasi Dipercepat } d's = ds - \textit{float} - \textit{delay} = 21 - 0 - 3,15 = 18 \text{ Hari}$$

➤ Penambahan Jumlah Tenaga Kerja

$$\Delta n = \frac{\Sigma \textit{manhour}}{d's \times H} - n = \frac{2016}{18 \times 8} - n = \frac{2016}{144} - 12 = 2 \text{ Orang/Hari}$$

$$\text{Total Penambahan Jumlah Tenaga Kerja} = 12 + 2 = 14 \text{ Orang/Hari}$$

➤ Penambahan Jam Kerja

$$\Delta H = \frac{\Sigma \textit{manhour}}{d's \times n} = \frac{2016}{18 \times 12} = 9 \text{ Jam/Hari}$$

$$\text{Total Penambahan Jam Kerja} = 8 + 9 = 17 \text{ Jam/Hari}$$

➤ *Crash Cost* = 15% x *Cost Normal Pekerja*

$$= 15\% \times 780.034.273,00$$

$$= 117.005.141,00,-$$

➤ *Biaya* = *Cost Normal Pekerja* + *Crash Cost*

$$= 780.034.273,00 + 117.005.141,00$$

$$= 897.039.414,00,-$$

c. Jalur Kritis 3

$$ds = 175 ; \textit{Float} = 0 \text{ hari} ; n = 20 \text{ orang} ; H = 8 \text{ Jam/Hari} ;$$

$$\textit{delay} = 15\% \times 175 = 26,25$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } \Sigma \textit{manhour} &= ds \times H \times n \\ &= 175 \times 8 \times 20 \\ &= 28000 \text{ Jam/Orang} \end{aligned}$$

$$\text{Durasi Dipercepat } d's = ds - \textit{float} - \textit{delay} = 175 - 0 - 26,25 = 149 \text{ Hari}$$

➤ Penambahan Jumlah Tenaga Kerja

$$\Delta n = \frac{\Sigma \textit{manhour}}{d's \times H} - n = \frac{28000}{149 \times 8} - n = \frac{28000}{1192} - 20 = 3 \text{ Orang/Hari}$$

$$\text{Total Penambahan Jumlah Tenaga Kerja} = 20 + 3 = 23 \text{ Orang/Hari}$$

➤ Penambahan Jam Kerja

$$\Delta H = \frac{\Sigma \textit{manhour}}{d's \times n} = \frac{28000}{149 \times 20} = 9 \text{ Jam/Hari}$$

Total Penambahan Jam Kerja =  $8 + 9 = 17$  Jam/Hari

- $Crash Cost = 15\% \times Cost Normal Pekerja$   
 $= 15\% \times 3.522.777.745,00$   
 $= 528.416.662,00,-$
- $Biaya = Cost Normal Pekerja + Crash Cost$   
 $= 3.522.777.745,00 + 528.416.662,00$   
 $= 4.051.194.407,00,-$

d. Jalur Kritis 4

$ds = 14$  ;  $Float = 0$  hari ;  $n = 10$  orang ;  $H = 8$  Jam/Hari ;

$delay = 15\% \times 14 = 2,1$

- $\Sigma manhour = ds \times H \times n$   
 $= 14 \times 8 \times 10$   
 $= 1120$  Jam/Orang

Durasi Dipercepat  $d's = ds - float - delay = 14 - 0 - 2,1 = 11,9$  Hari

- Penambahan Jumlah Tenaga Kerja  
 $\Delta n = \frac{\Sigma manhour}{d's \times H} - n = \frac{1120}{11,9 \times 8} - n = \frac{1120}{95,2} - 10 = 1$  Orang/Hari

Total Penambahan Jumlah Tenaga Kerja =  $10 + 1 = 11$  Orang/Hari

- Penambahan Jam Kerja  
 $\Delta H = \frac{\Sigma manhour}{d's \times n} = \frac{1120}{12,6 \times 10} = 8$  Jam/Hari

Total Penambahan Jam Kerja =  $8 + 8 = 16$  Jam/Hari

- $Crash Cost = 15\% \times Cost Normal Pekerja$   
 $= 15\% \times 114.067.630,00$   
 $= 17.110.145,00,-$
- $Biaya = Cost Normal Pekerja + Crash Cost$   
 $= 114.067.630,00 + 17.110.145,00$   
 $= 131.177.775,00,-$

### 3. Perhitungan Proyek Mengalami Keterlambatan 20%

#### a. Jalur Kritis 1

$ds = 42$  ;  $Float = 0$  hari ;  $n = 15$  orang ;  $H = 8$  Jam/Hari ;

$delay = 20\% \times 42 = 8,4$

$$\begin{aligned} \text{➤ } \sum \text{manhour} &= ds \times H \times n \\ &= 42 \times 8 \times 15 \\ &= 6720 \text{ Jam/Orang} \end{aligned}$$

Durasi Dipercepat  $d's = ds - float - delay = 42 - 0 - 8,4 = 33,6$  Hari

#### ➤ Penambahan Jumlah Tenaga Kerja

$$\Delta n = \frac{\sum \text{manhour}}{d's \times H} - n = \frac{6720}{33,6 \times 8} - n = \frac{6720}{355,2} - 10 = 8 \text{ Orang/Hari}$$

