

TUGAS AKHIR
EVALUASI PENJADWALAN PELAKSANAAN PROYEK INSTALASI POMPA
SUBMERSIBLE DI AREA FLY ASH DENGAN METODE
CPM DAN CRASH PROGRAM
(Studi Kasus di PT KOMIPO PEMBANGKITAN JAWA BALI
JEPARA JAWA TENGAH)



NAMA : KRISTANTO
NIM : 31601401028

PRODI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG
2021

FINAL REPORT
EVALUATION OF SCHEDULING OF SUBMERSIBLE PUMP
INSTALLATION PROJECT AT FLY ASH AREA
WITH CPM AND CRASH PROGRAM METHODS
(Studi Kasus di PT KOMIPO PEMBANGKITAN JAWA BALI
JEPARA JAWA TENGAH)



NAMA : KRISTANTO

NIM : 31601401028

INDUSTRIAL ENGINEERING PROGRAM
INDUSTRIAL TECHNOLOGY FACULTY
SULTAN AGUNG ISLAMIC UNIVERSITY SEMARANG
2021

PRODI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG

LEMBAR PERSETUJUAN JUDUL

**Proposal Tugas Akhir dengan judul : EVALUASI PENJADWALAN
PELAKSANAAN PROYEK INSTALASI POMPA SUBMERSIBLE DI AREA
FLY ASH DENGAN METODE CPM DAN CRASH PROGRAM**

(Studi Kasus di PT KOMIPO PEMBANGKITAN JAWA BALI JEPARA JAWA
TENGAH) ini telah diperiksa keaslian dan kelayakan judulnya oleh Tim Verifikasi
Tugas Akhir Prodi Teknik Industri FTI UNISSULA pada :

Hari :

Tanggal :



Koordinator Tugas Akhir

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'M. Sagaf'.

M. Sagaf, ST., MT.
NIDN/210621055

PRODI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul “

EVALUASI PENJADWALAN PELAKSANAAN PROYEK INSTALASI POMPA SUBMERSIBLE DI AREA FLY ASH DENGAN METODE CPM DAN CRASH PROGRAM (Studi Kasus PT KOMIPO PEMBANGKITAN JAWA BALI JEPARA JAWA TENGAH)” ini disusun oleh :

Nama : Kristanto

NIM : 31601401028

Program Studi : Teknik Industri

Telah disahkan oleh dosen pembimbing pada :

Hari :

Tanggal :

Pembimbing I

Pembimbing II

Date:

2021.08.20

15:36:53

Wiwiek Patmaswati, ST, M.Eng

NIDN/ 0622107401

Irwan Sukenda, ST, MT IPM, ASEAN Eng

NIDN/0010017601

Mengeahui

Ketua Program Studi Teknik Industri



Nuzulia

Khoiriyah

2021.08.20

19:33:32 +07'00'

Nuzulia Khoiriyah, ST, MT

NIDN/0624057901

PRODI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul :

“EVALUASI PENJADWALAN PELAKSANAAN PROYEK INSTALASI POMPA SUBMERSIBLE DI AREA FLY ASH DENGAN METODE CPM DAN CRASH PROGRAM”

(Studi Kasus PT KOMIPO PEMBANGKITAN JAWA BALI JEPARA JAWA TENGAH) Ini telah dipertahankan di depan dosen penguji Tugas Akhir pada :

Hari :

Tanggal :

TIM PENGUJI

Anggota I


Ir. Soekarno Budi, U, MT
NIDN/0619076401

Anggota II


M. Sagaf, ST, MT
NIDN/210621055

Ketua Penguji


Dr. Andre Sugiyono, ST, M.PhD
NIDN/0003068001

Digitally signed by
Dr. Andre Sugiyono

SURAT KETERANGAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Kristanto

NIM : 31601401028

Judul Tugas Akhir : EVALUASI PENJADWALAN PELAKSANAAN
PROYEK INSTALASI POMPA SUBMERSIBLE DI AREA FLY ASH
DENGAN METODE CPM DAN CRASH PROGRAM (Studi Kasus PT
KOMIPO PEMBANGKITAN JAWA BALI JEPARA JAWA TENGAH)

Dengan bahwa ini saya menyatakan bahwa judul dan isi Tugas Akhir yang saya buat dalam rangka menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) Teknik Industri tersebut adalah asli dan belum pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan oleh siapapun baik keseluruhan maupun sebagian, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka, ada apabila dikemudian hari ternyata terbukti bahwa judul Tugas Akhir tersebut pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan, maka saya bersedia dikenakan sanksi akademis. Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab.

Semarang, Agustus 2021

Yang Menyatakan



Kristanto

Kata Pengantar

الحمد لله رب العالمين

Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan hidayah-Nya. Sholawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “Evaluasi Penjadwalan Pelaksanaan Proyek Instalasi Pompa Submersible Di Area Fly Ash Dengan Metode CPM Dan Crash Program (Studi Kasus Pt Komipo Pembangkitan Jawa Bali Jepara Jawa Tengah)”, sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Sarjana (S1) Prodi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung.

Selama proses pembuatan laporan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak mungkin selesai tanpa adanya dukungan, bantuan, bimbingan, dan nasehat dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih setulus-tulusnya kepada :

1. Kedua orang tua saya yang sangat saya banggakan dan hormati, atas doa, bimbingan dan dukungannya selama ini yang sudah mengantarkan saya sejauh ini.
2. Keluarga kecil saya, Rus Aria Asamarani istri selalu memberikan doa dan dukungan terbaiknya, anak-anak hebat M Rayyan Apkyla dan Kainan Akylsa Adzani selalu menjadi penambah semangat.
3. Ibu Wiwiek Fatmawati, ST, MT dan Bapak Irwan Sukendar, ST, MT IPM, ASEAN Eng selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan saran, bimbingan, waktu dan ide – ide yang bermanfaat, dukungan untuk menyelesaikan laporan tugas akhir saya ini.
4. Seluruh staf akademik dan administrasi prodi Teknik Industri Fakultas Teknologi industri yang tidak bias di sebutkan satu persatu.
5. Karyawan PLTU Tanjung Jati B unit 3&4 PT Komipo Pembangkitan Jawa Bali yang memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian ini.
6. Seluruh teman seperjuangan angkatan 2014 – Teknik Industri Fakultas Tehnologi Industri. Salam kita Bisa

7. Semua pihak terbaik yang tidak bisa disebutkan satu persatu dalam membantu penyusunan Tugas Akhir ini.

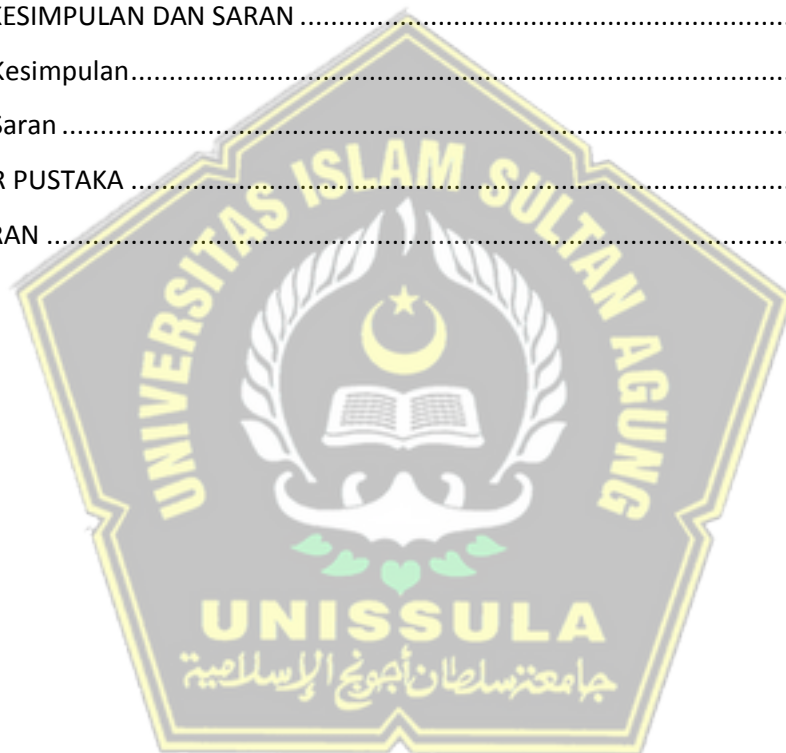
Harapan saya semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan berguna bagi para pembacanya. Penulis menyadari Tugas Akhir ini masih sangat jauh dari sempurna mengingat keterbatasan kemampuan penulis dalam bidang ini dan penulisan mengharapkan saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
FINAL REPORT	ii
LEMBAR PERSETUJUAN JUDUL	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iv
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	v
SURAT KETERANGAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	vi
Kata Pengantar	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
ABSTRAK.....	xiv
ABSTRACT	xv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG MASALAH.....	1
1.2 PERUMUSAN MASALAH.....	2
1.3 PEMBATASAN MASALAH	3
1.4 TUJUAN PENELITIAN.....	3
1.5 MANFAAT PENELITIAN.....	4
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	6
2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.2 Landasan Teori	9
2.3 Hipotesa dan Kerangka Teoritis.....	27
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	29
3.1 Pengumpulan Data	29
3.2 Teknik Pengumpulan Data	30
3.3 Pengolahan Data	31

3.4 Pengujian Hipotesa.....	32
3.5 Metode Analisis dan Pembahasan	32
3.6 Penarikan kesimpulan.....	33
3.7 Diagram alir	33
BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Pengumpulan Data	37
4.2 Pengolahan Data	45
4.3 Analisa dan Interpretasi.....	86
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	89
5.1 Kesimpulan.....	89
5.2 Saran	90
DAFTAR PUSTAKA	92
LAMPIRAN	93



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu	9
Tabel 4.1 Data Pekerjaan & Biaya Proyek Instalasi (sumber data kontraktor).....	39
Tabel 4.2 Data Kegiatan dan Kode Pekerjaan Proyek (sumber data kontraktor).....	41
Tabel 4.3 Data Durasi Kegiatan Pekerjaan Proyek (sumber data kontraktor)	44
Tabel 4.4 Data Urutan Pekerjaan Proyek (sumber data Kontraktor).....	46
Tabel 4.5 Penentuan Waktu Slack dan Jalur Kritis	54
Tabel 4.6 Detail Biaya Normal Pekerjaan Proyek Penentuan Percepatan Kegiatan	59
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Crashing Durasi.....	71
Tabel 4.8 Skenario 1 Perhitungan Waktu & Biaya Jalur Kritis	82
Tabel 4.9 Skenario 2 Perhitungan Waktu & Biaya Crashing Jalur Kritis.....	83



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Pekerjaan Proyek Instalasi Pompa Submersible di PT Komipo Pembangkitan Jawa Bali	1
Gambar 2. 1 Hubungan Keperluan Sumber Daya Terhadap Waktu dalam Siklus Proyek (<i>Dannyanti, 2010</i>).....	10
Gambar 2. 2 Hubungan Triple Constrain(<i>Putra et al., 2020</i>)	13
Gambar 2. 3 Simbol Jaringan Kerja CPM (<i>Iramutyn, 2010</i>)	16
Gambar 2. 4 Kegiatan Semu.....	17
Gambar 2. 5 Kegiatan semu (dummy activity) B	17
Gambar 2. 6 Perbandingan Dua Pendekatan Menggambarkan Jaringan Kerja (<i>Dannyanti, 2010</i>)	18
Gambar 2. 7 Notasi yang Digunakan pada Node Kegiatan.....	19
Gambar 2. 8 Hubungan antara waktu dan biaya pada keadaan normal dan crash (<i>Ningrum et al., 2017</i>).....	23
Gambar 2. 9 Grafik Indikasi Penurunan Produktifitas Akibat Penambahan Jam Kerja (<i>Iramutyn, 2010</i>)	25
Gambar 2. 10 Kerangka Berpikir Teoritis.....	29
Gambar 3. 1 Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	34
Gambar 4. 1 S-Curve Proyek Instalasi pompa submersible diarea Fly ash di PLTU tanjung Jati B unit 3&4 (sumber data kotraktor).....	38
Gambar 4. 2 Jaringan Kerja.....	48
Gambar 4. 3 Penentuan Jalur Kritis	55
Gambar 4. 4 Jaringan Kerja setelah Crashing Skenario 1.....	85

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Bill of Quantity	93
Lampiran 2 Rencana Anggaran Biaya Proyek Instalasi Pompa Submersible	94
Lampiran 3 Jadwal Perencanaan – Kurva S.....	95
Lampiran 4 Detail Engineering Design	96



ABSTRAK

Waktu dan biaya sangat berpengaruh terhadap keberhasilan dan kegagalan suatu proyek. Tolak ukur keberhasilan proyek dilihat dari waktu penyelesaian yang singkat dengan biaya yang minimal tanpa meninggalkan mutu hasil pekerjaan. Saat pelaksanaan proyek konstruksi terdapat beberapa hambatan yang seringkali dialami dan dapat menyebabkan keterlambatan. Oleh karena itu usaha untuk mengevaluasi suatu proyek saat penting untuk mengetahui waktu dan biaya yang terbaik sehingga tidak terjadi keterlambatan pelaksanaan proyek. Keterlambatan dapat diatasi dengan melakukan percepatan pekerjaan. Penjadwalan suatu proyek disusun agar target waktu yang ditentukan dapat dicapai. Penjadwalan memiliki rangkaian kegiatan yang berkaitan dan mempunyai total durasi paling panjang (lintasan kritis). Salah satu cara untuk mengoptimalkan waktu dan biaya yaitu dengan metode crash. Crash program merupakan cara melakukan percepatan dengan perkiraan biaya yang dibutuhkan untuk mereduksi waktu pekerjaan pada lintasan kritis. Perhitungan dimulai dengan mencari lintasan kritis kemudian melakukan crashing untuk mendapatkan cost slope. Proyek Instalasi pompa submersible di PLTU unit 3&4 Tanjung Jati B mengalami keterlambatan. Hasil penelitian diperoleh durasi normal untuk proyek ini sesuai target adalah 180 hari, dengan biaya Rp. 1.553.732.808. proyek mengalami keterlambatan waktu selesai dalam 192 hari. Durasi setelah di evaluasi dan dilakukan percepatan adalah 171 hari dengan total biaya kenaikan untuk proyek instalasi setelah dilakukan percepatan adalah sebesar : **Rp.116.684.756**. Durasi waktu tersebut merupakan waktu optimal setelah dipercepat dengan metode CPM dan Crasing program

Kata Kunci : *Keterlambatan, lintasan kritis, crash program.*

ABSTRACT

Time and cost greatly affect the success and failure of a project. The benchmark for project success is seen from the short completion time with minimal costs without leaving the quality of the work. During the implementation of construction projects, there are several obstacles that are often experienced and can cause delays. Therefore, it is important to evaluate a project when it is important to know the best time and cost so that there is no delay in project implementation. Delays can be overcome by accelerating the work. Scheduling of a project is arranged so that the specified time target can be achieved. Scheduling has a series of related activities and has the longest total duration (critical path). One way to optimize time and cost is the crash method. Crash program is a way to accelerate with the estimated cost needed to reduce work time on the critical path. The calculation starts with finding the critical path and then crashing to get the cost slope. The submersible pump installation project at PLTU units 3&4 Tanjung Jati B has been delayed. The results obtained that the normal duration for this project according to the target is 180 days, with a cost of 1,553,732,808IDR. the project experienced a delay in completion time of 192 days. The duration after being evaluated and accelerated is 171 days with the total cost increase for the installation project after the acceleration is **116.684.756IDR** This time duration is the optimal time after being accelerated by the CPM and Crasing program methods metode

Keywords: *Delay, critical path, crash program*

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG MASALAH

Proyek dapat diartikan sebagai kegiatan yang berlangsung dalam jangka waktu yang terbatas dengan mengalokasi sumber daya tertentu dan dimaksudkan untuk menghasilkan produk atau *deliverable* yang kriteria mutunya telah digariskan dengan jelas (Soeharto, 1999). Semakin bertambahnya kualitas teknologi, populasi dan kebutuhan akan bangunan yang berkualitas dan berteknologi tinggi yang mengakibatkan bahan-bahan (material), tenaga kerja dan teknologi yang semakin canggih. Proyek pada umumnya memiliki batasan waktu (*deadline*), artinya proyek harus selesai pada saat atau sebelum waktu yang telah ditentukan.

Di PLTU tanjung Jati B Unit 3&4 Jepara, terdapat proyek untuk pemasangan pompa *submersible*, jalur pipa dan kolam tampungan di area Boiler yang berfungsi untuk menampung ceceran *fly ash* termasuk limbah B3 yang tidak boleh mencemari lingkungan. Seperti terlihat pada Gambar 1.1.



**Gambar 1.1 Pekerjaan Proyek Instalasi Pompa Submersible di PT Komipo
Pembangkitan Jawa Bali**

Proyek pemasangan pompa *submersible* ini untuk melengkapi fasilitas di area *fly ash* sebagai pemenuhan masalah lingkungan. Dengan pompa *submersible* ceceran *fly ash* akan di pompa kembali ke jalur sistem pengolahan limbah *fly ash*. Dalam pelaksanaannya proyek ini mengalami keterlambatan waktu 12 hari dari durasi waktu yang sudah direncanakan sebelumnya yaitu 180 hari dari tanggal 31 Maret 2020 – 27 September 2020, proyek tersebut selesai pada tanggal 9 Oktober 2020. Hal ini terjadi karena pihak pelaksana selama dalam melaksanakan berdasarkan pengalaman saja.

Terkait hal ini maka dilakukan penelitian untuk melakukan evaluasi terhadap perencanaan penjadwalan waktu yang seharusnya, penegasan hubungan antar pekerjaan, sehingga di dapatkan durasi yang optimal dengan biaya yang seefisien mungkin. Penjadwalan proyek merupakan salah satu elemen hasil perencanaan yang dapat memberikan informasi tentang jadwal rencana dan kemajuan proyek dalam hal kinerja sumber daya berupa biaya, tenaga kerja, peralatan dan material serta rencana durasi proyek dengan pengefisienan waktu untuk penyelesaian proyek sehingga diharapkan tidak terjadi keterlambatan.