Total Penambahan Jumlah Tenaga Kerja =  $15 + 8 = 23$  Orang/Hari

#### ➤ Penambahan Jam Kerja

$$\Delta H = \frac{\sum \text{manhour}}{d's \times n} = \frac{6720}{50,4 \times 15} = 8 \text{ Jam/Hari}$$

Total Penambahan Jam Kerja =  $8 + 8 = 16$  Jam/Hari

#### ➤ *Crash Cost* = 20% x *Cost* Normal Pekerja

$$= 20\% \times 1.582.947.296,00$$

$$= 316.589.459,00,-$$

#### ➤ Biaya = *Cost* Normal Pekerja + *Crash Cost*

$$= 1.582.947.296,00 + 316.589.459,00$$

$$= 1.899.536.755,00,-$$

#### b. Jalur Kritis 2

$ds = 21$  ;  $Float = 0$  hari ;  $n = 12$  orang ;  $H = 8$  Jam/Hari ;

$delay = 20\% \times 21 = 4,2$

$$\begin{aligned} \text{➤ } \sum \text{manhour} &= ds \times H \times n \\ &= 21 \times 8 \times 12 \\ &= 2016 \text{ Jam/Orang} \end{aligned}$$

Durasi Dipercepat  $d's = ds - float - delay = 21 - 0 - 4,2 = 16,8$  Hari

- Penambahan Jumlah Tenaga Kerja

$$\Delta n = \frac{\Sigma \text{manhour}}{d's \times H} - n = \frac{2016}{16,8 \times 8} - n = \frac{2016}{152} - 12 = 3 \text{ Orang/Hari}$$

Total Penambahan Jumlah Tenaga Kerja = 12 + 3 = 15 Orang/Hari

- Penambahan Jam Kerja

$$\Delta H = \frac{\Sigma \text{manhour}}{d's \times n} = \frac{2016}{16,8 \times 12} = 10 \text{ Jam/Hari}$$

Total Penambahan Jam Kerja = 8 + 10 = 18 Jam/Hari

- *Crash Cost* = 20% x *Cost Normal Pekerja*

$$= 20\% \times 780.034.273,00$$

$$= 156.006.855,00,-$$

- *Biaya* = *Cost Normal Pekerja* + *Crash Cost*

$$= 780.034.273,00 + 156.006.855,00$$

$$= 936.041.128,00,-$$

c. Jalur Kritis 3

$ds = 175$  ; *Float* = 0 hari ;  $n = 20$  orang ;  $H = 8$  Jam/Hari ;

$delay = 20\% \times 175 = 35$

- $\Sigma \text{manhour} = ds \times H \times n$

$$= 175 \times 8 \times 20$$

$$= 28000 \text{ Jam/Orang}$$

Durasi Dipercepat  $d's = ds - \text{float} - \text{delay} = 175 - 0 - 35 = 140$  Hari

- Penambahan Jumlah Tenaga Kerja

$$\Delta n = \frac{\Sigma \text{manhour}}{d's \times H} - n = \frac{28000}{140 \times 8} - n = \frac{28000}{1120} - 20 = 5 \text{ Orang/Hari}$$

Total Penambahan Jumlah Tenaga Kerja = 20 + 5 = 25 Orang/Hari

- Penambahan Jam Kerja

$$\Delta H = \frac{\Sigma \text{manhour}}{d's \times n} = \frac{28000}{140 \times 20} = 10 \text{ Jam/Hari}$$

Total Penambahan Jam Kerja = 8 + 10 = 18 Jam/Hari

- $Crash\ Cost = 20\% \times Cost\ Normal\ Pekerja$   
 $= 20\% \times 3.522.777.745,00$   
 $= 704.555.549,00,-$
- $Biaya = Cost\ Normal\ Pekerja + Crash\ Cost$   
 $= 3.522.777.745,00 + 704.555.549,00$   
 $= 4.227.333.294,00,-$

d. Jalur Kritis 4

$ds = 14$  ;  $Float = 0$  hari ;  $n = 10$  orang ;  $H = 8$  Jam/Hari ;

$delay = 20\% \times 14 = 2,8$

- $\sum manhour = ds \times H \times n$   
 $= 14 \times 8 \times 10$   
 $= 1120\text{ Jam/Orang}$

Durasi Dipercepat  $d's = ds - float - delay = 14 - 0 - 2,8 = 11,2$  Hari

- Penambahan Jumlah Tenaga Kerja

$$\Delta n = \frac{\sum manhour}{d's \times H} - n = \frac{1120}{11,2 \times 8} - n = \frac{1120}{89,6} - 10 = 2\text{ Orang/Hari}$$

Total Penambahan Jumlah Tenaga Kerja =  $10 + 2 = 12$  Orang/Hari

- Penambahan Jam Kerja

$$\Delta H = \frac{\sum manhour}{d's \times n} = \frac{1120}{11,2 \times 10} = 10\text{ Jam/Hari}$$

Total Penambahan Jam Kerja =  $8 + 10 = 18$  Jam/Hari

- $Crash\ Cost = 20\% \times Cost\ Normal\ Pekerja$   
 $= 20\% \times 114.067.630,00$   
 $= 22.813.526,00,-$
- $Biaya = Cost\ Normal\ Pekerja + Crash\ Cost$   
 $= 114.067.630,00 + 11.406.763,00$   
 $= 136.881.156,00,-$

Berikut merupakan hasil rekapitulasi akibat keterlambatan 10% dari setiap jalur kritis yang terjadi pada proyek pembangunan jembatan Kaligawe – Semarang :

**Tabel 4.14** Aktivitas Keterlambatan 10%

No.	Aktifitas	Durasi Normal (ds)	Float (Hari)	n (Orang)	H (Jam/Hari)	Delay	$\Sigma manhour$ (Jam/Orang)	d's (Hari)	$\Delta n$ (Orang/Hari)	$\Delta H$ (Jam/Hari)
1.	Jalur Kritis 1	42	0	15	8	5,6	6720	50,4	16	16
2.	Jalur Kritis 2	21	0	12	8	2,1	2016	19	13	16
3.	Jalur Kritis 3	175	0	20	8	17,5	28000	157,5	22	16
4.	Jalur Kritis 4	14	0	10	8	1,4	1120	12,6	11	16

Dapat diketahui dari tabel keterlambatan proyek sebanyak 10%, pada aktifitas jalur kritis 1 untuk saluran *drainase* dengan durasi normal 42 hari, nilai *float* 0, tenaga kerja sebanyak tetap 15 orang, 8 jam/hari, *delay* waktu keterlambatan 41, total orang-jam sebanyak 6720, durasi percepatan sebesar 40 hari, dengan total penambahan tenaga kerja sebanyak 16 orang, penambahan total jam kerja 16 jam/hari.

Pada aktifitas jalur kritis 2 dengan durasi normal 21 hari, nilai *float* 0, tenaga kerja sebanyak tetap 12 orang, 8 jam/hari, *delay* waktu keterlambatan 2,1, total orang-jam sebanyak 2016, durasi percepatan sebesar 19 hari, dengan total penambahan tenaga kerja sebanyak 13 orang, penambahan total jam kerja 16 jam/hari.

Pada jalur kritis 3 dengan durasi normal 175 hari, nilai *float* 0, tenaga kerja sebanyak tetap 20 orang, 8 jam/hari, *delay* waktu keterlambatan 17,5, total orang-jam sebanyak 28000, durasi percepatan sebesar 157,5 hari, dengan total penambahan tenaga kerja sebanyak 22 orang, penambahan total jam kerja 16 jam/hari.

Pada jalur kritis 4 dengan durasi normal 14 hari, nilai *float* 0, tenaga kerja sebanyak tetap 10 orang, 8 jam/hari, *delay* waktu keterlambatan 1,4, total orang-jam sebanyak 1120, durasi percepatan sebesar 12,6 hari, dengan total penambahan tenaga kerja sebanyak 11 orang, penambahan total jam kerja 16 jam/hari.

Berikut merupakan hasil rekapitulasi akibat keterlambatan 15% dari setiap jalur kritis yang terjadi pada proyek pembangunan jembatan Kaligawe – Semarang :

**Tabel 4.15** Aktivitas Keterlambatan 15%

<b>No.</b>	<b>Aktivitas</b>	<b>Durasi Normal (ds)</b>	<b>Float (Hari)</b>	<b>n (Orang)</b>	<b>H (Jam/Hari)</b>	<b>Delay</b>	<b><math>\Sigma</math>manhour (Jam/Orang)</b>	<b>d's (Hari)</b>	<b><math>\Delta n</math> (Orang/Hari)</b>	<b><math>\Delta H</math> (Jam/Hari)</b>
1.	Jalur Kritis 1	42	0	15	8	8,4	6720	47,6	17	17
2.	Jalur Kritis 2	21	0	12	8	3,15	2016	18	14	17
3.	Jalur Kritis 3	175	0	20	8	26,25	28000	149	23	17
4.	Jalur Kritis 4	14	0	10	8	2,1	1120	11,9	11	16

Dapat diketahui dari tabel keterlambatan proyek sebanyak 15%, pada aktifitas jalur kritis 1 dengan durasi normal 42 hari, nilai *float* 0, tenaga kerja sebanyak tetap 15 orang, 8 jam/hari, *delay* waktu keterlambatan 8,4 , total orang-jam sebanyak 6720, durasi percepatan sebesar 40,6 hari, dengan total penambahan tenaga kerja sebanyak 17 orang, penambahan total jam kerja 17 jam/hari.

Pada aktifitas jalur 2 dengan durasi normal 21 hari, nilai *float* 0, tenaga kerja sebanyak tetap 12 orang, 8 jam/hari, *delay* waktu keterlambatan 3,15 , total orang-jam sebanyak 2016, durasi percepatan sebesar 18 hari, dengan total penambahan tenaga kerja sebanyak 14 orang, penambahan total jam kerja 17 jam/hari.

Pada jalur kritis 3 dengan durasi normal 175 hari, nilai *float* 0, tenaga kerja sebanyak tetap 20 orang, 8 jam/hari, *delay* waktu keterlambatan 26,25 , total orang-jam sebanyak 28000, durasi percepatan sebesar 149 hari, dengan total penambahan tenaga kerja sebanyak 23 orang, penambahan total jam kerja 17 jam/hari.

Pada jalur kritis 4 dengan durasi normal 14 hari, nilai *float* 0, tenaga kerja sebanyak tetap 10 orang, 8 jam/hari, *delay* waktu keterlambatan 2,1 , total orang-jam sebanyak 1120, durasi percepatan sebesar 11,9 hari, dengan total penambahan tenaga kerja sebanyak 11 orang, penambahan total jam kerja 16 jam/hari.