Dalam pelaksanaan proyek instalasi pompa *submersible* di PT Komipo Pembangkitan Jawa Bali perlu dilakukan percepatan dengan menggunakan metode yang tepat. jaringan kerja yang ada jalur kritisnya mencapai kondisi jenuh, yang artinya pada lintasan kritis sudah tidak mungkin lagi dilakukan pengurangan waktu pelaksanaan (titik optimal).

Penelitian ini membahas evaluasi biaya dan waktu yang optimal pada proyek konstruksi instalasi pompa *submersible* di area *fly ash* Unit 3&4. Dalam hal ini kemudian dilakukan perbandingan antara waktu dan biaya proyek sebelum dan sesudah dilakukan percepatan(*crashing*)

1.2 PERUMUSAN MASALAH

Berdasarkan uraian di atas maka perumusan masalah pada penelitian ini adalah

1. Bagaimana mengevaluasi perencanaan penjadwalan pada proyek instalasi pompa *submersible* di area *fly ash* di PT KOMIPO Pembangkitan Jawa Bali dengan Metode CPM?

2. Bagaimana melakukan percepatan proyek pada proyek instalasi pompa submersible di area *fly ash* di PT KOMIPO Pembangkitan Jawa Bali?
3. Berapa biaya tambahan yang akan dikeluarkan untuk percepatan waktu dan ?
4. Berapakah besarnya perubahan antara waktu dan biaya pelaksanaan proyek sebelum dan sesudah dilakukan *crashing*?

1.3 PEMBATASAN MASALAH

Berdasarkan perumusan masalah diatas, maka penulis membuat batasan batasan masalah guna membatasi ruang lingkup penelitian, antara lain :

1. Pengambilan data berasal dari data pelaksanaan proyek instalasi pompa submersible dan pipa di PT. Komipo Pembangkitan Jawa Bali Jepara.
2. Hari pelaksanaan penelitian pada hari kerja yaitu Senin- Jumat, dengan jam kerja berkisar 08.00 – 16.00 WIB dengan waktu istirahat pada 12.00 – 13.00 WIB.
3. Penelitian hanya untuk proyek instalasi pompa submersible di area *fly ash*
4. Pengoptimalisasi waktu dan biaya dengan metode *crash program* dan dilakukan pada pekerjaan.
5. Diagram network CPM (*Critical Path Method*)

1.4 TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain untuk :

1. Mengevaluasi perencanaan dan penjadwalan proyek instalasi kebutuhan pompa submersible di PT Komipo Pembangkitan Jawa Bali dengan metode CPM
2. Untuk melakukan percepatan waktu penyelesaian proyek instalasi pompa submersible di PT Komipo Pembangkitan Jawa Bali
3. Mengevaluasi perkiraan biaya untuk proyek Instalasi Pompa Submersible di PT Komipo Pembangkitan Jawa Bali.
4. Membandingkan waktu dan biaya proyek sebelum dan sesudah dilakukan *crashing*.

1.5 MANFAAT PENELITIAN

Identifikasi pelaksanaan penelitian terhadap proyek ini akan memberi manfaat sebagai berikut :

- a. Bagi Perusahaan, PT Komipo Pembangkitan Jawa Bali PLTU tanjung Jati B :
 1. Menyelesaikan proyek tepat waktu sehingga penggunaan anggaran menjadi efisien dan tidak terjadi pemborosan.
 2. Menjadi bahan kajian bagi manajemen dalam perencanaan untuk pengembangan yang berkelanjutan dengan mengetahui kegiatan mana yang harus bekerja keras diselesaikan agar jadwal dapat terpenuhi.
- b. Bagi penulis, menambah pengetahuan secara lebih detail dalam mempraktekkan teknik penjadwalan di dunia nyata dengan melihat keadaan di lapangan yang begitu rumit dan saling mempengaruhi.
- c. Bagi pihak lain, memberikan pemikiran baru atau referensi perihal sistem manajemen proyek untuk kegiatan proyek bagi pihak-pihak yang akan melakukan penelitian lebih lanjut.

1.6 SISTEMATIKA PENULISAN

Bab I. Pendahuluan, bab ini memuat latar belakang masalah, rumusan dan pembatasan masalah serta memuat tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab II. Tinjauan Pustaka dan Landasan Teori, dalam bab ini terdapat sub bab dan landasan teori dari penelitian terdahulu yang memaparkan teori-teori yang berhubungan dengan masalah yang diteliti serta beberapa penelitian yang dilakukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya.

Bab III. Metode Penelitian, bab ini menguraikan deskripsi tentang bagaimana penelitian akan dilaksanakan dengan menjelaskan variabel penelitian dan definisi operasional, penentuan jenis sampel, jenis dan sumber data, metode pengumpulan data, dan metode analisis.

Bab IV. Hasil Penelitian dan Pembahasan, bab ini menguraikan tentang deskripsi objek penelitian melalui gambaran umum dan proses penginterpretasian data yang diperoleh untuk mencari makna dan implikasi dari hasil analisis.

Bab V. Penutup, bab ini berisi kesimpulan dan saran atas hasil penelitian yang dilakukan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1 Penelitian Terdahulu

Ada beberapa penelitian terdahulu yang berhubungan dengan analisa pelaksanaan penjadwalan proyek menggunakan metode *Critical Path* dan *Crash Program* yang dapat dijadikan referensi dalam penelitian ini. Berikut ini merupakan review dari beberapa penelitian sebelumnya :

1. Arif Rahmat Eka Nugraha (2016) melakukan evaluasi pelaksanaan proyek dengan metode CPM dan PERT pada proyek pembangunan terminal Binuang Baru Kec. Binuang dengan tujuan penelitian mempercepat durasi waktu optimal dari waktu normal 65 hari menjadi 59 hari.
2. Ermis Vera Iramutyn (2010) melakukan penelitian optimasi Waktu dan Biaya Menggunakan metode Crash Program pada pelaksanaan proyek pemeliharaan gedung dan bangunan Rumah Sakit Orthopedi Prof. R. Soeharso Surakarta. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui durasi optimum pelaksanaan proyek dengan biaya yang hemat. Hasil dari penelitian ini diperoleh durasi optimum yaitu 49 hari dari durasi normal 74 hari kerja dan penghematan biaya proyek sebesar Rp. 14.918.923,20.
3. Restu Rama Bayu Adi, Devinta Elga T, M.Agung Wibowo (2016) melakukan penelitian proyek pembangunan gedung Mixed Use Sentraland melalui analisa percepatan proyek metode crash program. Durasi normal adalah 203 har, dengan biaya Rp.36.718.664.136. proses percepatan di bagi menjadi 3 (tiga) skenario. Skenario 1 Pekerjaan Kolom dengan durasi crashing 191 hari dan biaya Rp 36.907.386.256, Skenario 2 Pekerjaan Pelat Lantai dan Balok dengan durasi 188 hari dan biaya Rp 37.759.094.653, Skenario 3 Pekerjaan Kolom, Pelat Lantai dan Balok dengan durasi 176 hari dan biaya Rp 37.930.808.077.

4. Yohanes Stefanus, Indradi Wijatmiko dan Eko Andi Suryo (2017) melakukan penelitian dengan analisan Percepatan waktu penyelesaian proyek menggunakan metode Fast Track dan Crash Program pada proyek Hotel Dewarna Tahap II di Bojongnegoro. Tujuan dari penelitian ini untuk memperoleh waktu penyelesaian menjadi lebih cepat dan penghematan biaya proyek. Berdasarkan hasil perhitungan percepatan waktu dan biaya dengan menggunakan metode Fast Track dan Crash Program diperoleh waktu penyelesaian 233 hari dengan biaya lebih murah dari sebelumnya Rp.27.059.140.712 baik menjadi Rp.26.376.440.619 (dengan Fast Track) dan menjadi Rp.26.504.146.817 (dengan Crash Program)
5. Wateno Oetomo, Priyo, Uhud (2017) melakukan penelitian pada proyek pembangunan jembatan Sei Hanyu Kab. Kapuas dengan metode Crash Program. Dan hasil penelitian menunjukkan waktu yang di perlukan untuk mempercepat pelaksanaan pembangunan jembatan Sei Hanyu selama 10338 hari dapat dipercepat dari perencanaan semula 1082 hari kalender. Dengan biaya yang bertambah sebesar 0.39% dari biaya total yang direncanakan akibat dari percepatan tersebut.
6. Gunaedy Utomo, Irna Hendriyani, Siti Nor Aida, 2020, judul penelitian Evaluasi Pelaksanaan Proyek Drainase Dengan Metode CPM dan PERT, melakukan penelitian pada Proyek Pembangunan Drainase Jl Mulawarman Gg Arjuna Sepinggian dengan hasil Durasi optimal proyek pembangunan saluran drainase dapat dilaksanakan selama 18 minggu atau kurang dari 18 minggu dengan dengan peluang 49%
7. Apri Widya Laksana, Heri Setiawan Prasetyo, M Agung W, Arif Hidayat 2014 judul penelitian Optimalisasi Waktu Dan Biaya Proyek Dengan Analisa Crash Program, penelitian dilakukan pada 1. Proyek Pelindung Tebing Sungai Randu Gunting Pati. 2. Proyek pekerjaan Sungai Bodri III kab. Kendal, dengan hasil 1. Pada proses percepatan durasi proyek tidak dapat dilakukan untuk kegiatan yang tidak berada pada jalur kritis, 2. Pada pekerjaan pelindung Tebing sungai Randu ginting pelaksanaan

proyek selama 147 hari dengan biaya sebesar Rp. 436.591.926,14, 3. Pada pekerjaan Sungai Bodri III Kab. Kendal pelaksanaan proyek selama 156 hari dengan biaya sebesar Rp. 2.630.378.619,24

8. Fika Giri Aspia Ningrum, Widi Hartono 2017, Sugiyarto judul penelitian Penerapan Metode Crashing Dalam Percepatan Durasi Proyek Dengan Alternatif Penambahan Jam Lembur Dan Shift Kerja, penelitian dilakukan pada Proyek Pembangunan Hotel Grand Keisha, Yogyakarta, dengan hasil Proyek Pembangunan Hotel Grand Keisha, Yogyakarta durasi normal 438 hari dengan biaya Total Rp. 90.620.898.879,84. dengan alternatif shift kerja 8 kali crashing dengan durasi optimum sebesar 382 dengan total cost sebesar Rp. 89.380.460.703,40, jadi durasi waktu lebih singkat 56 hari.



Nama	Judul	Objek Pengamatan	Metode	Hasil	Sumber
Arif Rakhmat Ekanugraha 2016	Evaluasi Pelaksanaan Proyek Dengan Metode CPM dan PERT	Pembangunan Terminal Binuang Baru Kec. Binuang	CPM dan PERT	Hasil penelitian menunjukan durasi waktu optimal proyek pembangunan terminal Binuang Baru di Kec. Binuang yaitu 65 hari dari waktu normal 65 hari	Dspace.uii.ac.id 2016
Emis Vera Iramutyn 2010	Optimasi Waktu dan Biaya Dengan Metode Crash	Proyek Pemeliharaan Gedung dan Bangunan Rumah Sakit Orthopedi Prof. R. Soeharso Suarakarta	Crash Program	Durasi optimum proyek yaitu 49 hari kerja dari durasi normal 74 hari kerja dan adanya penghematan biaya proyek sebesar Rp.14.918.923,20	Digilib.uns.ac.id 2010
Restu Rama Bayu Adi, Devinta Elga T, M.Agung Wibowo 2016	Analisa Percepatan Proyek Metode Crash Program	Proyek pembangunan Gedung Mixed Use Sentraland	Crash Program	Durasi normal adalah 203 har, dengan biaya Rp.36.718.664.136. proses percepatan di bagi menjadi 3 (tiga) skenario, dan Skenario 1 Pekerjaan Kolom dengan durasi crashing 191 hari dan biaya Rp 36.907.386.25.	https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jkts/Volume 5, Nomor 2
Yohanes Stefanus, Indradi Wijatmiko, Eko Andi Suryo 2017	Analisis Percepatan Waktu Penyelesaian Proyek Menggunakan Metode Fast Track dan Crash Program	Proyek Hotel Dewarna Tahap II Bojong negro	Fast track dan Crash Program	Berdasarkan perhitungan percepatan waktu dan biaya dengan menggunakan metode Fast Track dan Crash Program diperoleh waktu penyelesaian 233 hari dengan biaya lebih murah dari sebelumnya dan metode Fast Track metode Crash Program lebih murah dibandingkan dengan metode Crash Program.	jurnal https://www.scribd.com/document/372122190/4494-11753-1-PB 2017
Wateno Oetomo, Priyo, Uhad 2017	Analisa waktu dan Biaya dengan Metode Crash Duration Pada keterlambatan proyek pembangunan jembatan sei Hayu Kab. Kapuas	Proyek Pembangunan Jembatan Sei Hanyu Kab. Kapuas	Crash Program	Hasil penelitian menunjukan waktu yang diperlukan untuk mempercepat pelaksanaan pembangunan jembatan Sei Hanyu selama 10338 hari dapat dipercepat dari perencanaan semula 1082 hari kalender. Dengan biaya yang bertambah sebesar 0.39% dari biaya total yang direncanakan akibat dari percepatan tersebut.	https://media.neliti.com/media/publications - Media ilmiah Teknik Sipil, Volume 6, Nomor 1, Desember 2017 :08-22
Gunaedy Utomo, Ima Hendriyani, Siti Nor Aida, 2020	Evaluasi Pelaksanaan Proyek Drainase Dengan Metode CPM dan PERT	Proyek Pembangunan Drainase Jl Mulawarman Gg Arjuna Sepinggan	CPM dan PERT	Durasi optimal proyek pembangunan saluran drainase dapat dilaksanakan selama 18 minggu atau kurang dari 18 minggu dengan dengan peluang 49%	http://journal.umpalangkara.ac.id
Apri Widya Laksana, Heri Setiawan Prasetyo, M Agung W, Arif Hidayat 2014	OPTIMALISASI WAKTU DAN BIAYA PROYEK DENGAN ANALISA CRASH PROGRAM	1. Proyek Pelindung Tebing Sungai Randu Gunting Pati 2. Proyek pekerjaan Sungai Bodri III kab. Kendal	Crash Program	1. Pada proses percepatan durasi proyek tidak dapat dilakukan untuk kegiatan yang tidak berada pada jalur kritis 2. pada pekerjaan pelindung Tebing sungai Randu ginting pelaksanaan proyek selama 147 hari dengan biaya sebesar Rp. 436.591.926,14 3. Pada pekerjaan Sungai Bodri III Kab. Kendal pelaksanaan proyek selama 156 hari dengan biaya sebesar Rp. 2.630.378.619,24	https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jkts/article/view/6011
Fika Giri Aspia Ningrum, Widi Hartono, Sugiyarto 2017	PENERAPAN METODE CRASHING DALAM PERCEPATAN DURASI PROYEK DENGAN ALTERNATIF PENAMBAHAN JAM LEMBUR DAN SHIFT KERJA	Proyek Pembangunan Hotel Grand Keisha, Yogyakarta	METODE CRASHING	Proyek Pembangunan Hotel Grand Keisha, Yogyakarta durasi normal 438 hari dengan biaya Total Rp. 90.620.898.879,84. dengan alternatif shift kerja 8 kali crashing dengan durasi optimum sebesar 382 dengan total cost sebesar Rp. 89.380.460.703,40, jadi durasi waktu lebih singkat 56 hari.	https://jurnal.uns.ac.id

Tabel 1.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Proyek

Pengertian Proyek adalah kegiatan sekali lewat dengan waktu dan sumber daya terbatas untuk mencapai hasil akhir yang telah ditentukan. Menurut Imam Soeharto, 1996 : Proyek mempunyai ciri pokok antara lain :

Bertujuan untuk menghasilkan lingkup (*deliverable*) tertentu berupa produk akhir atau hasil kerja akhir.

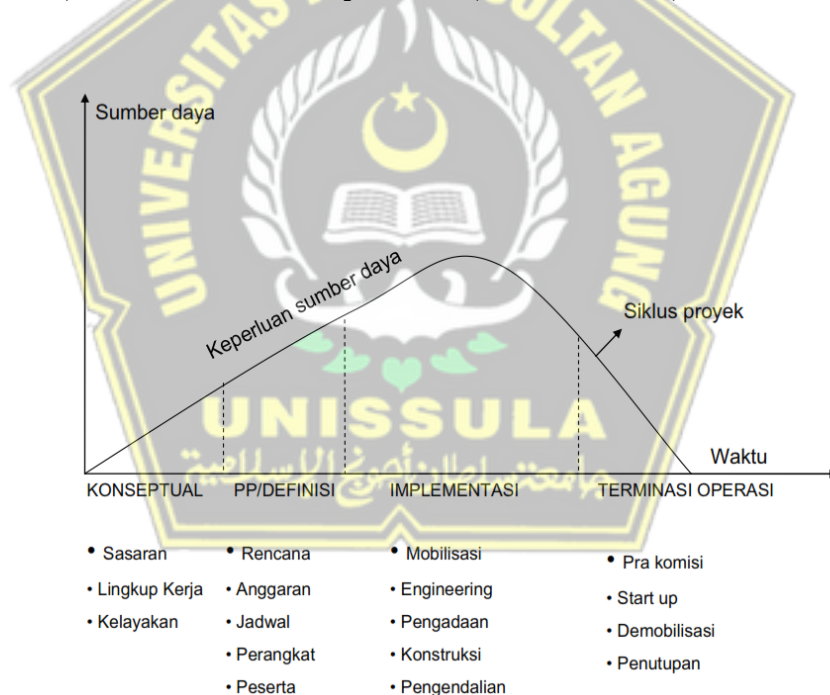
Dalam proses mewujudkan lingkup di atas, ditentukan jumlah biaya, jadwal serta kriteria mutu.

Bersifat sementara dalam arti umurnya dibatasi oleh selesainya tugas. Titik awal dan titik akhir ditentukan dengan jelas.

Non rutin, tidak berulang-ulang. Macam dan intensitas kegiatan berubah sepanjang proyek berlangsung.

2.2.2 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 2.1. Kegiatan-kegiatan tersebut memerlukan sumber daya yang berupa jam-orang (man-hour), dana, material atau peralatan (Soeharto, 1999).



Gambar 2. 1 Hubundan Keperluan Sumber Daya Terhadap Waktu dalam Siklus Proyek
(Danniyanti, 2010)

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.

2.2.3 Manajemen Proyek

Manajemen Proyek adalah bagaimana agar sumber daya yang terlibat proyek konstruksi dapat diaplikasikan oleh Manajer Proyek secara tepat. Proyek konstruksi merupakan rangkaian kegiatan yang hanya satu kali dilaksanakan dan umumnya berjangka waktu pendek. Dalam rangkaian tersebut, terdapat suatu proses yang mengolah sumber daya proyek menjadi suatu hasil kegiatan yang berupa bangunan.

Proyek mempunyai tiga karakteristik yang dapat dipandang secara tiga dimensi. Tiga karakteristik tersebut adalah :

1. Bersifat unik

Keunikan dari proyek konstruksi adalah : tidak pernah terjadi rangkaian kegiatan yang sama persis (tidak ada proyek yang identik, yang ada adalah proyek sejenis), proyek bersifat sementara, dan selalu terlibat grup pekerja yang berbeda beda.

2. Dibutuhkan sumber daya (*resource*)

Setiap proyek membutuhkan sumber daya, yaitu pekerja, uang, metode dan material. Dalam kenyataannya, mengorganisasikan pekerja lebih sulit daripada sumber daya lainnya.

3. Organisasi

Setiap organisasi mempunyai keragaman tujuan dimana didalamnya terlibat sejumlah individu dengan keahlian yang bervariasi, perbedaan ketertarikan, kepribadian yang bervariasi, dan ketidakpastian. Langkah awal yang harus dilakukan adalah menyusun visi menjadi satu tujuan yang telah ditetapkan oleh organisasi. (Wulfram I. Ervianto;2002:9)

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 (*manpower planning*), dan sumber organisasi yang

lain.

b. Proses pengendalian (*controlling*).

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

a. Perencanaan.

Fase ini mencakup penetapan sasaran, mendefinisikan proyek, dan organisasi timnya.

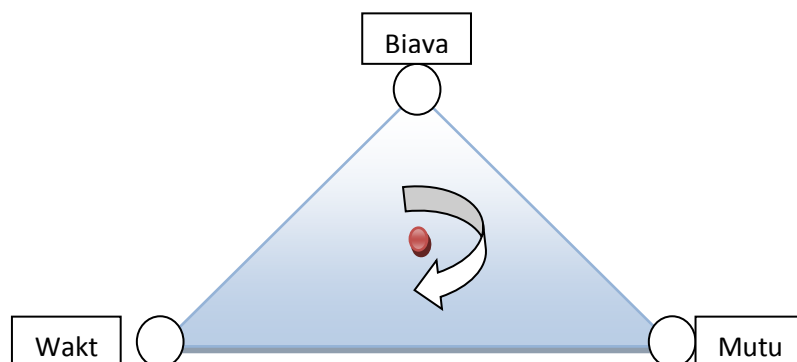
b. Penjadwalan.

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.

Menurut Soeharto (1997), Setiap proyek memiliki tujuan khusus dan didalam proses pencapaian tujuan tersebut ada batasan yang harus dipenuhi yaitu besarnya biaya (anggaran) yang dialokasikan, jadwal, serta mutu yang harus dipenuhi. Ketiga hal tersebut merupakan parameter penting bagi penyelenggaraan proyek yang sering diasosiasikan sebagai sasaran proyek. Ketiga batasan diatas disebut tiga kendala (*triple constrain*).



Gambar 2. 2 Hubungan Triple Constrain(Putra et al., 2020)

2.2.4 Bar Charts

Rencana kerja yang paling sering dan banyak digunakan adalah diagram batang (Bar Chart) atau Gant Chart, Bar Chart digunakan secara luas dalam proyek konstruksi karena sederhana, mudah dalam pembuatannya dan mudah dimengerti oleh pemakainya.

Bar chart adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom dengan arah vertical. Kolom arah horizontal menunjukkan skala waktu saat mulai dan akhir dari sebuah kegiatan yang dapat terlihat dengan jelas, sedangkan durasi kegiatan digambarkan oleh panjangnya diagram batang. Proses penyusunan diagram batang dilakukan dengan langkah sebagai berikut :

- a. Daftar seluruh kegiatan yang berisi jenis kegiatan pekerjaan yang ada dalam rencana pelaksanaan proyek.
- b. Uraian pekerjaan, dari daftar seluruh pekerjaan tersebut diatas, disusun urutan pelaksanaan pekerjaan proyek berdasarkan prioritas seluruh kegiatan pekerjaan yang akan dilaksanakan kemudian. Dan tidak mengesampingkan kemungkinan pelaksanaan pekerjaan proyek secara bersamaan.
- c. Waktu pelaksanaan pekerjaan adalah jangka waktu pelaksanaan dari seluruh kegiatan yang dihitung dari awal kegiatan pekerjaan proyek sampai seluruh kegiatan pekerjaan proyek berakhir. Waktu pelaksanaan pekerjaan diperoleh dari penjumlahan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap pekerjaan. (Ervianto,2002)

2.2.5 Jaringan Kerja

Suatu kegiatan yang merupakan rangkaian penyelesaian pekerjaan haruslah direncanakan dengan sebaik-baiknya. Sedapat mungkin semua kegiatan atau aktivitas dalam perusahaan dapat diselesaikan dengan efisien. Semua aktivitas tersebut diusahakan untuk dapat selesai dengan cepat sesuai dengan yang diharapkan serta terintegrasi dengan aktivitas yang lainnya.

Jaringan Kerja (*Network planning*) adalah gambaran kejadian-kejadian dan kegiatan yang diharapkan akan terjadi dan dibuat secara kronologis serta

dengan kaitan yang logis dan berhubungan antara sebuah kejadian atau kegiatan dengan yang lainnya. (Ari Kusnadi : dari berbagai sumber). Dengan adanya *network*, manajemen dapat menyusun perencanaan penyelesaian proyek dengan waktu dan biaya yang paling efisien.

Ahyari (1986 : 457) menyatakan pada prinsipnya *network planning* digunakan untuk merencanakan penyelesaian berbagai macam pekerjaan, dengan menggunakan *network* sebagai alat perencanaan dapatlah disusun perencanaan yang baik serta dapat diadakan relokasi tenaga kerja.

Adapun keuntungan menggunakan analisis *network* adalah sebagai berikut :

1. Mengorganisir data dan informasi secara sistematis.
2. Penentuan urutan pekerjaan.
3. Dapat menemukan pekerjaan yang dapat ditunda tanpa menyebabkan terlambatnya penyelesaian proyek secara keseluruhan sehingga dari pekerjaan tersebut dapat dihemat tenaga, waktu dan biaya.
4. Dapat menentukan pekerjaan-pekerjaan yang harus segera diselesaikan tepat pada waktunya, karena penundaan pekerjaan tersebut dapat mengakibatkan tertundanya penyelesaian secara keseluruhan.
5. Dapat segera mengambil keputusan apabila jangka waktu kontrak tidak sama dengan jadwal waktu penyelesaian proyek secara normal
6. Dapat segera menentukan pekerjaan-pekerjaan mana yang harus dikerjakan dengan lembur atau pekerjaan mana yang harus disub-kontrakkan agar penyelesaian proyek secara keseluruhan dapat sesuai dengan permintaan konsumen.

Dari berbagai keuntungan penggunaan *Network* sebagai perencanaan tersebut, maka jelaslah bahwa *Network* sangat membantu manajemen untuk menyusun perencanaan.

2.2.6 Penyusunan Diagram Network CPM (*Critical Path Method*)

Critical Path Method adalah metode yang berorientasi pada waktu yang mengarah pada penentuan jadwal dan estimasi waktunya bersifat *deterministic*

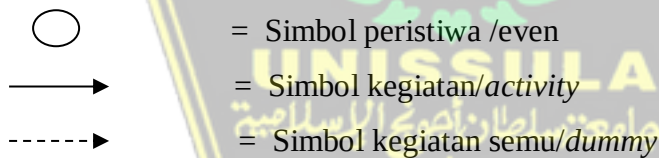
atau pasti. CPM dapat dipakai untuk mengontrol koordinasi berbagai kegiatan dalam suatu pekerjaan sehingga proyek dapat diselesaikan dalam jangka waktu yang tepat dan dapat membantu perusahaan dalam mengadakan perencanaan dan pengendalian proyek dengan waktu dan biaya yang lebih efisien.

Dalam jaringan kerja jenis ini, kegiatan digambarkan sebagai anak panah yang menghubungkan dua lingkaran yang mewakili dua peristiwa (*event*), yaitu peristiwa I dan peristiwa J. Nama dan durasi kegiatan ditulis diatas dan dibawah anak panah. Ekor anak panah (titik i) sebagai awal kegiatan dan ujung panah (titik j) sebagai akhir kegiatan, untuk lebih jelasnya dapat dilihat Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Simbol Jaringan Kerja CPM (Iramutyn, 2010)

Keterangan Gambar 2.3.

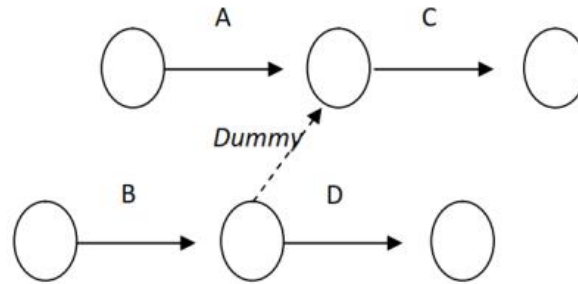


(Iramutyn, 2010)

a. Kegiatan Semu (*Dummy activity*)

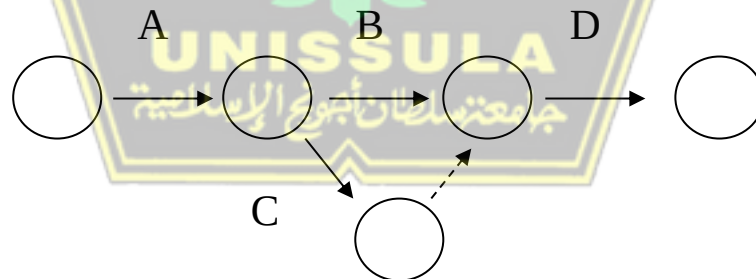
Kegiatan semu ini merupakan kegiatan yang sebetulnya tidak ada atau fiktif sehingga tidak memerlukan durasi (durasi = 0). Kegiatan ini digambarkan sebagai garis terputus dan diperlukan jika :

Dua kegiatan atau lebih didahului oleh satu atau lebih kegiatan yang sama, maka *dummy* diperlukan untuk menghubungkan kegiatan-kegiatan tersebut.



Gambar 2. 4 Kegiatan Semu

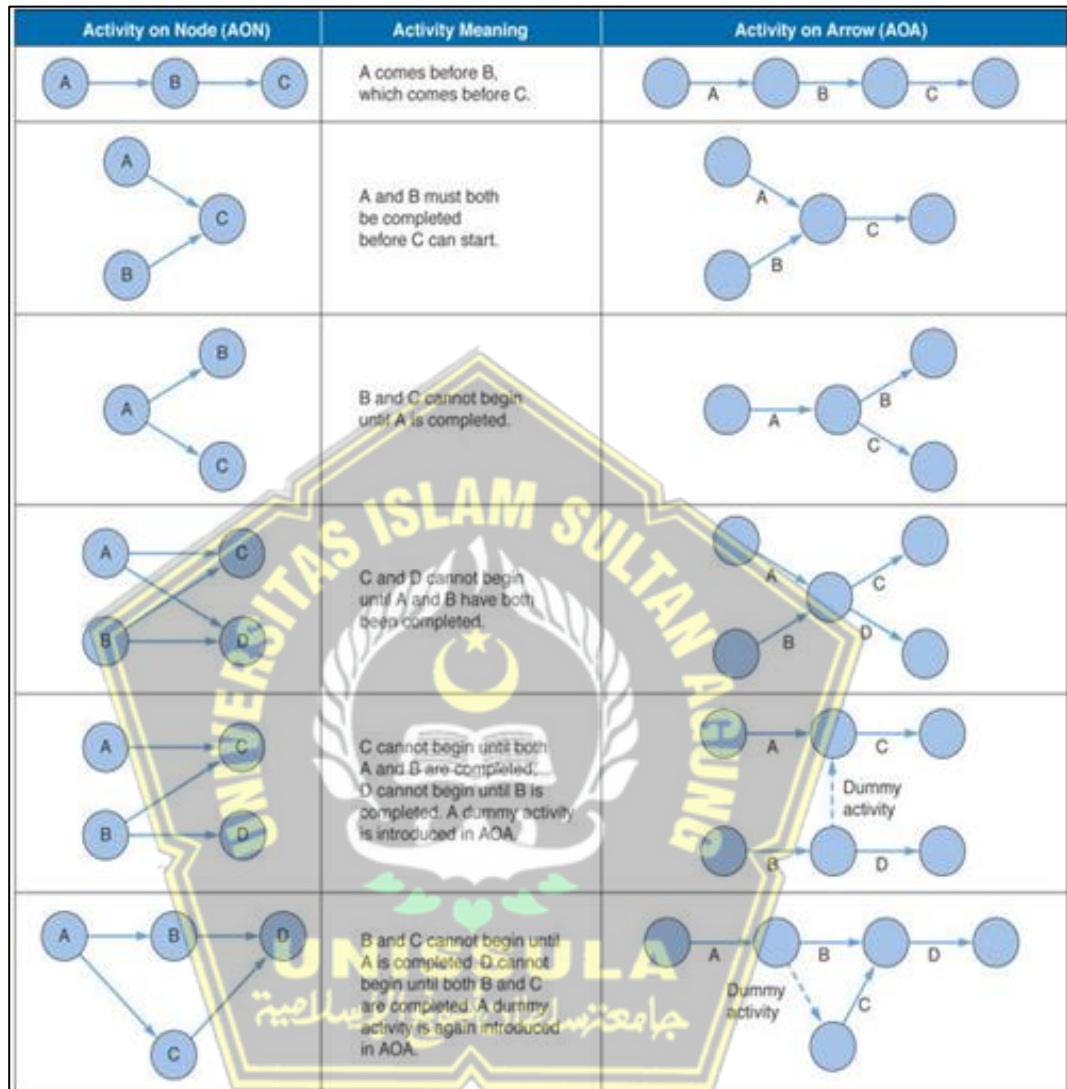
Gambar 2.4 menerangkan bahwa kegiatan C didahului oleh kegiatan A dan B, sedangkan kegiatan B juga merupakan kegiatan yang mendahului D. Maka kegiatan C baru dapat dimulai setelah kegiatan A dan B selesai, sedangkan kegiatan D dapat dimulai setelah kegiatan B selesai. Kegiatan D tidak tergantung pada kegiatan A. Dua atau lebih kegiatan didahului dan diikuti oleh kegiatan yang sama, maka *dummy* dibutuhkan untuk menghubungkan kedua kegiatan tersebut. Terlihat pada gambar 2.5, kegiatan B dan C didahului dan diikuti oleh kegiatan yang sama yaitu kegiatan A dan D. (Ekanugraha, 2016)



Gambar 2. 5 Kegiatan semu (dummy activity) B

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 2. 6 Perbandingan Dua Pendekatan Menggambarkan Jaringan Kerja (Dannyanti, 2010)

2.2.7 Lintasan Kritis

Heizer dan Render (2005) menjelaskan bahwa dalam 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.

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

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

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

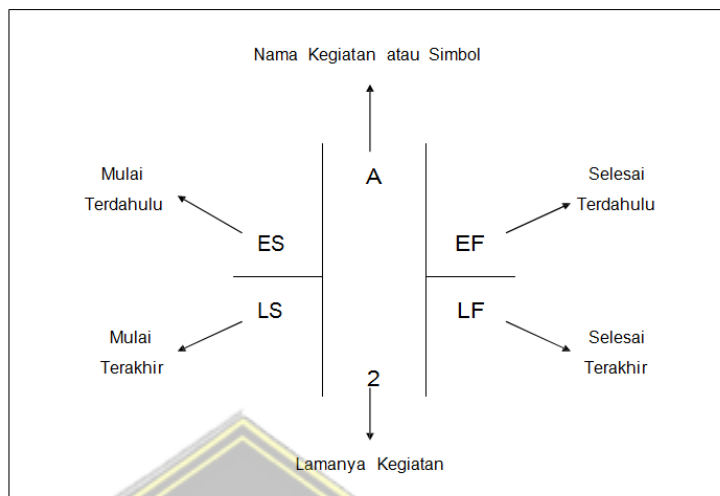
$$LS = LF - \text{Waktu kegiatan} \dots\dots\dots (2.4)$$

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).

$$\text{Slack} = LS - ES \dots\dots\dots (2.5)$$

atau

$$\text{Slack} = LF - EF \dots\dots\dots (2.6)$$



Gambar 2. 7 Notasi yang Digunakan pada Node Kegiatan

Sumber : (Danniyanti, 2010)

Perhitungan pada jaringan kerja CPM / *Critical PATH Method*, terutama dalam mengoptimalkan waktu (Soeharto, 2001)

Diantaranya adalah mengenai simbol yang digunakan sebagai berikut :

D = Kurun waktu / durasi pekerjaan / kegiatan

ES = Waktu nilai paling awal suatu kegiatan / pekerjaan
(*Earleat Activity Start Time*)

EF = Waktu selesai paling awal suatu kegiatan / pekerjaan
(*Earleat Activity Finish Time*)

LS = Waktu paling akhir kegiatan boleh dimulai (*Latest Allowable Start time*)

LF = Waktu paling akhir suatu kegiatan / pekerjaan telah selesai
(*Lastest Finish Time*)

TE = Waktu Paling awal suatu kegiatan / pekerjaan (*Node / Event*)
dapat terjadi (*Earleat Time Of Orrcurance*)

TL = Waktu paling akhir peristiwa boleh terjadi (*Latest Allowable Event/Occurance Time*)

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 adalah jalur yang mewakili rangkaian komponen-komponen dengan total jumlah waktuterlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek tercepat. Makna jalur kritis penting bagi pelaksana proyek, karena pada jalur ini dapat diketahui kegiatan-kegiatan bila pelaksanaannya terlambat yang akan menimbulkan keterlambatan proyek secara keseluruhan dan tidak sesuai dengan jadwal pelaksanaan yang telah dibuat.