Berikut merupakan hasil rekapitulasi akibat keterlambatan 20% dari setiap jalur kritis yang terjadi pada proyek pembangunan jembatan Kaligawe – Semarang :

**Tabel 4.16** Aktivitas Keterlambatan 20%

No.	Aktifitas	Durasi Normal (ds)	Float (Hari)	n (Orang)	H (Jam/Hari)	Delay	$\Sigma manhour$ (Jam/Orang)	d's (Hari)	$\Delta n$ (Orang/Hari)	$\Delta H$ (Jam/Hari)
1.	Jalur Kritis 1	42	0	15	8	11,6	6720	44,4	23	16
2.	Jalur Kritis 2	21	0	12	8	4,2	2016	16,8	15	18
3.	Jalur Kritis 3	175	0	20	8	35	28000	140	25	18
4.	Jalur Kritis 4	14	0	10	8	2,8	1120	11,2	12	18

Dapat diketahui dari tabel keterlambatan proyek sebanyak 20%, pada aktifitas jalur kritis 1 dengan durasi normal 56 hari, nilai *float* 0, tenaga kerja sebanyak tetap 15 orang, 8 jam/hari, *delay* waktu keterlambatan 11,6, total orang-jam sebanyak 6720, durasi percepatan sebesar 44,4 hari, dengan total penambahan tenaga kerja sebanyak 23 orang, penambahan total jam kerja 16 jam/hari.

Pada aktifitas jalur kritis 2 dengan durasi normal 21 hari, nilai *float* 0, tenaga kerja sebanyak tetap 12 orang, 8 jam/hari, *delay* waktu keterlambatan 4,2, total orang-jam sebanyak 2016, durasi percepatan sebesar 16,8 hari, dengan total penambahan tenaga kerja sebanyak 15 orang, penambahan total jam kerja 18 jam/hari.

Pada jalur kritis 3 dengan durasi normal 175 hari, nilai *float* 0, tenaga kerja sebanyak tetap 20 orang, 8 jam/hari, *delay* waktu keterlambatan 35, total orang-jam sebanyak 28000, durasi percepatan sebesar 140 hari, dengan total penambahan tenaga kerja sebanyak 25 orang, penambahan total jam kerja 18 jam/hari.

Pada jalur kritis 4 dengan durasi normal 14 hari, nilai *float* 0, tenaga kerja sebanyak tetap 10 orang, 8 jam/hari, *delay* waktu keterlambatan 2,8, total orang-jam sebanyak 1120, durasi percepatan sebesar 11,2 hari, dengan total penambahan tenaga kerja sebanyak 12 orang, penambahan total jam kerja 18 jam/hari.

Berikut merupakan hasil rekapitulasi biaya akibat keterlambatan 10% dari setiap jalur kritis yang terjadi pada proyek pembangunan jembatan Kaligawe – Semarang :

**Tabel 4.17** Biaya Akibat Keterlambatan 10%

No.	Aktifitas	Durasi Normal (Hari)	Durasi Percepatan		Biaya Normal (Rp)	Biaya Keterlambatan (Rp)
			%	(Hari)		
1.	Jalur Kritis 1	42	10	41	1.582.947.296,00,-	1.426.652.566,00,-
2.	Jalur Kritis 2	21	10	19	780.034.273,00,-	858.037.700,00,-
3.	Jalur Kritis 3	175	10	157,5	3.522.777.745,00,-	3.875.055.520,00,-
4.	Jalur Kritis 4	14	10	12,6	114.067.630,00,-	125.474.393,00,-
<b>Jumlah Cost Jalur Kritis</b>					<b>5.999.826.944,00,-</b>	<b>6.285.220.179,00,-</b>

- Biaya akibat keterlambatan sebesar 10% pada aktifitas jalur kritis 1 biaya normal sebesar Rp. 1.582.947.296,00,- dan total biaya keterlambatan sebesar Rp. 1.426.652.566,00,-.
- Biaya akibat keterlambatan sebesar 10% pada jalur kritis 2 biaya normal sebesar Rp. 780.034.273,00,- dan total biaya keterlambatan sebesar Rp. 858.037.700,00,-.
- Biaya akibat keterlambatan sebesar 10% pada jalur kritis 3 biaya normal sebesar Rp. 3.522.777.745,00,- dan total biaya keterlambatan sebesar Rp. 3.875.055.520,00,-.

- Biaya akibat keterlambatan sebesar 10% pada Jalur Kritis 4 biaya normal sebesar Rp. 114.067.630,00,- dan total biaya keterlambatan sebesar Rp. 125.474.393,00,-.

Berikut merupakan hasil rekapitulasi biaya akibat keterlambatan 15% dari setiap jalur kritis yang terjadi pada proyek pembangunan jembatan Kaligawe – Semarang :

**Tabel 4.18** Biaya Akibat Keterlambatan 15%

No.	Aktifitas	Durasi Normal (Hari)	Durasi Percepatan		Biaya Normal (Rp)	Biaya Keterlambatan (Rp)
			%	(Hari)		
1.	Jalur Kritis 1	42	15	37,6	1.582.947.296,00,-	1.820.389.390,00,-
2.	Jalur Kritis 2	21	15	18	780.034.273,00,-	897.039.414,00,-
3.	Jalur Kritis 3	175	15	149	3.522.777.745,00,-	4.051.194.407,00,-
4.	Jalur Kritis 4	14	15	11,9	114.067.630,00,-	131.177.775,00,-
<b>Jumlah Cost Jalur Kritis</b>					<b>5.999.826.944,00,-</b>	<b>6.899.800.986,00,-</b>

- Biaya akibat keterlambatan sebesar 15% pada aktifitas jalur kritis 1 biaya normal sebesar Rp. 1.582.947.296,00,- dan total biaya keterlambatan sebesar Rp. 1.820.389.390,00,-.
- Biaya akibat keterlambatan sebesar 15% pada jalur kritis 2 biaya normal sebesar Rp. 780.034.273,00,- dan total biaya keterlambatan sebesar Rp. 897.039.414,00,-.