Kegiatan yang terdapat pada jalur kritis ini dinamakan kegiatan atau pekerjaan kritis, sifat utama syarat umum darai jalur kritis adalah sebahgai berikut ; (Soeharto, 2001)

- Pada kegiatan pertama : $WS = LS - 0$ atau $ES (1) - LS (1) - 0$
- Pada kegiatan terakhir atau terminal : $LF = EF$
- *Float* Total : $TF = 0$

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.

a. Hitungan Maju

Perhitungan maju untuk menghitung *Earlist Finish Time*

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

Dimana :

EF = (*Earlist Event Time*) waktu mulai paling cepat dari event i

Dij = durasi untuk melaksanakan kegiatan antara event i dan event j

ES = (*Earlist Event Time*) waktu mulai paling cepat dari event j

b. Hitung Mundur

Perhitungan mundur untuk menghitung *Latest Event Time (LET)*

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

Dimana :

LS = (*Latest Event Time*) waktu mulai paling cepat dari event i

Dij = durasi untuk melaksanakan kegiatan antara event i dan event j

LETj = (*Latest Event Time*) waktu mulai paling cepat dari event j

Apabila kedua perhitungan tersebut telah selesai maka dapat diperoleh nilai **Slack** atau **Float** yang merupakan sejumlah kelonggaran waktu dan elastisitas dalam sebuah jaringan kerja.

Dimana, terdapat dua macam jenis *Slack* yaitu *Total Slack* dan *Free Slack*. Untuk melakukan perhitungan maju dan mundur maka lingkaran atau *event* dibagi menjadi tiga bagian yaitu:

c. Penentuan Slack

Slack atau float adalah menunjukkan jumlah waktu yang diperkenankan suatu kegiatan boleh ditunda, tanpa mempengaruhi jadwal penyelesaian proyek secara keseluruhan. Slack atau Float Total suatu kegiatan sama dengan waktu selesai paling akhir dikurangi waktu selesai paling awal dari kegiatan tersebut (*Pelaksanaan & Drainase, 2020*)

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut ;

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

2.2.8 Penentuan Biaya dan Waktu Dalam CPM

Selain CPM dapat digunakan untuk menentukan waktu paling cepat sebuah proyek dapat terselesaikan dan mengidentifikasi waktu kelonggaran (*Slack*) paling lambat sebuah kegiatan dapat dimulai tanpa menghambat jadwal proyek keseluruhan, metode ini juga mampu melakukan analisis terhadap sumber daya yang dipakai dalam proyek (biaya) agar jadwal yang dihasilkan akan jauh lebih optimal dan ekonomis.

Suatu proyek menggambarkan hubungan antara waktu terhadap biaya (lihat Gambar 2.9). Untuk menganalisa hubungan antara waktu dan biaya suatu kegiatan, dipakai definisi sebagai berikut :

1. Waktu Normal

Adalah waktu yang diperlukan bagi sebuah proyek untuk melakukan rangkaian kegiatan sampai selesai tanpa ada pertimbangan terhadap penggunaan sumber daya.

2. Biaya Normal

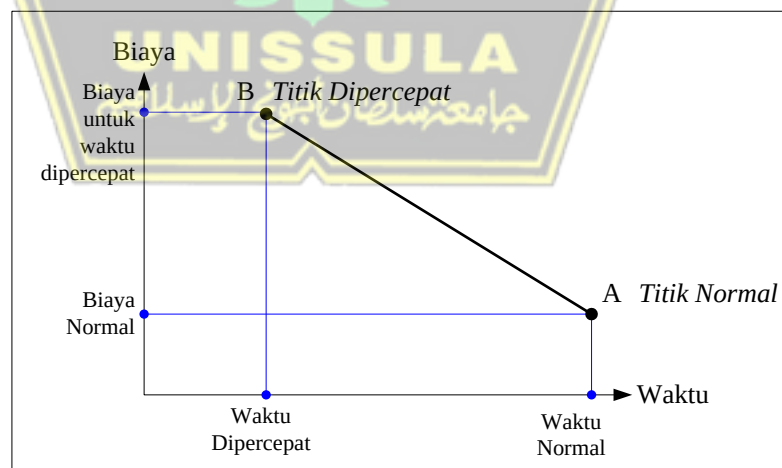
Adalah biaya langsung yang dikeluarkan selama penyelesaian kegiatan-kegiatan proyek sesuai dengan waktu normalnya.

3. Waktu Dipercepat

Waktu dipercepat atau lebih dikenal dengan *Crash Time* adalah waktu paling singkat untuk menyelesaikan seluruh kegiatan yang secara teknis pelaksanaannya masing mungkin dilakukan. Dalam hal ini penggunaan sumber daya bukan hambatan.

4. Biaya untuk Waktu Dipercepat

Atau *Crash Cost* merupakan biaya langsung yang dikeluarkan untuk menyelesaikan kegiatan dengan waktu yang dipercepat.



Gambar 2. 8 Hubungan antara waktu dan biaya pada keadaan normal dan crash (Ningrum et al., 2017)

5. Mempercepat Waktu Penyelesaian

Tujuan pokok untuk mempercepat waktu penyelesaian adalah memperpendek waktu penyelesaian proyek dengan kenaikan biaya yang seminimal mungkin. Proses mempercepat waktu penyelesaian proyek dinamakan **Crash Program**. Akan tetapi, terdapat batas waktu percepatan (*crash time*) yaitu suatu batas dimana dilakukan pengurangan waktu melewati batas waktu ini akan tidak efektif lagi. (Stefanus et al., 2017)

Dengan menggunakan *crash schedule*, tentu saja biayanya akan jauh lebih besar dibandingkan dengan *normal schedule*. Dalam *crash schedule* akan dipilih kegiatan-kegiatan kritis dengan tingkat kemiringan terkecil untuk mempercepat pelaksanaannya. Langkah ini dilakukan sampai seluruh kegiatan mencapai nilai *crash time*-nya. Perhitungan yang dilakukan untuk menentukan sudut kemiringan (waktu dan biaya suatu kegiatan) atau lebih dikenal dengan *slope* adalah: (Laksana et al., 2014)

$$\text{Slope Biaya} = \frac{\text{Biaya Dipercepat} - \text{Biaya Normal}}{\text{Waktu Normal} - \text{Waktu dipercepat}}$$

2.2.9 Produktivitas Kerja

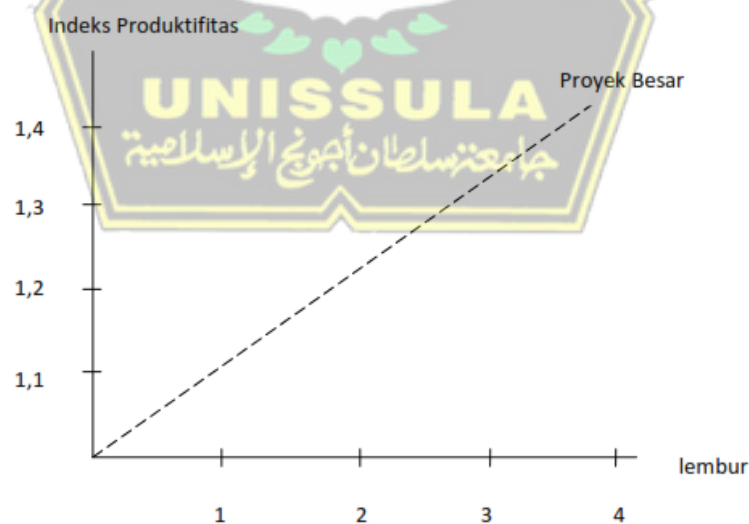
Produktivitas didefinisikan sebagai rasio antara output dan input, atau dapat dikatakan sebagai rasio antara hasil produksi dengan total sumber daya yang digunakan. Di dalam proyek konstruksi, rasio dari produktivitas adalah nilai yang diukur selama proses konstruksi, yang dapat dipisahkan menjadi biaya tenaga kerja, biaya material, metode, dan alat.

Kesuksesan dari suatu proyek konstruksi salah satunya tergantung pada efektifitas pengelolaan sumber daya, dan pekerja adalah salah satu sumber daya yang tidak mudah untuk dikelola. Upah yang diberikan sangat tergantung pada kecakapan masing-masing pekerja dikarenakan setiap pekerja memiliki karakter masing – masing yang berbeda – beda satu sama lainnya.

Mengenai pengukuran produktifitas secara umum dapat digambarkan sebagai berikut.

$$\text{Produktifitas Pekerja} = \frac{\text{Output}}{\text{Workhours}} (\text{m}^3/\text{jam})$$

Pada dasarnya produktifitas dari tenaga kerja cepat naik, jika tenaga kerja tersebut mampu menguasai tugas/pekerjaan yang telah diterimanya. Apabila seseorang atau sekelompok orang yang terorganisir melakukan pekerjaan yang identik berulang – ulang, maka dapat akan terjadi suatu penurunan produktifitas.



Gambar 2. 9 Grafik Indikasi Penurunan Produktifitas Akibat Penambahan Jam Kerja (Iramutyn, 2010)

2.2.10 Metode PERT

Selain metode CPM ada juga metode lain yaitu metode PERT. PERT digunakan Dalam melakukan penjadwalan, mengatur dan mngkoordinasikan bagian-bagian kegiatan dalam suatu proyek.

Menurut Soeharto (2002), metode PERT **PERT** digunakan pada perencanaan dan pengendalian proyek yang belum pernah dikerjakan, sedangkan **CPM** digunakan untuk menjadwalkan dan mengendalikan aktivitas yang sudah pernah dikerjakan sehingga data, waktu dan biaya setiap unsur kegiatan telah diketahui sebelumnya. **Program (Proyek) Teknik Manajemen dan Peninjauan (PERT)** sesuai untuk proyek-proyek di mana waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan berbagai kegiatan tidak diketahui.

Di sisi lain, **Metode Jalur Kritis** atau **CPM** tepat untuk proyek yang sifatnya berulang.

Dua metode penjadwalan menggunakan pendekatan umum untuk merancang jaringan dan untuk memastikan jalur kritisnya. Mereka digunakan dalam penyelesaian proyek yang sukses dan karenanya digunakan bersama satu sama lain. Namun demikian, kebenarannya adalah bahwa CPM berbeda dari PERT dengan cara yang terakhir berkonsentrasi pada waktu sementara yang pertama menekankan pada trade-off biaya-waktu

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode CPM karena lebih relevan dengan data, kondisi dan permasalahan yang ada di lapangan.

2.2.11 Software untuk pengelolaan proyek

Software untuk pengelolaan proyek adalah sebuah aplikasi untuk mengelola suatu proyek. *Software project* merupakan system perencanaan yang dapat membantu dalam menyusun penjadwalan (*scheduling*) suatu proyek atau rangkaian pekerjaan. *Software project* juga mampu membantu melakukan pencatatan dan pemantauan terhadap penggunaan sumber daya (*resource*), baik yang berupa sumber daya manusia maupun berupa peralatan

Dalam sebuah proyek banyak sekali kegiatan yang harus dilakukan dengan cermat, tepat, dan benar. Untuk itu maka sebuah perangkat lunak dapat dipergunakan untuk membantu manajer proyek. *Software project* merupakan salah satu program yang mampu mengelola data proyek. Adapun manfaat dari *Software project* ini adalah :

- Menyimpan detail mengenai proyek di dalam database-nya yang meliputi detail tugas-tugas beserta hubungannya satu dengan yang lain, sumber daya yang dipakai, biaya, jalur kritis, dan lain-lain.
- Menggunakan informasi tersebut untuk menghitung dan memelihara jadwal, biaya dan elemen-elemen lain termasuk juga menciptakan suatu rencana proyek.
- Melakukan pelacakan selama proyek berjalan untuk menentukan apakah proyek akan dapat diselesaikan tepat waktu dan sesuai anggaran yang direncanakan atau tidak.

2.3 Hipotesa dan Kerangka Teoritis

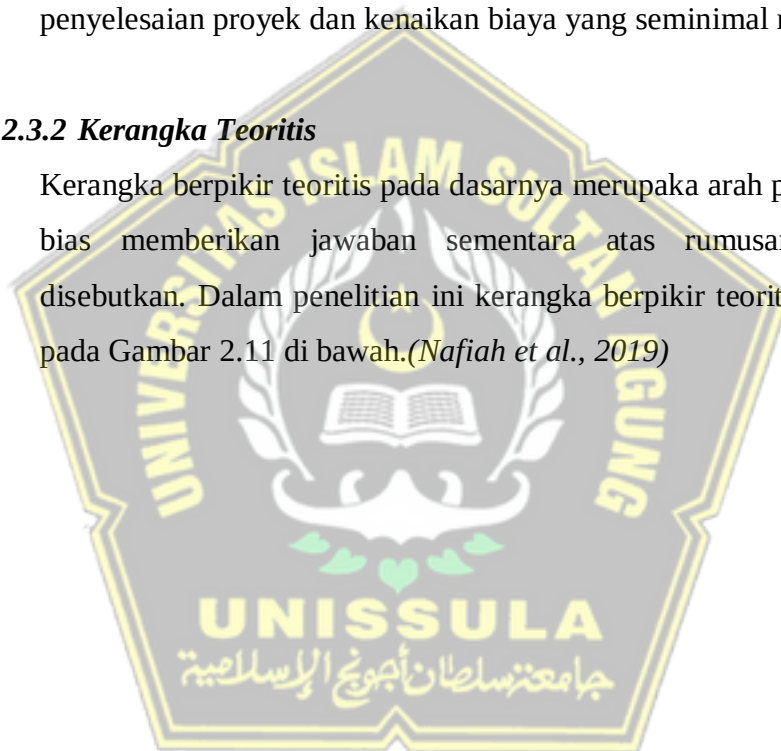
2.3.1 Hipotesa

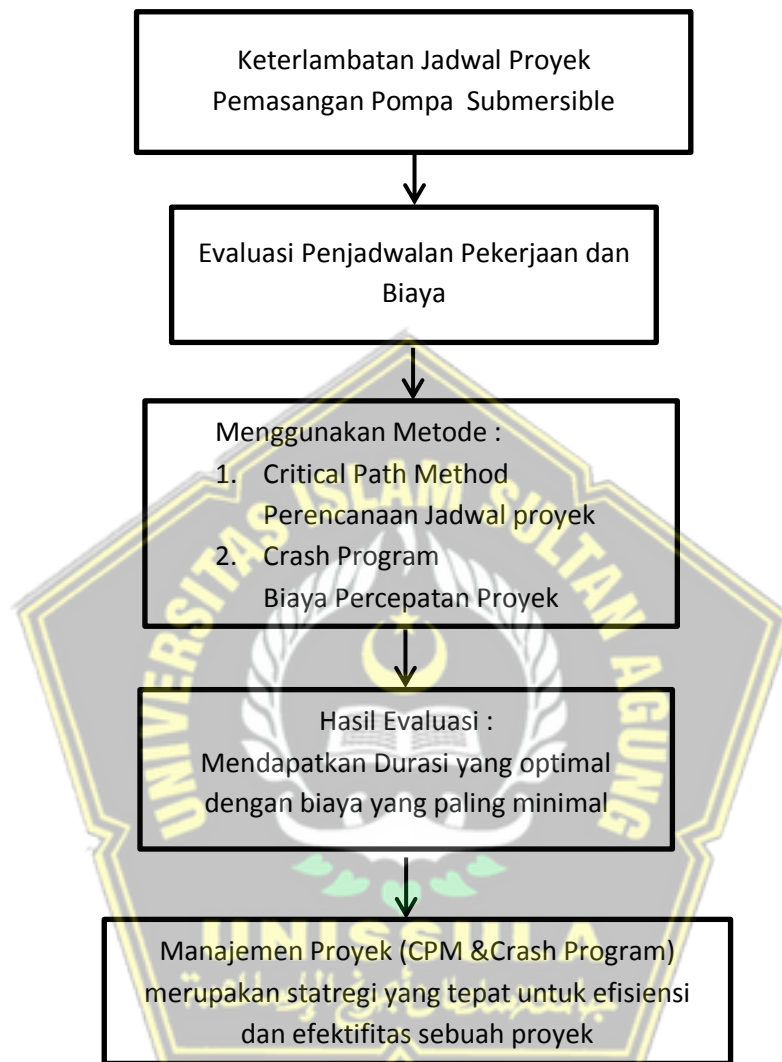
Berdasarkan studi literature yang didapatkan dari peneliti terdahulu, terkait dengan masalah keterlambatan waktu dalam pelaksanaan proyek dapat diselesaikan dengan melakukan analisa proyek menggunakan Teknik analisis Jaringan Kerja melalui penetapan *Work Breakdown Structure*, dan Penjadwalan Pekerjaan dalam *Gantt*

Chart. Melalui Metode *Critical Path* untuk mengetahui jalur kritis yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama. Jalur kritis penting bagi pelaksana proyek, karena pada jalur ini terdapat diketahui kegiatan-kegiatan bila pelaksanaannya terlambat yang akan menimbulkan keterlambatan proyek secara keseluruhan dan tidak sesuai dengan jadwal pelaksanaan yang telah dibuat. Selain itu penggunaan metode *Crash Program* bertujuan mempercepat waktu penyelesaian dengan memperpendek waktu penyelesaian proyek dan kenaikan biaya yang seminimal mungkin

2.3.2 Kerangka Teoritis

Kerangka berpikir teoritis pada dasarnya merupakan arah penalaran untuk bias memberikan jawaban sementara atas rumusan yang telah disebutkan. Dalam penelitian ini kerangka berpikir teoritis dapat dilihat pada Gambar 2.11 di bawah. (Nafiah et al., 2019)





Gambar 2. 10 Kerangka Berpikir Teoritis

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian adalah tahap yang harus ditetapkan terlebih dahulu sebelum melakukan penyelesaian masalah yang sedang dibahas.

Pada langkah – langkah penelitian akan dijelaskan mengenai tahapan – tahapan yang akan dilakukan untuk mengidentifikasi dan memecahkan permasalahan dengan jelas pada obyek penelitian.

3.1 Pengumpulan Data

Penelitian ini akan meneliti proyek pemasangan pompa Submersible dan jalur pipa di PT. Komipo Pembangkitan Jawa Bali Tanjung Jati B Unit 3&4. Proses pengumpulan data - data yang diperlukan untuk menyelesaikan masalah, yang berkaitan dengan teknik penyelesaian yang akan digunakan, yaitu terdiri dari data kualitatif dan data kuantitatif. Data yang akan digunakan terbagi menjadi dua kategori, yaitu :

a. Data Primer

Merupakan data yang dikumpulkan sendiri pada saat penelitian sedang dilakukan. Data primer diperoleh melalui wawancara dengan pihak yang bersangkutan seperti Pekerja, Mandor, Supervisor Lapangan dan Manager Proyek serta data aktivitas divisi operasi, mekanikal dan HSE (*Healty, Safety and Environment*).

b. Data Sekunder

Merupakan teori yang ada, dokumen / jurnal, buku referensi, laporan perusahaan, serta sumber – sumber informasi lainnya yang berkaitan atau berhubungan dengan penelitian ini.

Data proyek yang diperlukan dalam penelitian meliputi :

1. Rencana Anggaran Biaya (RAB)
2. Analisa harga satuan bahan proyek
3. Jadwal Pelaksanaan Proyek
4. Biaya tidak langsung

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Beberapa teknik pengumpulan data yang dilakukan untuk memperoleh data dan keterangan yang diperlukan dalam penelitian. Proses pengumpulan data adalah dengan cara sebagai berikut :

1. Studi Lapangan

- a. Observasi

Dalam langkah observasi ini dengan melihat keadaan lapangan secara langsung di PLTU Tanjung Jati B unit #3 dan 4 terutama kegiatan proyek pemasangan pompa type submersible dan instalasi pipanya di area *Fly Ash* untuk dapat mengidentifikasi dengan mencatat secara teliti dan sistematis atas permasalahan yang akan diteliti

- b. Wawancara

Yaitu komunikasi seara langsung dengan pihak perusahaan atau pihak-pihak yang berhubungan dengan permasalahan yang diteliti dengan cara tanya jawab. Teknik pengumpulan data ini ditujukan untuk melakukan studi pendahuluan untuk menemukan permasalahan yang harus diteliti dan ingin mengetahui hal-hal responden yang lebih mendalam.

2. Studi Pustaka

Pengumpulan data yang dilakukan dengan membaca buku-buku literatur, jurnal-jurnal, internet, dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang sedang dilakukan.

3. Perumusan Masalah

Pada tahap ini peneliti menentukan beberapa permasalahan yang teridentifikasi selama observasi dan melalui studi pustaka untuk diteliti serta dilakukan analisis dengan pengolahan data yang diperoleh sehingga permasalahan dapat diselesai dengan metode yang tepat. Rumusan permasalahannya adalah adanya perbedaan durasi pelaksanaan dengan durasi rencana proyek yang telah ditetapkan berakibat proyek mengalami keterlambatan dalam proses

pelaksanannya sehingga perlu dilakukan evaluasi untuk kebaikan proyek-proyek selanjutnya.

4. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ditentukan berdasarkan perumusan masalah yang telah dijabarkan. Hal ini ditujukan untuk menentukan batasan yang perlu dipahami dalam pengolaan sebuah proyek melalui analisa penjadwalan dan biaya yang efisien dan efektif.

3.3 Pengolahan Data

Pengolahan Data dalam penelitian ini akan menggunakan CPM.

Adapun teknik pengolahan data yang dilakukan sebagai berikut :

1. Menentukan urutan pekerjaan Proyek dan menentukan estimasi durasi setiap pekerjaan

Untuk mengetahui hubungan antar pekerjaan proyek sehingga dapat diurutkan dan durasi dari setiap pekerjaan proyek

2. Menyusun network diagram
Dari urutan pekerjaan proyek dan durasi masing-masing pekerjaan proyek dapat dilakukan penyusunan network diagram.

3. Menentukan lintasan kritis
Jalur atau lintasan yang memiliki rangkaian komponen - komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama.

Lintasan kritis menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek tercepat. Makna jalur kritis penting bagi pelaksana proyek, karena pada jalur ini dapat diketahui kegiatan-kegiatan bila pelaksanaannya terlambat yang akan menimbulkan keterlambatan proyek secara keseluruhan dan tidak sesuai dengan jadwal pelaksanaan yang telah dibuat.

4. Melakukan *Crash program*

Proses pengolahan data dengan mempercepat jangka waktu proyek dengan biaya terendah.

3.4 Pengujian Hipotesa

Berdasarkan studi literature yang didapatkan dari peneliti terdahulu, terkait dengan masalah keterlambatan waktu dalam pelaksanaan proyek dapat diselesaikan dengan melakukan analisa proyek menggunakan Teknik analisis Jaringan Kerja melalui penetapan *Work Breakdown Structure*, Kurva S dan Penjadwalan Pekerjaan dalam *Gantt Chart*. Melalui Metode *Critical Path* untuk mengetahui jalur kritis yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama. Jalur kritis penting bagi pelaksana proyek, karena pada jalur ini terdapat diketahui kegiatan-kegiatan bila pelaksanaannya terlambat yang akan menimbulkan keterlambatan proyek secara keseluruhan dan tidak sesuai dengan jadwal pelaksanaan yang telah dibuat. Selain itu penggunaan metode *Crash Program* bertujuan mempercepat waktu penyelesaian dengan memperpendek waktu penyelesaian proyek dan kenaikan biaya yang seminimal mungkin

3.5 Metode Analisis dan Pembahasan

Pada tahapan ini akan dilakukan analisis dan pembahasan dari hasil pengolahan data yang telah dilakukan pada tahapan sebelumnya.

Analisis data dilakukan dengan bantuan Metode *Time Cost Trade Off* dan Microsoft Excel 2010. Dengan menginputkan data yang terkait untuk dianalisis kedalam program Microsoft Project 2010, maka nantinya akan dikalkulasi secara otomatis sesuai dengan rumus-rumus kalkulasi yang telah dibuat oleh program ini. Dan hasil penginputan data adalah lintasan kritis. Setelah lintasan kritis didapat selanjutnya dianalisis setiap kegiatan pekerja yang berada di lintasan kritis dengan metode time cost trade off yaitu penambahan jam lembur dan tenaga kerja yang juga dibantu dengan Microsoft Excel 2007 untuk mempermudah analisis dan perhitungan. Hasil dari analisis tersebut adalah percepatan durasi dan kenaikan biaya akibat percepatan durasi dalam setiap kegiatan yang dipercepat. Kenaikan biaya ini disebabkan karena penambahan jam lembur dan tenaga kerja.

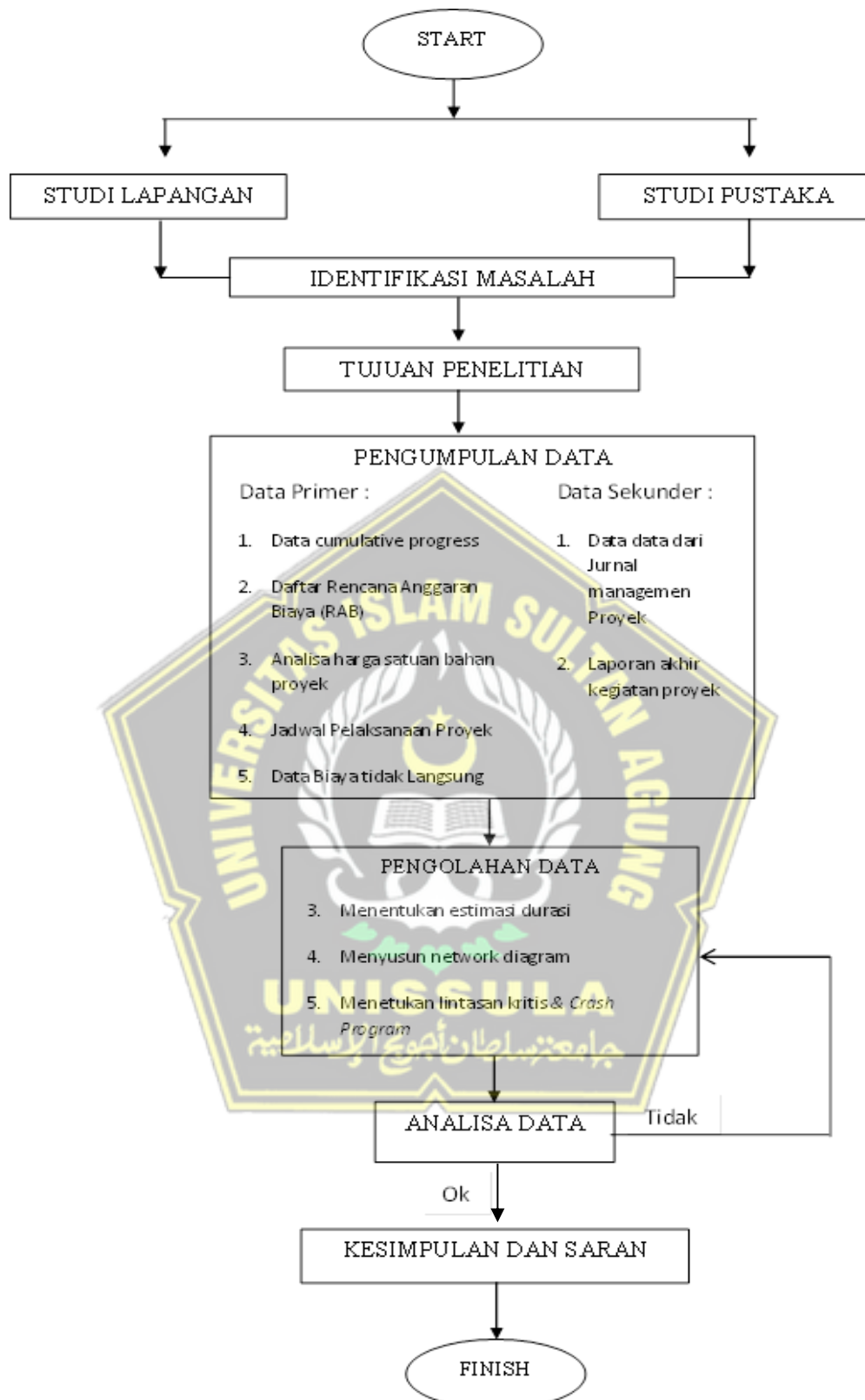
3.6 Penarikan kesimpulan

Hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil suatu kesimpulan yang dapat menjawab permasalahan yang sebelumnya telah di observasi dan diidentifikasi. Kesimpulan disebut juga pengambilan keputusan. Pada tahap ini, data yang telah dianalisa di buat suatu kesimpulan yang berhubungan dengan tujuan penelitian.

3.7 Diagram alir

Berikut ini adalah langkah – langkah penelitian yang ditampilkan dengan diagram alir pada Gambar. 3.1 dibawah.





Gambar 3. 1 Diagram Alir Metodologi Penelitian

Berikut ini adalah penjelasan dari langkah – langkah penelitian yang ditampilkan dengan diagram alir diatas :

1. Penelitian dimulai dengan melakukan studi lapangan dan studi pustaka :

Penelitian diawali dengan observasi melihat keadaan lapangan secara langsung di PLTU Tanjung Jati B unit #3 dan 4 terutama kegiatan proyek pemasangan pompa type submersible dan instalasi pipanya di area *Fly Ash* untuk dapat mengidentifikasi, mengecek item pekerjaan yang dilakukan, jadwal pelaksanaan proyek, dan kendala-kendala dilapangan selama proyek berlangsung kemudian mencatat secara teliti dan sistematis atas permasalahan yang akan ditemukan. Informasi lain juga dapat diperoleh melalui wawancara secara langsung dengan pihak perusahaan, kontraktor maupun pihak – pihak yang berhubungan proyek tersebut.

Selain studi lapangan peneliti melakukan juga studi pustaka yang terkait dengan permasalahan yang diteliti melalui buku literature manajemen proyek, penelitian proyek terdahulu, jurnal-jurnal manajemen proyek, internet, serta buku-buku.

2. Identifikasi Masalah

Mengidentifikasi permasalahan dari hasil selama observasi dan studi pustaka untuk diteliti serta dilakukan analisis dengan pengolahan data yang diperoleh sehingga permasalahan dapat diselesai dengan metode yang tepat. Terutama adanya permasalahan perbedaan durasi pelaksanaan dengan durasi rencana proyek yang telah ditetapkan berakibat proyek mengalami keterlambatan dalam proses

3. Tujuan penelitian

Penelitian menentukan beberapa tujuan dari penelitian dengan menentukan batasan yang perlu dipahami dalam pengolaan sebuah proyek melalui analisa penjadwalan dan biaya yang efisien dan efektif.

4. **Pengumpulan Data**

Data yang diperoleh dari tahap studi lapangan dan studi pustaka adalah data primer yang diperoleh langsung saat obeservasi dan data sekunder dari laporan akhir dan jurnal penelitian sebelumnya.

5. **Pengolahan Data**

Pengolahan data yang diperoleh untuk Menentukan estimasi durasi dalam *microsoft project*, menyusun network diagram dan mengetahui lintasan kritis selanjutnya akan dilakukan *crash program* untuk mendapatkan hitungan biaya dan durasi proyek yang terbaik.

6. **Analisa Data**

Berdasarkan perhitungan dari metode CPM dan *crashing program* akan diketahui probabilitas percepatan waktu proyek dilaksanakan dan besarnya biaya untuk mengevaluasi keterlambat yang terjadi dengan melakukan percepatan yang dapat dilakukan dengan mengurangi jumlah hari akvitas. Percepatan dapat dilakukan dengan menambah jumlah pekerja sehingga ada kemungkinan total biaya crashing meningkat akibat adanya penambahan biaya langsung.

7. **Kesimpulan dan saran**

Pengambilan keputusan sebagai hasil akhir kesimpulan akan didapat sebagai bahan evaluasi untuk proyek selanjutnya agar tidak mengalami keterlambat dalam pelaksanaannya dari jadwal pernecanaan yang telah ditentukan. Terutama yang berkaitan dengan tujuan dari penelitian.

BAB 4

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengumpulan Data

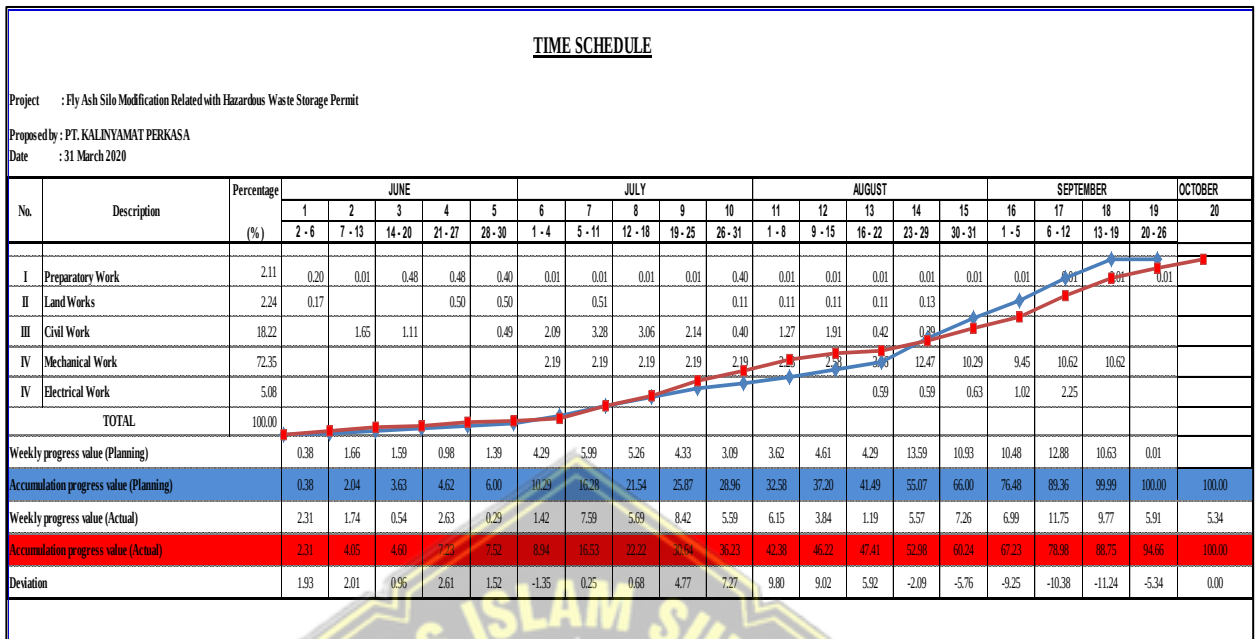
Proyek yang dikaji dalam penelitian ini adalah proyek Instalasi pompa *submersible* diarea *Fly ash* di PLTU tanjung Jati B unit 3&4 Jepara Jawa Tengah – PT. Komipo Pembangkitan Jawa Bali dengan data sebagai berikut :

Nilai kontrak	: Rp.1.709.106.093(termasuk PPN)
Tanggal Pekerjaan dimulai	: 31 Maret 2020
Tanggal Pekerjaan selesai	: 27 September 2020
Pihak penyedia jasa	: PT. Kalinyamat Perkasa
Waktu pelaksanaan proyek selama	: 180 hari (KONTRAK)
Waktu Aktual proyek selama	: 192 hari (terlambat)

Dalam proses penelitian hasil pekerjaan proyek ini, data diperoleh dari hasil pengamatan dilapangan dan wawancara dengan tim kontraktor. Pedoman dalam proses pengontrolan jadwal pelaksanaan proyek dipergunakan untuk membuat jadwal rencana yang dibuat dengan metode CPM dan *S-Curve*

S-Curve terdiri dari dua grafik yaitu grafik akumulasi progres perencanaan dan grafik akumulasi aktual pelaksanaan proyek. Ada nya deviasi antara kedua garis grafik pada suatu waktu adalah perbedaan antara waktu realisasi dengan perencanaan baik itu yang terjadi lebih cepat (*leading*)atau lebih lambat (*Delay*)

Berikut ini adalah gambar *S-Curve* proyek Instalasi pompa *submersible* diarea *Fly ash* di PLTU tanjung Jati B unit 3&4 Jepara.