- Biaya akibat keterlambatan sebesar 15% pada jalur kritis 3 biaya normal sebesar Rp. 3.522.777.745,00,- dan total biaya keterlambatan sebesar Rp. 4.051.194.407,00,-.
- Biaya akibat keterlambatan sebesar 15% pada jalur kritis 3 biaya normal sebesar Rp. 114.067.630,00,- dan total biaya keterlambatan sebesar Rp. 131.177.775,00,-.

Berikut merupakan hasil rekapitulasi biaya akibat keterlambatan 20% dari setiap jalur kritis yang terjadi pada proyek pembangunan jembatan Kaligawe – Semarang :

**Tabel 4.19** Biaya Akibat Keterlambatan 20%

No.	Aktifitas	Durasi Normal (Hari)	Durasi Percepatan		Biaya Normal (Rp)	Biaya Keterlambatan (Rp)
			%	(Hari)		
1.	Jalur Kritis 1	42	20	34,4	1.582.947.296,00,-	1.899.536.755,00,-
2.	Jalur Kritis 2	21	20	16,8	780.034.273,00,-	936.041.128,00,-
3.	Jalur Kritis 3	175	20	140	3.522.777.745,00,-	4.227.333.294,00,-
4.	Jalur Kritis 4	14	20	11,2	114.067.630,00,-	136.881.156,00,-
<b>Jumlah Cost Jalur Kritis</b>					<b>5.999.826.944,00,-</b>	<b>7.199.792.333,00,-</b>

- Biaya akibat keterlambatan sebesar 20% pada aktifitas jalur kritis 1 biaya normal sebesar Rp. 1.582.947.296,00,- dan total biaya keterlambatan sebesar Rp. 1.899.536.755,00,-.

- Biaya akibat keterlambatan sebesar 20% pada jalur kritis 2 biaya normal sebesar Rp. 780.034.273,00,- dan total biaya keterlambatan sebesar Rp. 936.041.128,00,-.
- Biaya akibat keterlambatan sebesar 20% pada jalur kritis 3 biaya normal sebesar Rp. 3.522.777.745,00,- dan total biaya keterlambatan sebesar Rp. 4.227.333.294,00,-.
- Biaya akibat keterlambatan sebesar 20% pada jalur kritis 4 biaya normal sebesar Rp. 114.067.630,00,- dan total biaya keterlambatan sebesar Rp. 136.881.156,00,-.

### **4.3 Analisa Penjadwalan Proyek Berdasarkan Pengolahan Data**

Hasil dari pengolahan data penjadwalan proyek pembangunan jembatan Kaligawe – Semarang menggunakan metode *crash program* dan *what if analysis* didapatkan hasil sebagai berikut :

#### **4.3.1 Analisa Penjadwalan Proyek Menggunakan Metode *Crashing Program***

Berdasarkan hasil pengolahan data penjadwalan proyek pembangunan jembatan Kaligawe – Semarang untuk mengetahui kinerja waktu suatu kegiatan diperlukan aplikasi *Microsoft Project 2010* untuk aktivitas kritis, dapat diketahui ada 4 jalur kritis.

Pada metode CPM (*Critical Path Method*) untuk mempercepat waktu proyek pada keterlambatan penjadwalan proyek pembangunan jembatan Kaligawe – Semarang menggunakan percepatan waktu umur proyek atau *crashing program* dengan mempercepat waktu durasi proyek pada kegiatan jalur kritis yang didapatkan dari hasil pengolahan data menggunakan *software microsoft project 2010*, dengan cara penambahan waktu 1 jam, 3 jam, dan 5 jam sesuai waktu penambahan jam lembur yang ada pada ketentuan perusahaan atau proyek tersebut. Untuk waktu penambahan jam lembur selama 1 jam tidak mengalami perubahan atau tidak mempengaruhi aktifitas yang terjadi pada proyek yang sedang dilaksanakan, untuk waktu penambahan jam lembur selama 3 jam dapat mempengaruhi kinerja proyek dari segi biaya dan waktu dimana biaya yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek tidak terlalu jauh dari estimasi biaya yang telah dirancang serta dari segi waktu dapat mempengaruhi waktu penyelesaian proyek dan yang terakhir adalah waktu penambahan jam lembur selama 5 jam dapat mempengaruhi biaya yang dikeluarkan dalam penyelesaian proyek dimana akan jauh dari jumlah biaya yang menjadi estimasi awal serta menyebabkan kelelahan yang berlebih pada tiap pekerja dan mempengaruhi hasil akhir dari pengerjaan proyek yang dilakukan.