Gambar 4. 1 S-Curve Proyek Instalasi pompa submersible di area Fly ash di PLTU tanjung Jati B unit 3&4 (sumber data kontraktor)

Berikut ini adalah data –data terkait item-item pekerjaan, jumlah / volume item pekerjaan dan besarnya biaya masing masing item pekerjaan.

		PT. KOMPO PEMBAKSIAN JAWA BALI PLTUTANJUNG JATI B UNIT 3&4		Doc. Ref.	KPJB-095102		
		PROCUREMENT REQUEST PLN REIMBURSABLE		Form No.	KPJB-095102-ZF-FM-01		
				Design Div.	Finance and Administration		
				Revision No.	00		
Number	KPJB-						
Date	3-Dec-19						
Division	Engineering						
Cost Centre - Account code	ID BUDGET 3.1.1.12						
Remark/Special Instruction	- Aanwizding process, - COO or COM certificate by manufacture pump, - Procurement process by Selected tender						
Subject	Fly Ash Modification Related with Hazardous Waste Storage Permit						
PMS ID	KPJB-2019-0029						
Item No.	Item ID	Description	Quantity		Estimated Price (IDR)		
			Order	Unit	Unit Price	Total	
I		Preparatory Work					
1		Stripping and soil preparation	192.6	m²	19,043.75	3,667,826.25	
2		Mobilization of materials and equipment	5	trip	4,000,000.00	20,000,000.00	
3		Demolition of existing concrete	11.69	m³	1,571,191.02	18,367,223.02	
		Sub Total				42,035,049.27	
II		Land Works					
1		Soil excavation	176.94	m³	117,207.20	20,738,641.97	
2		Backfilling soil	87.61	m³	63,923.75	5,600,359.74	
3		Relocate soil to outside PLTU area	89.34	m³	70,225.43	6,273,939.92	
4		Compacting soil	87.61	m³	63,923.75	5,600,359.74	
		Sub Total				38,213,301.36	
III		Civil Work					
1		Levelling Conc. K-175 site mix , thickness = 5 cm	4.49	m³	1,427,557.47	6,409,733.04	
2		Supply and install U-Ditch 30 cm, K-250 readymix concrete include rebar	54	m	458,165.18	24,740,919.72	
3		Supply and install Collecting Pit 250x550 cm				-	
		- Supply and install brick wall for form work	63.07	m²	374,895.95	23,644,687.57	
		- Supply and install concrete K-250 readymix concrete	26.11	m³	1,512,004.98	39,478,450.03	
		- Supply and install rebar D13 as drawing attached	2753	kg	19,504.60	53,696,163.80	
		- Supply and install water stop sika	21	m	300,000.00	6,300,000.00	
		- Install formwork	46.2	m²	275,399.03	12,723,435.19	
4		Supply and install Pump House				-	
		- Supply and install brick wall for form work	13.39	m²	374,895.95	5,019,856.77	
		- Supply and install concrete K-250 readymix concrete	7.84	m³	1,512,004.98	11,854,119.04	
		- Supply and install rebar D13 as drawing attached	1086.87	kg	19,504.60	21,198,964.60	
		- Install formwork	15.14	m²	275,399.03	4,169,541.31	
		- Supply and install joint filler 10 mm	1.44	m²	255,000.00	367,200.00	
5		Supply and install Drainage 100 cm				-	
		- Supply and install concrete K-250 readymix concrete	5.93	m³	1,512,004.98	8,966,189.53	
		- Supply and install rebar D13 as drawing attached	809.16	kg	19,504.60	15,782,342.14	
		- Install formwork	64.62	m²	275,399.03	17,796,285.32	
6		Supply and install U-Ditch 20 cm	5	m	247,053.71	1,235,268.55	
7		Installation Cover Cover Collecting include support IWF 200x100	25	kg	79,117.50	1,977,937.50	
		Supply and install Gording C75x45x15x2.3	30.8	kg	59,615.33	1,836,152.01	
		Supply and install UPVC Alderon	12	m²	366,267.55	4,395,210.60	
8		Installation Pump House Canopy				-	
		- Supply and install pipe Ø 3", tebal 4 mm	209.664	kg	59,615.33	12,499,187.50	
		- Supply and install pipe Ø 1", tebal 2,6 mm	48.708	kg	59,615.33	2,903,743.25	
		- Supply and install plat 10 mm	8.74875	kg	59,615.33	521,559.57	
		- Supply and install Gording CNP 75x45x15x2.3	163.8	kg	59,615.33	9,764,990.24	
		- Supply and install Anchor M12-300	16	pcs	243,000.00	3,888,000.00	
		- Supply and install baut & nut M12	14	pcs	24,700.00	345,800.00	
		- Supply and install UPVC Alderon	20	m²	366,267.55	7,325,351.00	
		Sub Total				298,841,088.28	

IV		Mechanical Work				
1		FYBROC 1500 2X3X8-GROUP II, VR-1A, EXTERNAL FLUSHING, 81T, CARB/CER Centrifugal End Suction Pump Size : 2x3x8 Suction : 3" (inch) Discharge : 2" (inch) Brand : Fybroc – USA Capacity : 40 m3/h Head : 50 m Impeller Dia. : 8" (inch) Fluid : Water + Fly Ash Temp. : 16 deg. C Seal : Double Mech. Seal Crane 81T (Carb/Cer) External Flushing Pump Material : Fiberglass VR-1A Baseplate Material : Fiberglass VR-1 Shaft Material : SS 303 Seal Pump Elastomer : Viton Coupling Guard : Elkaru standard Motor : 15kW 380V 3Ph 3000Rpm 50Hz IP55	1	Unit	676,825,050.00	676,825,050.00
2		Submersible pump Tsurumi 50UA2.75-73 2" 0.2 m3/min head 9 meter 0.75 kW, 380 V, 3 Phase 50 Hz 3000rpm	1	Unit	32,775,050.00	32,775,050.00
3		Supply and install pipe PVC 4" Rucika AW Included elbow, drain, ventilasi and U-Bold 4"	358	m	558,695.23	200,012,890.55
4		Supply and install pipe stainless 1" SUS 304 included tee and	48	m	588,560.23	28,250,891.04
5		Supply and install Spray Nozzle 1/2" SUS 304 included tee and	6	pcs	556,990.23	3,341,941.38
6		Supply and install Ball valve 1" SUS 304 included accessories	3	pcs	1,172,990.23	3,518,970.69
7		Supply and install solenoid valve 1" SUS 304 (klod model 2WB-25) included accessories	1	pcs	1,973,790.23	1,973,790.23
8		Supply and install UNP 100x50 support	1660.9	kg	44,435.33	73,802,639.60
9		Flexible pipe 2" included accessories	4	m	350,000.00	1,400,000.00
10		Supply & install removable handrail Ø 1 1/4" SCH 40 include shock 2" hot dip galvanized + painting by marine paint 300 micron yellow color as drawing attached	177.8	m	242,464.75	43,110,232.55
11		Supply & install waterproofing / waterbars, equal with Sika joint ribbons at the joint existing concrete floor with wall concrete as drawing attached.	56.5	m2	488,394.50	27,594,289.25
		Sub Total				1,092,605,745.29
V		Electrical Work				
1		Power Cable, mfg: Supreme or equal, Type: NYY, Size: 5x16 mm ² ,	90	m	371,707.88	33,453,709.20
2		Power Cable, mfg: Supreme or equal, Type: NYY/XLPE, Size: 4x6 mm ² , SNI colouring 3P	10	m	114,522.38	1,145,223.80
3		MCB, mfg: Schneider Electric or equal, 3P 60A	1	set	1,073,991.88	1,073,991.88
4		MCB, mfg: Schneider Electric or equal, 3P 4A	1	set	517,028.88	517,028.88
5		MCC IP 65, (Included Certificate) wall mounted enclosure + control sump pump include wall mounting support include terminal box, wiring cable NYA, lamp indicator, accessories, DIN rail, etc	1	set	19,687,500.00	19,687,500.00
6		Conduit cable, hot dipp galvanized steel, size: 2 inch include union coupling, bushing, U-bolt, support for main source breaker to enclosure (sump pump & receptable) for enclosure to sump pump (2 x sump pump)	90	m	166,377.75	14,973,997.50
7		Flexible conduit 2 in	6	m	135,000.00	810,000.00
8		Floating switch accessories include: push button switch (start/stop), DC power supply (if needed), relay, magnetic contactor, indicator lamp, etc.	1	set	10,237,500.00	10,237,500.00
9		Power Cable, mfg: Supreme or equal, Type: NYY/XLPE, Size: 4x1.5mm ² , P, N, G SNI colouring (solenoid)	10	m	32,280.88	322,808.80
		Sub Total				82,221,760.05
		TOTAL				1,553,916,944.25
		VAT (10%)				155,391,694.42
		Grand Total Value (Included VAT)				1,709,308,638.67

Tabel 4. 1 Data Pekerjaan & Biaya Proyek Instalasi (sumber data kontraktor)

4.1.1 Deskripsi kegiatan

Pada penelitian ini yang akan dibahas tentang kegiatan-kegiatan pada pengerjaan proyek instalasi pompa submersible di area fly ash PLTU TJB unit 3 & 4. Tabel 4.1 menunjukkan data kegiatan proyek dan kode kegiatan.

No.	DESKRIPSI KEGIATAN	KODE KEGIATAN
1	Pekerjaan persiapan tanah	A
2	Mobilisasi material dan alat	B
3	Pembongkaran konkrit lama	C
4	Pekerjaan penggalian tanah	D
5	Pekerjaan pengeluaran tanah dari PLTU	E
6	Pekerjaan kompacting tanah	F
7	Pekerjaan Levelling Conc. K-175 site mix , thickness = 5 cm	G
8	Pekerjaan pengisian kembali tanah	H
9	Supply and install U-Ditch 30 cm, K-250 readymix concrete	I
10	Supply and install brick wall for form work	J
11	Supply and install rebar D13 as drawing attached	K
12	Install pembesian	L
13	Supply and install water stop sika	M
14	Supply and install concrete K-250 readymix concrete	N
15	Supply and install brick wall for form work	O
16	Supply and install rebar D13 as drawing attached	P
17	Install pembesian	Q
18	Supply and install concrete K-250 readymix concrete	R
19	Supply and install joint filler 10 mm	S
20	Supply and install rebar D13 as drawing attached	T
21	Install pembesian	U
22	Supply and install U-Ditch 20 cm	V
23	Supply and install concrete K-250 readymix concrete	W
24	Installation Cover Collecting include support IWF 200X100 hot deep galvanized	X
25	Supply and install Gording CNP 75x45x15x2.3	Y
26	Supply and install UPVC Alderon	Z
27	Supply and install pipe Ø 3", tebal 4 mm	AA
28	Supply and install pipe Ø 1", tebal 2,6 mm	AB
29	Supply and install plat 10 mm	AC
30	Supply and instal Gording CNP 75x45x15x2.3	AD
31	Supply and install Anchor M12-300	AE
32	Supply and install baut & nut M12	AF
33	Supply and install UPVC Alderon	AG

No.	DESKRIPSI KEGIATAN	KODE KEGIATAN
34	Pemasangan Pompa FYBROC 1500 2X3X8-GROUP II, VR-1A, EXTERNAL	AH
35	Pemasangan Pompa Submersible pump Tsurumi 50UA2.75-73 2"	AI
36	Supply and install UNP 100x50 support	AJ
37	Supply and install pipe PVC 4" Rucika AW Included elbow, drain, ventilasi and U-Bold 4"	AK
38	Supply and install pipe stainless 1" SUS 304 included tee and elbow	AL
39	Supply and install Spray Nozzle 1/2" SUS 304 included tee	AM
40	Supply and install Ball valve 1" SUS 304 included accessories	AN
41	Supply and install solenoid valve 1" SUS 304 (klod model 2WB-25) included accessories	AO
42	Pekerjaan Flexible pipe 2" included accessories	AP
43	Supply & install removable handrail Ø 1 1/4" SCH 40 include shock 2" hot dip galvanized	AQ
44	Supply & install waterproffing / waterbars, equal with Sika joint ribbons	AR
45	Pekerjaan Install Conduit cable, hot dipp galvanized steel, size: 2	AS
46	Pekerjaan install Power Cable, type: NYY, Size: 5x16 mm², SNI colouring 3P	AT
47	Pekerjaan Install Power Cable, Type: NYY, Size: 4x6 mm², SNI colouring 3P	AU
48	Pekerjaan install MCB, mfg: Schneider Electric or equal, 3P 60A	AV
49	Pekerjaan Install MCB, mfg: Schneider Electric or equal, 3P 6A	AW
50	Pekerjaan Install MCC IP 65,(Included Certificate) + control sump pump include wall mounting support	AX
51	Pekerjaan Install Flexible conduit 2 in	AY
52	Pekerjaan Install Floating switch +accessories include	AZ
53	Pekerjaan Install Power Cable,Type: NYY, Size:3x2.5mm², P, N,G SNI colouring (selenoid)	AAA
54	Pekerjaan Pengetesan Submersible Pump	AAB
55	Joint Inspection/ Final Inspection	AAC
56	Mob demob & Pembersihan Area	AAD

Tabel 4. 2 Data Kegiatan dan Kode Pekerjaan Proyek (sumber data kontraktor)

4.1.2 Durasi Pekerjaan

Setiap kegiatan/aktivitas proyek mempunyai batas durasi waktu untuk menyelesaikan kegiatan. Data durasi kegiatan dapat dilihat pada tabel 4.2

No.	DESKRIPSI KEGIATAN	KODE KEGIATAN	OPTIMIS TIME (HR)	Most likely Time (HR)	Pessimistic Time (HR)	Exptected Time (HR)	DURASI (D)
1	Pekerjaan persiapan tanah	A	3	4	5	4	4
2	Mobilisasi material dan alat	B	3	4	5	4	4
3	Pembongkaran konkrete lama	C	12	14	16	14	14
4	Pekerjaan penggalian tanah	D	7	8	9	8	8
5	Pekerjaan pengeluaran tanah dari PLTU	E	12	14	16	14	14
6	Pekerjaan compacting tanah	F	5	6	7	6	6
7	Pekerjaan Levelling Conc. K-175 site mix , thickness = 5 cm	G	2	3	4	3	3
8	Pekerjaan pengisian kembali tanah	H	2	3	4	3	3
9	Supply and install U-Ditch 30 cm, K-250 readymix concrete	I	27	28	29	28	28
10	Supply and install brick wall for form work	J	6	7	8	7	7
11	Supply and install rebar D13 as drawing attached	K	7	8	9	8	8
12	Install pembesian	L	8	9	15	9.833333333	10
13	Supply and install water stop sika	M	2	3	4	3	3
14	Supply and install concrete K-250 readymix concrete	N	27	28	29	28	28
15	Supply and install brick wall for form work	O	6	7	8	7	7
16	Supply and install rebar D13 as drawing attached	P	7	8	9	8	8
17	Install pembesian	Q	5	6	7	6	6
18	Supply and install concrete K-250 readymix concrete	R	27	28	29	28	28
19	Supply and install joint filler 10 mm	S	3	4	5	4	4
20	Supply and install rebar D13 as drawing attached	T	7	8	9	8	8
21	Install pembesian	U	5	6	7	6	6
22	Supply and install U-Ditch 20 cm	V	3	4	5	4	4
23	Supply and install concrete K-250 readymix concrete	W	27	28	29	28	28
24	Installation Cover Collecting include support IWF 200X100 hot deep galvanized	X	5	6	7	6	6
25	Supply and install Gording CNP 75x45x15x2.3	Y	2	3	4	3	3
26	Supply and install UPVC Alderon	Z	2	3	4	3	3
27	Supply and install pipe Ø 3", tebal 4 mm	AA	2	3	4	3	3
28	Supply and install pipe Ø 1", tebal 2,6 mm	AB	3	4	5	4	4
29	Supply and install plat 10 mm	AC	2	3	6	4	4
30	Supply and install Gording CNP 75x45x15x2.3	AD	2	3	4	3	3
31	Supply and install Anchor M12-300	AE	2	3	4	3	3
32	Supply and install baut & nut M12	AF	2	3	4	3	3
33	Supply and install UPVC Alderon	AG	2	4	6	4	4