Dari hasil waktu lembur tersebut maka terjadi peningkatan biaya dengan masing – masing kegiatan berbeda sesuai alokasi sumber dayanya.

#### **4.3.2 Analisa Penjadwalan Proyek Menggunakan Metode *What If Analysis***

Berdasarkan hasil pengolahan data penjadwalan proyek pembangunan jembatan Kaligawe – Semarang untuk mengetahui kinerja waktu suatu kegiatan diperlukan *software microsoft project 2010* untuk aktivitas kritis, dapat diketahui ada 4 jalur kritis.

Setiap kegiatan baik jalur kritis maupun non kritis pada jaringan kerja CPM (*Critical Path Method*) memiliki karakteristik yang berbeda – beda. Hal ini sangat tergantung pada perancangan jaringan kerja dihitung dari percepatan durasi kegiatan, total jam-orang, jumlah pekerja, dan nilai *float*. Dari masing-masing tersebut dinyatakan melalui *what if analysis*.

Total biaya proyek pembangunan jembatan Kaligawe – Semarang sebesar diketahui dari biaya normal pada jalur kritis dengan total biaya sebesar Rp. 5.999.826.944,00,-. Biaya penambahan jam kerja dan tenaga kerja akibat keterlambatan 10% adalah Rp. 6.285.220.179,00,-, biaya penambahan jam kerja dan tenaga kerja keterlambatan adalah 15% Rp. 6.899.800.986,00,-, dan untuk biaya penambahan jam kerja dan tenaga kerja keterlambatan adalah 20% Rp. 7.199.792.333,00,-

#### **4.3.3 Analisa Penjadwalan Proyek Menggunakan pengendalian Kurva S Metode *Crashing Program* dan *What If Analysis***

Berdasarkan hasil penelitian penjadwalan proyek yang digunakan pada proyek pembangunan jembatan Kaligawe – Semarang yaitu menggunakan penjadwalan pengendalian kurva S, dimana dalam kurva S pada penjadwalan proyek ini hanya sebatas mengetahui presentase pelaksanaan proyek pada setiap harinya dan hanya terlihat kapan pelaksanaan proyek itu dimulai dan kapan proyek itu akan berakhir. Kelemahan dari pengendalian kurva S itu sendiri adalah tidak bisa mengetahui dan mengidentifikasi secara detail kegiatan mana yang terlebih dahulu yang harus dikerjakan tanpa mengganggu kegiatan lain yang bisa ditunda tanpa adanya keterlambatan waktu proyek yang telah ditentukan.

Pada penelitian ini penjadwalan proyek peneliti membuat menggunakan *software microsoft project 2010*. Pada *software* ini dapat diketahui kegiatan mana yang harus didahulukan terlebih dahulu atau dapat diketahui jalur kritisnya. Dari diketahui jalur kritis tersebut dapat mempercepat pelaksanaan proyek tanpa mempengaruhi kegiatan lainnya dengan cara *crashing program* dan *what if analysis*.

#### **4.3.4 Rekomendasi Untuk Proyek Pembangunan Jembatan Kaligawe – Semarang**

Berdasarkan analisa dari hasil kedua metode tersebut rekomendasi dari peneliti berikan pada proyek pembangunan jembatan Kaligawe – Semarang diataranya sebagai berikut :

1. Jika dilihat dari pengolahan *software microsoft project 2010* menggunakan metode *crasing program*, perhitungan dengan percepatan durasi penambahan 1 jam, 3 jam, dan 5 jam, waktu lembur akan mengurangi waktu pengerjaan proyek. Oleh karena itu peneliti merekomendasikan *crash duration* 3 jam waktu lembur disetiap harinya. Dari segi waktu yang didapatkan penyelesaian pelaksanaan selama 407 hari dari waktu penyelesaian normal atau terjadi pengurangan durasi selama 28 hari. Umur proyek pembangunan jembatan Kaligawe – Semarang dapat selesai lebih cepat dari penjadwalan yang dilakukan sebelumnya.
2. Jika dilihat dari hasil perhitungan *crashing cost* diketahui dari biaya normal pada jalur kritis dengan total biaya sebesar Rp. 5.999.826.944,00,- dengan *crash* selama 1 jam sebesar Rp. 5.999.894.944,00,-, *crash* selama 3 jam sebesar Rp. 6.000.030.944,00,- dan *crash* selama 5 jam sebesar Rp. 6.000.166.944,00,- penulis merekomendasikan untuk memilih alternatif *crash cost* selama 3 jam lembur kerja perhari dengan selisih biaya sedikit dibandingkan masing – masing jam.
3. Jika dilihat dari hasil perhitungan *what if analysis*, pada metode didapatkan hasil perhitungan percepatan durasi kegiatan, total jam-orang, jumlah pekerja, dan nilai *float*. Dari perhitungan tersebut didapatkan Biaya penambahan jam

kerja dan tenaga kerja akibat keterlambatan 10% adalah Rp. 6.285.220.179,00,- biaya penambahan jam kerja dan tenaga kerja keterlambatan adalah 15% Rp. 6.899.800.986,00,-, dan untuk biaya penambahan jam kerja dan tenaga kerja keterlambatan adalah 20% Rp. 7.199.792.333,00,-.

4. Sebaiknya proyek pembangunan jembatan Kaligawe – Semarang membuat penjadwalan proyek menggunakan metode CPM (*Critical Path Method*) karena dengan metode tersebut dapat mengetahui secara detail pekerjaan mana yang harus diselesaikan terlebih dahulu dan dapat mengetahui rincian percepatan umur proyek dengan cara *crashing program* dan *what if analysis*.
5. Sebaiknya dalam pembuatan penjawalan proyek menggunakan *software microsoft project 2010* agar lebih memudahkan dalam pembuatan penjadwalan proyek.

#### **4.4 Pembuktian Hipotesa**

Berdasarkan hasil dari pengolahan data dengan analisa menggunakan metode *crashing program* dan *what if analysis* pada proyek pembuatan jembatan Kaligawe – Semarang. Membuktikan bahwa dari penjadwalan proyek yang sudah dibuat oleh perusahaan perlu adanya jam lembur kerja. Dimana jam lembur kerja pada kegiatan-kegiatan jalur kritis yang sudah dibuat menggunakan *software microsoft project 2010*. Maka perlu dilakukan penambahan jam lembur kerja supaya proyek tersebut tidak terjadi keterlambatan.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terhadap proyek pembangunan jembatan Kaligawe – Semarang maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pada proses percepatan durasi proyek tidak dapat dilakukan untuk kegiatan yang tidak berada pada jalur kritis.
2. Dengan menggunakan metode CPM (*Critical Path Method*) dapat diketahui ada 4 jalur kritis.
3. Dari hasil pengolahan data menggunakan metode *what if analysis* pada metode didapatkan hasil perhitungan percepatan durasi kegiatan, total jam-orang, penambahan jumlah pekerja, dan nilai *float*. Sehingga proyek dapat terselesaikan secara tepat waktu.
4. Dari hasil perhitungan menggunakan *software microsoft project 2010* disajikan berupa *gannt chart* dan *network diagram*.
5. Jika dibandingkan dengan menggunakan kurva S, metode *crashing program* dan *what if analysis* lebih valid untuk mempercepat durasi pengerjaan proyek.

#### **5.2 Saran**

Saran yang dapat diberikan dari analisis yang telah dilakukan dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Penambahan jam kerja atau lembur sebaiknya tidak melebihi dari 3 jam dikarenakan akan berpengaruh pada hasil pekerjaan yang telah dikerjakan.
2. Pada setiap proyek sebaiknya ada langkah-langkah apabila terjadi keterlambatan suatu kegiatan, sehingga resiko keterlambatan dari durasi proyek dapat dicegah.

3. Harapannya melalui penelitian ini diharapkan kepada pihak *Project Manajer Officer* (PMO) dapat menjadikan tugas akhir ini menjadi bahan acuan untuk pembuatan penjadwalan proyek dimasa yang akan datang.
4. Percepatan durasi pada waktu pelaksanaan proyek sebaiknya dilakukan lebih awal supaya dalam pelaksanaan proyek ini tidak terjadi kemunduran yang sangat lama.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andrea Saputra A. P., As'ad Munawir, Indradi Wijatmiko. 2017. Analisis Percepatan Aktifitas Pada Proyek Jalan Dengan Menggunakan Metode *Fast Track, Crash Program, Dan What-If*. Jurusan Teknik Sipil / Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Malang.
- Apri (2014). Optimalisasi waktu dan biaya proyek dengan analisa crash program. (2014). *Jurnal karya Teknik Sipil*, 747-759.
- Ervianto, Wulfram I., (2005), *Manajemen Proyek Kontruksi*. Yogyakarta: Andi.
- Badri, S. 1997. Dasar – dasar *Network Planing*. Jakarta : PT Rika Cipta.
- Hasyim, M Hamzah, dan Negara, Kartika Puspa. (2014). *Antisipasi Keterlambatan Proyek Menggunakan Metode What If diterapkan pada Microsoft Project*, Universitas Brawijaya, Semarang.
- Ineu Widaningsih, Anastasia Lidya Maukar, Avania Shinta. 2017. Antisipasi Kertlambatan Proyek Pembangunan Shelter Dengan Menggunakan Metode “*What-If Analysis*”. Fakultas Teknik, President University Jl. Ki Hajar Dewantara Kota Jababeka, Cikarang, Bekasi
- Patilang, Sabryagus. 2009. Analisa “*What If*” Sebagai Metode Antisipasi Keterlambatan Durasi Proyek Pada Proyek Pembangunan Hotel Abadi Yogyakarta. Yoyakarta: Universitas Atma Jaya.
- Ratna, A. S. (2008). Antisipasi Keterlambatan Proyek Konstruksi dengan Metode *What If*. Surabaya: Universitas Kristen Petra.
- Ratna S. Alifen, Ruben S. Setiawan, Andi Sunarto. 1999. Analisa “*What If*” Sebagai Metode Antisipasi Keterlambatan Durasi Proyek. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra.
- Saifoe El Unas, M. Hamzah Hasyim, Kartika Puspa Negara. 2016. Antisipasi Kerlambatan Proyek Menggunakan Metode “*What If*” Diterapkan Pada *Microsoft Project*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Malang.