No.	DESKRIPSI KEGIATAN	KODE KEGIATAN	OPTIMIS TIME (HR)	Most likely Time (HR)	Pessimistic Time (HR)	Exptected Time (HR)	DURASI (D)
34	Pemasangan Pompa FYBROC 1500 2X3X8-GROUP II, VR-1A, EXTERNAL	AH				0	50
35	Pemasangan Pompa Submersible pump Tsurumi 50UA2.75-73 2"	AI	12	14	22	15	15
36	Supply and install UNP 100x50 support	AJ	38	40	43	40.16666667	40
37	Supply and install pipe PVC 4" Rucika AW Included elbow, drain, ventilasi and U-Bolt 4"	AK	40	52	64	52	52
38	Supply and install pipe stainless 1" SUS 304 included tee and elbow	AL	7	9	16	9.833333333	10
39	Supply and install Spray Nozzle 1/2" SUS 304 included tee	AM	7	8	9	8	8
40	Supply and install Ball valve 1" SUS 304 included accessories	AN	6	8	9	7.833333333	8
41	Supply and install solenoid valve 1" SUS 304 (klod model 2WB-25) included accessories	AO	5	6	7	6	6
42	Pekerjaan Flexible pipe 2" included accessories	AP	5	6	7	6	6
43	Supply & install removable handrail Ø 1 1/4" SCH 40 include shock 2" hot dip galvanized	AQ	6	8	8	7.666666667	8
44	Supply & install waterproofing / waterbars, equal with Sika joint ribbons	AR	3	4	5	4	4
45	Pekerjaan Install Conduit cable, hot dipp galvanized steel, size: 2"	AS	5	6	7	6	6
46	Pekerjaan install Power Cable, type: NYY, Size: 5x16 mm², SNI colouring 3P	AT	3	4	5	4	4
47	Pekerjaan Install Power Cable, Type: NYY, Size: 4x6 mm², SNI colouring 3P	AU	3	4	5	4	4
48	Pekerjaan install MCB, mfg: Schneider Electric or equal, 3P 60A	AV	3	4	5	4	4
49	Pekerjaan Install MCB, mfg: Schneider Electric or equal, 3P 6A	AW	3	4	5	4	4
50	Pekerjaan Install MCC IP 65,(Included Certificate) + control sump pump include wall mounting support	AX	4	5	6	5	5
51	Pekerjaan Install Flexible conduit 2 in	AY	1	2	3	2	2
52	Pekerjaan Install Floating switch +accessories include	AZ	3	4	5	4	4
53	Pekerjaan Install Power Cable, Type: NYY, Size: 3x2.5mm², P, N.G SNI colouring (solenoid)	AAA	2	3	4	3	3
54	Pekerjaan Pengelesan Submersible Pump	AAB	1	2	3	2	2
55	Joint Inspection/ Final Inspection	AAC	1	2	3	2	2
56	Mob demob & Pembersihan Area	AAD	1	2	3	2	2

Dari tabel perhitungan diatas diperoleh durasi masing – masing kegiatan proyek dapat dilihat pada tabel 4.3

No.	DESKRIPSI KEGIATAN	KODE KEGIATAN	DURASI (D)
1	Pekerjaan persiapan tanah	A	4
2	Mobilisasi material dan alat	B	4
3	Pembongkaran konkrete lama	C	14
4	Pekerjaan penggalian tanah	D	8
5	Pekerjaan pengeluaran tanah dari PLTU	E	14
6	Pekerjaan kompacting tanah	F	6
7	Pekerjaan Levelling Conc. K-175 site mix , thickness = 5 cm	G	3
8	Pekerjaan pengisian kembali tanah	H	3
9	Supply and install U-Ditch 30 cm, K-250 readymix concrete	I	28
10	Supply and install brick wall for form work	J	7
11	Supply and install rebar D13 as drawing attached	K	8
12	Install pembedan	L	10
13	Supply and install water stop sika	M	3
14	Supply and install concrete K-250 readymix concrete	N	28
15	Supply and install brick wall for form work	O	7
16	Supply and install rebar D13 as drawing attached	P	8
17	Install pembedan	Q	6
18	Supply and install concrete K-250 readymix concrete	R	28
19	Supply and install joint filler 10 mm	S	4
20	Supply and install rebar D13 as drawing attached	T	8
21	Install pembedan	U	6
22	Supply and install U-Ditch 20 cm	V	4
23	Supply and install concrete K-250 readymix concrete	W	28
24	Installation Cover Collecting include support IWF 200X100 hot deep galvanized	X	6
25	Supply and install Gording CNP 75x45x15x2.3	Y	3
26	Supply and install UPVC Alderon	Z	3
27	Supply and install pipe Ø 3", tebal 4 mm	AA	3
28	Supply and install pipe Ø 1", tebal 2,6 mm	AB	4
29	Supply and install plat 10 mm	AC	4
30	Supply and instal Gording CNP 75x45x15x2.3	AD	3
31	Supply and install Anchor M12-300	AE	3
32	Supply and install baut & nut M12	AF	3
33	Supply and install UPVC Alderon	AG	4

No.	DESKRIPSI KEGIATAN	KODE KEGIATAN	DURASI (D)
34	Pemasangan Pompa FYBROC 1500 2X3X8-GROUP II, VR-1A, EXTERNAL	AH	50
35	Pemasangan Pompa Submersible pump Tsurumi 50UA2.75-73 2"	AI	15
36	Supply and install UNP 100x50 support	AJ	40
37	Supply and install pipe PVC 4" Rucika AW Included elbow, drain, ventilasi and U-Bold 4"	AK	52
38	Supply and install pipe stainless 1" SUS 304 included tee and elbow	AL	10
39	Supply and install Spray Nozzle 1/2" SUS 304 included tee	AM	8
40	Supply and install Ball valve 1" SUS 304 included accessories	AN	8
41	Supply and install solenoid valve 1" SUS 304 (klod model 2WB-25) included accessories	AO	6
42	Pekerjaan Flexible pipe 2" included accessories	AP	6
43	Supply & install removable handrail Ø 1 1/4" SCH 40 include shock 2" hot dip galvanized	AQ	8
44	Supply & install waterproofing / waterbars, equal with Sika joint ribbons	AR	4
45	Pekerjaan Install Conduit cable, hot dipp galvanized steel, size: 2"	AS	6
46	Pekerjaan install Power Cable, type: NYY, Size: 5x16 mm ² , SNI colouring 3P	AT	4
47	Pekerjaan Install Power Cable, Type: NYY, Size: 4x6 mm ² , SNI colouring 3P	AU	4
48	Pekerjaan install MCB, mfg: Schneider Electric or equal, 3P 60A	AV	4
49	Pekerjaan Install MCB, mfg: Schneider Electric or equal, 3P 6A	AW	4
50	Pekerjaan Install MCC IP 65, (Included Certificate) + control sump pump include wall mounting support	AX	5
51	Pekerjaan Install Flexible conduit 2 in	AY	2
52	Pekerjaan Install Floating switch +accessories include	AZ	4
53	Pekerjaan Install Power Cable, Type: NYY, Size: 3x2.5mm ² , P, N, G SNI colouring (solenoid)	AAA	3
54	Pekerjaan Pengetesan Submersible Pump	AAB	2
55	Joint Inspection/ Final Inspection	AAC	2
56	Mob demob & Pembersihan Area	AAD	2

Tabel 4. 3 Data Durasi Kegiatan Pekerjaan Proyek (sumber data kontraktor)

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Jaringan Kerja

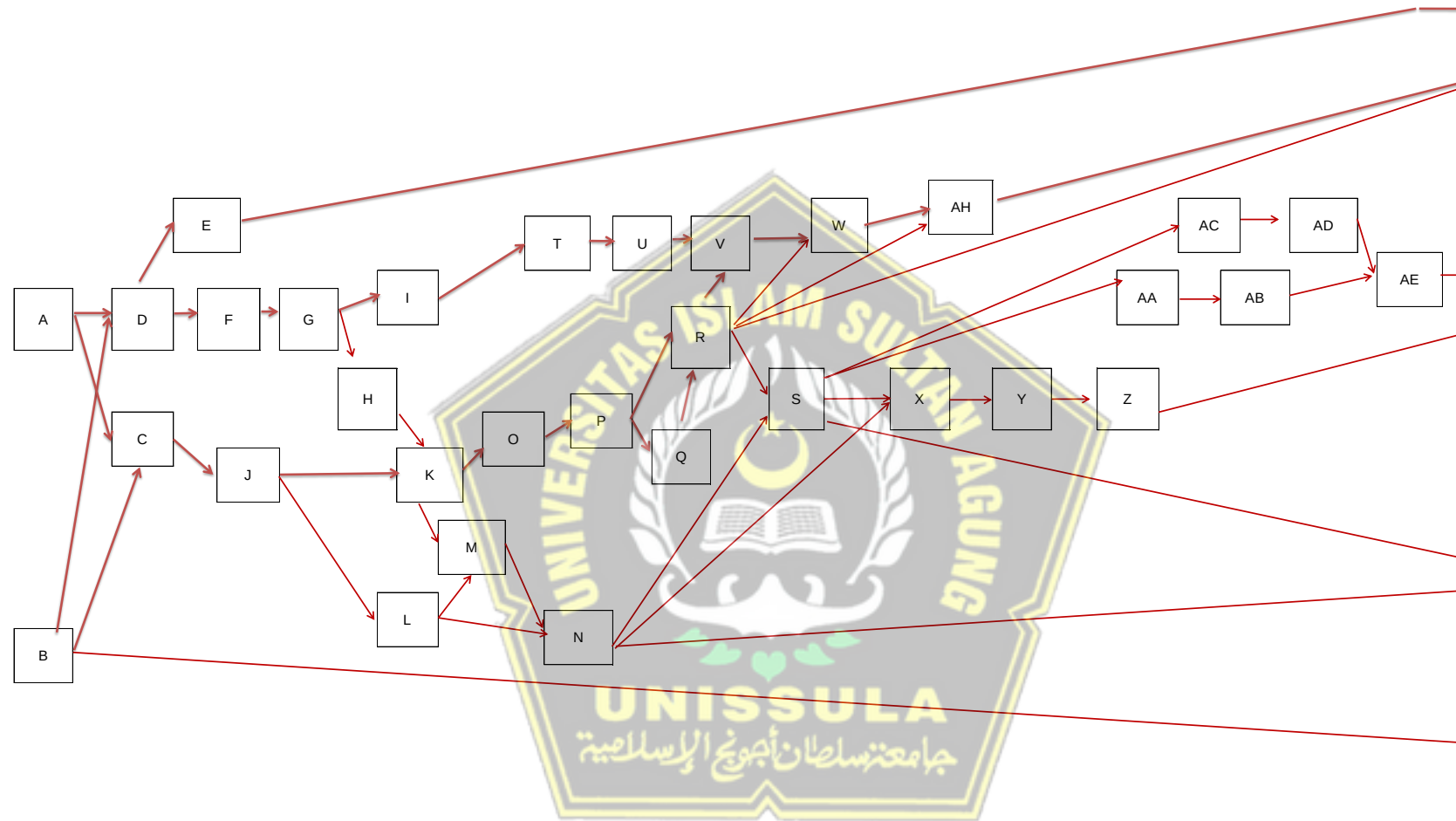
Langkah awal yang harus dilakukan dalam pembuatan jaringan kerja dengan menggunakan metode CPM adalah memdetailkan setiap aktivitas, kemudian tahap selanjutnya menentukan urutan ketergantungan antara kegiatan satu dengan yang lain. Untuk data kegiatannya dapat dilihat pada tabel.4.3

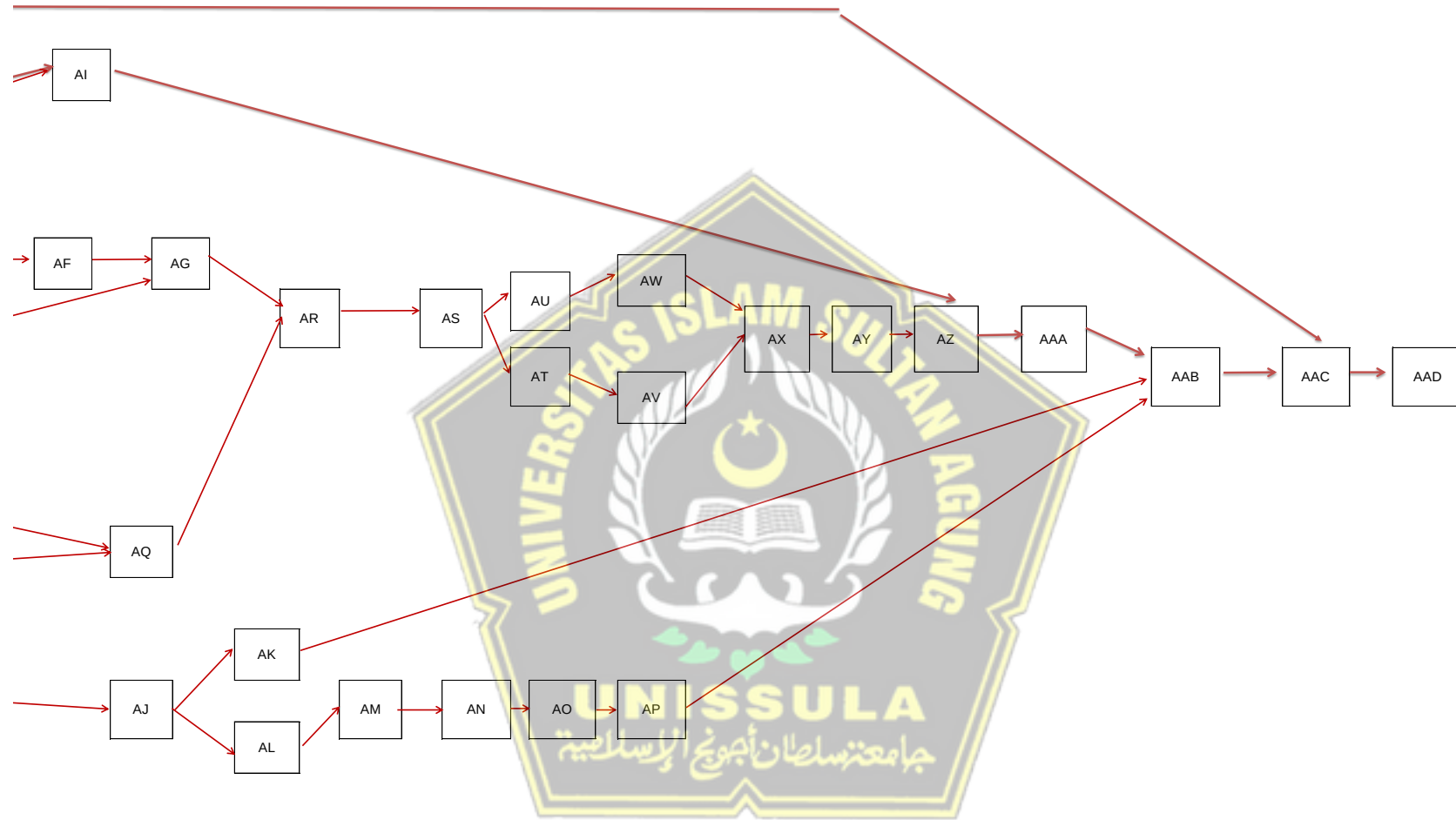
No.	DESKRIPSI KEGIATAN	KODE KEGIATAN	DURASI (D)	PREDECESSOR
1	Pekerjaan persiapan tanah	A	4	-
2	Mobilisasi material dan alat	B	4	-
3	Pembongkaran konkrit lama	C	14	A,B
4	Pekerjaan penggalian tanah	D	8	A,B
5	Pekerjaan pengeluaran tanah dari PLTU	E	14	D
6	Pekerjaan compacting tanah	F	6	D
7	Pekerjaan Levelling Conc. K-175 site mix , thickness = 5 cm	G	3	F
8	Pekerjaan pengisian kembali tanah	H	3	G
9	Supply and install U-Ditch 30 cm K-250 readymix concrete	I	28	G,H
10	Supply and install brick wall for form work	J	7	C
11	Supply and install rebar D13 as drawing attached	K	8	H,J
12	Install pembesian	L	10	J,K
13	Supply and install water stop sika	M	3	K,L
14	Supply and install concrete K-250 readymix concrete	N	28	L, M
15	Supply and install brick wall for form work	O	7	K
16	Supply and install rebar D13 as drawing attached	P	8	O
17	Install pembesian	Q	6	P
18	Supply and install concrete K-250 readymix concrete	R	28	P,Q
19	Supply and install joint filler 10 mm	S	4	N,R
20	Supply and install rebar D13 as drawing attached	T	8	I
21	Install pembesian	U	6	T
22	Supply and install U-Ditch 20 cm	V	4	R,U
23	Supply and install concrete K-250 readymix concrete	W	28	R,V
24	Installation Cover Collecting include support IWF 200X100 hot deep galvanized	X	6	N,S
25	Supply and install Gording CNP 75x45x15x2.3	Y	3	X
26	Supply and install UPVC Alderon	Z	3	Y
27	Supply and install pipe Ø 3", tebal 4 mm	AA	3	S
28	Supply and install pipe Ø 1", tebal 2,6 mm	AB	4	AA
29	Supply and install plat 10 mm	AC	4	S
30	Supply and instal Gording CNP 75x45x15x2.3	AD	3	AC
31	Supply and install Anchor M12-300	AE	3	AB,AD
32	Supply and install baut & nut M12	AF	3	AE
33	Supply and install UPVC Alderon	AG	4	Z, AF