- Saputra, Hendra. 2014. *Analisa Keterlambatan Proyek Dengan Metode “What If” Pada Pembangunan Madrasah Terpadu Kota Sigli*. Banda Aceh: Universitas Syiah Kuala.
- Setiawan, Ruben S, dan Sunarto. (1999). *Analisa Percepatan Durasi Aktivitas Sebagai Antisipasi Keterlambatan Proyek*. Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Siswanto. (2005). *Pengantar Manajemen*. Jakarta: PT Bumi Aksara. Soeharto, Iman. (2002). *Manajemen Proyek dari konseptual sampai Operasional*, Erlangga, Jakarta.
- Yohanes Stefanus, Indradi Wijatmik, Eko Andi Suryo. 2017. *Analisis Percepatan Waktu Penyelesaian Proyek Menggunakan Metode Fast Track Dan Crash Program*. Jurusan Teknik Sipil. Universitas Brawijaya. Malang.

# LAMPIRAN

ANTISIPASI KETERLAMBATAN WAKTU PENYELESAIAN  
PROYEK DENGAN MENGGUNAKAN METODE WHAT IF  
ANALYSIS DAN CRASH PROGRAM (Studi Kasus : Proyek  
Pembangunan Jembatan Kaligawe – Semarang)

ORIGINALITY REPORT

16%

SIMILARITY INDEX

9%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

17%

STUDENT PAPERS

MATCH ALL SOURCES (ONLY SELECTED SOURCE PRINTED)

15%

★ Submitted to Sultan Agung Islamic University

Student Paper

Exclude quotes  On

Exclude matches  < 2%

Exclude bibliography  On

Mengetahui

Pemb. 1



Dr. Andre Sugiyono

Pembimbing II



Ir. Irawan Suwendar, ST., M.T., IEM



## LEMBAR REVISI dan TUGAS UJIAN SARJANA

Berdasarkan Rapat Tim Penguji Ujian Sarjana

Hari : Rabu  
Tanggal : 25 September 2019  
Tempat : R.202

Memutuskan bahwa mahasiswa :

Nama : Siti Nur Fatimah  
NIM : 31601501177  
Judul TA : Antisipasi Keterlambatan Waktu Penyelesaian Proyek Dengan Menggunakan Metode What If Analysis Dan Crash Program (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Jembatan Kaligawe-Semarang)

wajib melakukan perbaikan seperti tercantum dibawah ini:

NO.	REVISI	BATAS REVISI
	4.2.2 Beri deskripsi / gambaran kerja Tabel anda ? Perhitungan crash program tidak jelas Diperhatikan lagi	
NO.	TUGAS	

Mengetahui,  
Ketua Tim Penguji

Wiwiek Fatmawati, ST, M.Eng  
NIDN 06-2210-7401

Semarang, 25 September 2019  
Penguji,

Wiwiek Fatmawati, ST, M.Eng  
NIDN 06-2210-7401



LEMBAR REVISI dan TUGAS UJIAN SARJANA

Berdasarkan Rapat Tim Penguji Ujian Sarjana

Hari : Rabu  
 Tanggal : 25 September 2019  
 Tempat : R.202

Memutuskan bahwa mahasiswa :

Nama : Siti Nur Fatimah  
 NIM : 31601501177  
 Judul TA : Antisipasi Keterlambatan Waktu Penyelesaian Proyek Dengan Menggunakan Metode What If Analysis Dan Crash Program (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Jembatan Kaligawe-Semarang)

wajib melakukan perbaikan seperti tercantum dibawah ini:

NO.	REVISI	BATAS REVISI
1.	BANYAK DATA AWAL YG TIDAK ADA	Ok  3/19 /10
2.	ANALISA CRASHING PROGRAM → CRASH 1 JAM ? — 3 — ? — 5 — ?	
3.	APA YG DILAKUKAN WHAT IF ANALYSIS ?	

NO.	TUGAS

Mengetahui,  
 Ketua Tim Penguji

Wiwiek Fatmawati, ST, M.Eng  
 NIDN 06-2210-7401

Semarang, 25 September 2019  
 Penguji,

Brav Deva Bernadhi, ST, MT  
 NIDN 06-3012-8601

- 4) REKOMENDASI DAN USULAN SEPERTI APA YG TERBAIK ? ADAKAH FAKTOR = PENDUKUNG UNTUK USULAN ?
- 5) PENULISAN DISESUAIKAN FORMAT



## LEMBAR REVISI dan TUGAS UJIAN SARJANA

Berdasarkan Rapat Tim Penguji Ujian Sarjana

Hari : Rabu  
 Tanggal : 25 September 2019  
 Tempat : R.202

Memutuskan bahwa mahasiswa :

Nama : Siti Nur Fatimah  
 NIM : 31601501177  
 Judul TA : Antisipasi Keterlambatan Waktu Penyelesaian Proyek Dengan Menggunakan Metode What If Analysis Dan Crash Program (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Jembatan Kaligawe-Semarang)

wajib melakukan perbaikan seperti tercantum dibawah ini:

NO.	REVISI	BATAS REVISI
1.	Studi literatur dimasukkan ke daftar pustaka.	A. SAP
2.	Gambar 2.3	
3.	Angka project hal. 38.	
4.	Konsep tingkat basis antara hal 38 dgn 44.	
5.	Den crash durasi 3 jam/hari proyek bisa selesai dgn lain.	

NO.	TUGAS
	Alex 3/10/19

Mengetahui,  
 Ketua Tim Penguji.

Wiwiek Fatmawati, ST, M.Eng  
 NIDN 06-2210-7401

Semarang, 25 September 2019  
 Penguji.

Akhmad Syakhroni, ST, M.Eng  
 NIDN 06-1603-7601