No.	DESKRIPSI KEGIATAN	KODE KEGIATAN	DURASI (D)	PREDECESSOR
34	Pemasangan Pompa FYBROC 1500 2X3X8-GROUP II, VR-1A, EXTERNAL	AH	50	R,W
35	Pemasangan Pompa Submersible pump Tsurumi 50UA2.75-73 2"	AI	15	R,AH
36	Supply and install UNP 100x50 support	AJ	40	B
37	Supply and install pipe PVC 4" Rucika AW Included elbow, drain, ventilasi and U-Bold 4"	AK	52	AJ
38	Supply and install pipe stainless 1" SUS 304 included tee and elbow	AL	10	AJ
39	Supply and install Spray Nozzle 1/2" SUS 304 included tee	AM	8	AL
40	Supply and install Ball valve 1" SUS 304 included accessories	AN	8	AM
41	Supply and install solenoid valve 1" SUS 304 (klod model 2WB-25) included accessories	AO	6	AN
42	Pekerjaan Flexible pipe 2" included accessories	AP	6	AN
43	Supply & install removable handrail Ø 1 1/4" SCH 40 include shock 2" hot dip galvanized	AQ	8	N,S
44	Supply & install waterprofing / waterbars, equal with Sika joint ribbons	AR	4	AG,AQ
45	Pekerjaan Install Conduit cable, hot dipp galvanized steel, size: 2	AS	6	AR
46	Pekerjaan install Power Cable, type: NYY, Size: 5x16 mm², SNI colouring 3P	AT	4	AS
47	Pekerjaan Install Power Cable, Type: NYY, Size: 4x6 mm², SNI colouring 3P	AU	4	AS
48	Pekerjaan install MCB, mfg: Schneider Electric or equal, 3P 60A	AV	4	AT
49	Pekerjaan Install MCB, mfg: Schneider Electric or equal, 3P 6A	AW	4	AU
50	Pekerjaan Install MCC IP 65,(Included Certificate) + control sump pump include wall mounting support	AX	5	AV, AW
51	Pekerjaan Install Flexible conduit 2 in	AY	2	AX
52	Pekerjaan Install Floating switch +accessories include	AZ	4	AI,AY
53	Pekerjaan Install Power Cable,Type: NYY, Size:3x2.5mm², P, N,G SNI colouring (solenoid)	AAA	3	AZ
54	Pekerjaan Pengetesan Submersible Pump	AAB	2	AK, AP,AAA
55	Joint Inspection/ Final Inspection	AAC	2	AAB
56	Mob demob & Pembersihan Area	AAD	2	AAC

Tabel 4. 4 Data Urutan Pekerjaan Proyek (sumber data Kontraktor)

Dari tabel data diatas menunjukkan urutan kegiatan yang mendahului, untuk selanjutnya akan membentuk jaringan kerja seperti gambar berikut :





Gambar 4. 2 Jaringan Kerja

4.2.2. Penentuan Jalur Kritis (*Critical Path*)

Penentuan jalur kritis dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kegiatan mana saja yang termasuk kritis. Kritis disini artinya apabila pekerjaan tersebut tidak selesai tepat waktu maka akan menghambat pekerjaan lainnya. Jalur kritis adalah yang mempunyai *Slack* = 0 dengan melakukan perhitungan $LS - ES$. Dengan pedoman menggunakan notasi *Forward* dan *Backward pass*.

a. Perhitungan Maju

KODE KEGIATAN	DURASI (D)	PREDECESSOR	Forward Pass	
			ES	EF
A	4	-	0	4
B	4	-	0	4
C	14	A,B	4	18
D	8	A,B	4	12
E	14	D	12	26
F	6	D	12	18
G	3	F	18	21
H	3	G	21	24
I	28	G,H	21	49
J	7	C	18	25
K	8	H,J	25	33
L	10	J,K	25	35
M	3	K,L	35	38
N	28	L, M	38	66
O	7	K	33	40
P	8	O	40	48
Q	6	P	48	54
R	28	P,Q	54	82
S	4	N,R	82	86
T	8	I	49	57
U	6	T	57	63
V	4	R,U	82	86
W	28	R,V	86	114
X	6	N,S	86	92
Y	3	X	92	95
Z	3	Y	95	98
AA	3	S	86	89
AB	4	AA	89	93
AC	4	S	86	90
AD	3	AC	90	93
AE	3	AB,AD	93	96
AF	3	AE	96	99
AG	4	Z, AF	98	102

KODE KEGIATAN	DURASI (D)	PREDECESSOR	Forward Pass	
			ES	EF
AH	50	R,W	114	164
AI	15	R,AH	164	179
AJ	40	B	4	44
AK	52	AJ	44	96
AL	10	AJ	44	54
AM	8	AL	54	62
AN	8	AM	62	70
AO	6	AN	70	76
AP	6	AN	76	82
AQ	8	N,S	86	94
AR	4	AG,AQ	102	106
AS	6	AR	106	112
AT	4	AS	112	116
AU	4	AS	112	116
AV	4	AT	116	120
AW	4	AU	116	120
AX	5	AV, AW	120	125
AY	2	AX	125	127
AZ	4	AI,AY	179	183
AAA	3	AZ	183	186
AAB	2	AK, AP,AAA	186	188
AAC	2	AAB	188	190
AAD	2	AAC	190	192

b. Perhitungan Mundur

KODE KEGIATAN	DURASI (D)	PREDECESSOR	Backward Pass	
			LS	LF
A	4	-	0	4
B	4	-	0	4
C	14	A,B	4	18
D	8	A,B	5	13
E	14	D	174	188
F	6	D	13	19
G	3	F	19	22
H	3	G	22	25
I	28	G,H	40	68
J	7	C	18	25
K	8	H,J	25	33
L	10	J,K	93	103
M	3	K,L	103	106
N	28	L,M	106	134
O	7	K	33	40
P	8	O	40	48
Q	6	P	48	54
R	28	P,Q	54	82
S	4	N,R	134	138
T	8	I	68	76
U	6	T	82	86
V	4	R,U	82	86
W	28	R,V	86	114
X	6	N,S	138	144
Y	3	X	144	147
Z	3	Y	147	150
AA	3	S	137	140
AB	4	AA	140	144
AC	4	S	137	141
AD	3	AC	141	144
AE	3	AB,AD	144	147
AF	3	AE	147	150
AG	4	Z, AF	150	154

KODE KEGIATAN	DURASI (D)	PREDECESSOR	Backward Pass	
			LS	LF
AH	50	R,W	114	164
AI	15	R,AH	164	179
AJ	40	B	94	134
AK	52	AJ	134	186
AL	10	AJ	148	158
AM	8	AL	158	166
AN	8	AM	166	174
AO	6	AN	174	180
AP	6	AN	180	186
AQ	8	N,S	146	154
AR	4	AG,AQ	154	158
AS	6	AR	158	164
AT	4	AS	164	168
AU	4	AS	164	168
AV	4	AT	168	172
AW	4	AU	168	172
AX	5	AV, AW	172	177
AY	2	AX	177	179
AZ	4	AI,AY	179	183
AAA	3	AZ	183	186
AAB	2	AK, AP,AAA	186	188
AAC	2	AAB	188	190
AAD	2	AAC	190	192

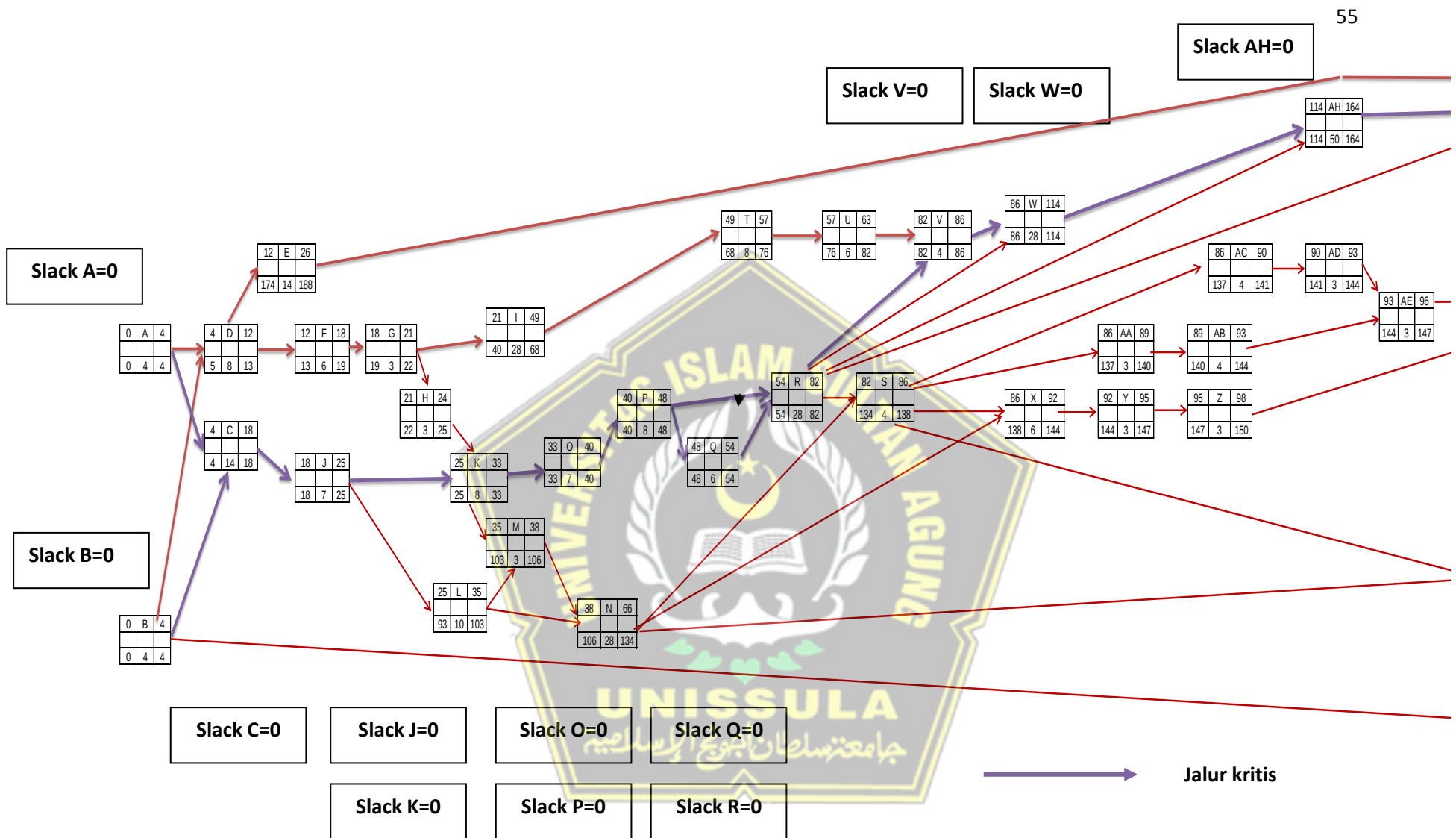
Dari data – data diatas dapat dibuatkan jalur kritis sebagai berikut :

Tabel 4.5. di bawah ini menunjukan perhitungan waktu *Slack* untuk mengidentifikasi jalur kritis.

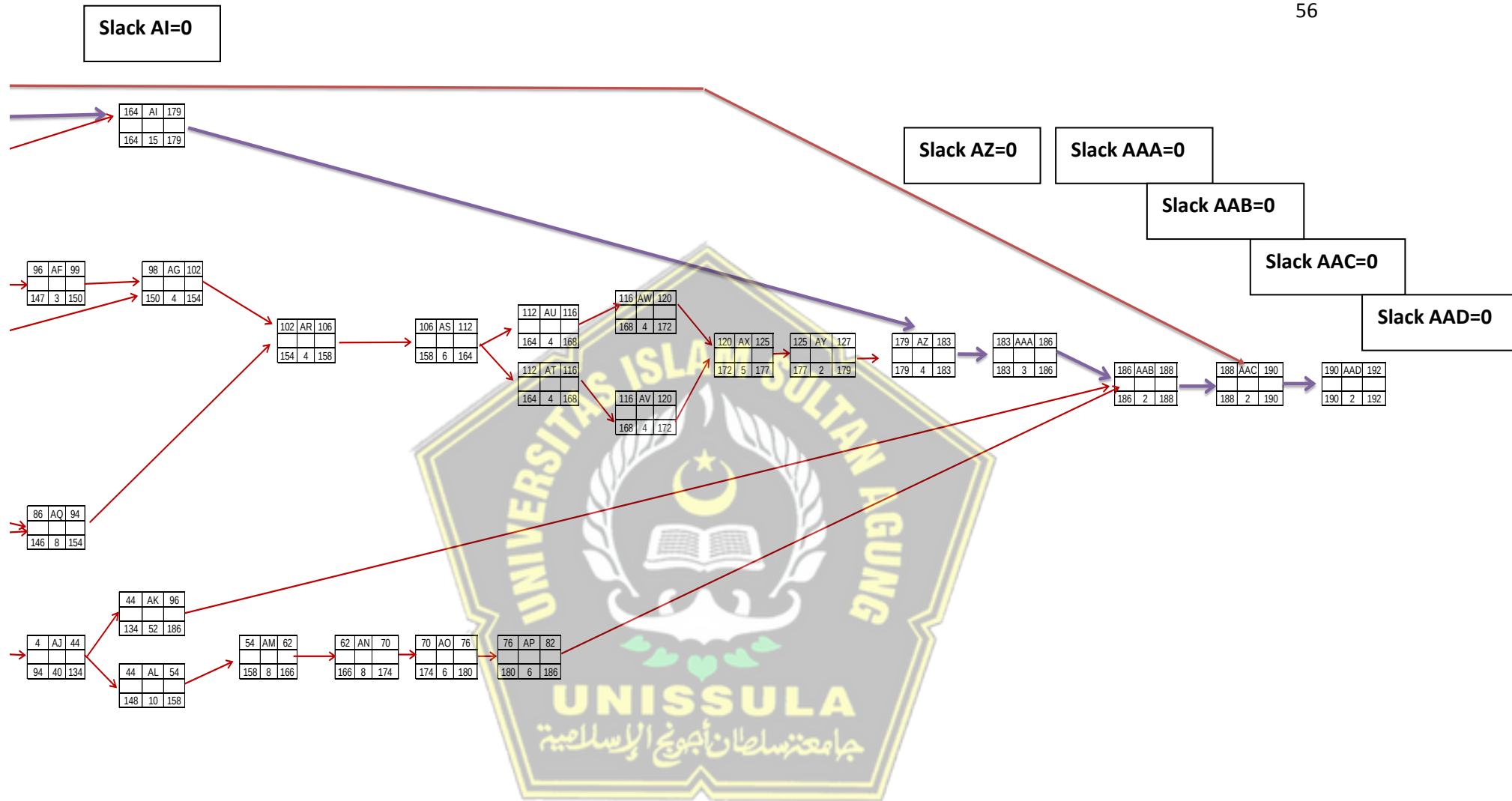
KODE KEGIATAN	DURASI (D)	PREDECESSOR	Forward Pass		Backward Pass		Slack
			ES	EF	LS	LF	
A	4	-	0	4	0	4	0
B	4	-	0	4	0	4	0
C	14	A,B	4	18	4	18	0
D	8	A,B	4	12	5	13	1
E	14	D	12	26	174	188	162
F	6	D	12	18	13	19	1
G	3	F	18	21	19	22	1
H	3	G	21	24	22	25	1
I	28	G,H	21	49	40	68	19
J	7	C	18	25	18	25	0
K	8	H,J	25	33	25	33	0
L	10	J,K	25	35	93	103	68
M	3	K,L	35	38	103	106	68
N	28	L, M	38	66	106	134	68
O	7	K	33	40	33	40	0
P	8	O	40	48	40	48	0
Q	6	P	48	54	48	54	0
R	28	P,Q	54	82	54	82	0
S	4	N,R	82	86	134	138	52
T	8	I	49	57	68	76	19
U	6	T	57	63	76	82	19
V	4	R,U	82	86	82	86	0
W	28	R,V	86	114	86	114	0
X	6	N,S	86	92	138	144	52
Y	3	X	92	95	144	147	52
Z	3	Y	95	98	147	150	52
AA	3	S	86	89	137	140	51
AB	4	AA	89	93	140	144	51
AC	4	S	86	90	137	141	51
AD	3	AC	90	93	141	144	51
AE	3	AB,AD	93	96	144	147	51
AF	3	AE	96	99	147	150	51
AG	4	Z, AF	98	102	150	154	52

KODE KEGIATAN	DURASI (D)	PREDECESSOR	Forward Pass		Backward Pass		Slack
			ES	EF	LS	LF	
AH	50	R,W	114	164	114	164	0
AI	15	R,AH	164	179	164	179	0
AJ	40	B	4	44	94	134	90
AK	52	AJ	44	96	134	186	90
AL	10	AJ	44	54	148	158	104
AM	8	AL	54	62	158	166	104
AN	8	AM	62	70	166	174	104
AO	6	AN	70	76	174	180	104
AP	6	AN	76	82	180	186	104
AQ	8	N,S	86	94	146	154	60
AR	4	AG,AQ	102	106	154	158	52
AS	6	AR	106	112	158	164	52
AT	4	AS	112	116	164	168	52
AU	4	AS	112	116	164	168	52
AV	4	AT	116	120	168	172	52
AW	4	AU	116	120	168	172	52
AX	5	AV, AW	120	125	172	177	52
AY	2	AX	125	127	177	179	52
AZ	4	AI,AY	179	183	179	183	0
AAA	3	AZ	183	186	183	186	0
AAB	2	AK, AP,AAA	186	188	186	188	0
AAC	2	AAB	188	190	188	190	0
AAD	2	AAC	190	192	190	192	0

Tabel 4. 5 Penentuan Waktu Slack dan Jalur Kritis



Gambar 4. 3 Penentuan Jalur Kritis



Gambar 4.3 Penentuan jalur Kritis

Dari gambar diatas 4.2, maka dapat disimpulkan bahwa jalur kritis pada proyek Instalasi pompa *submersible* diarea *fly ash* adalah kegiatan :

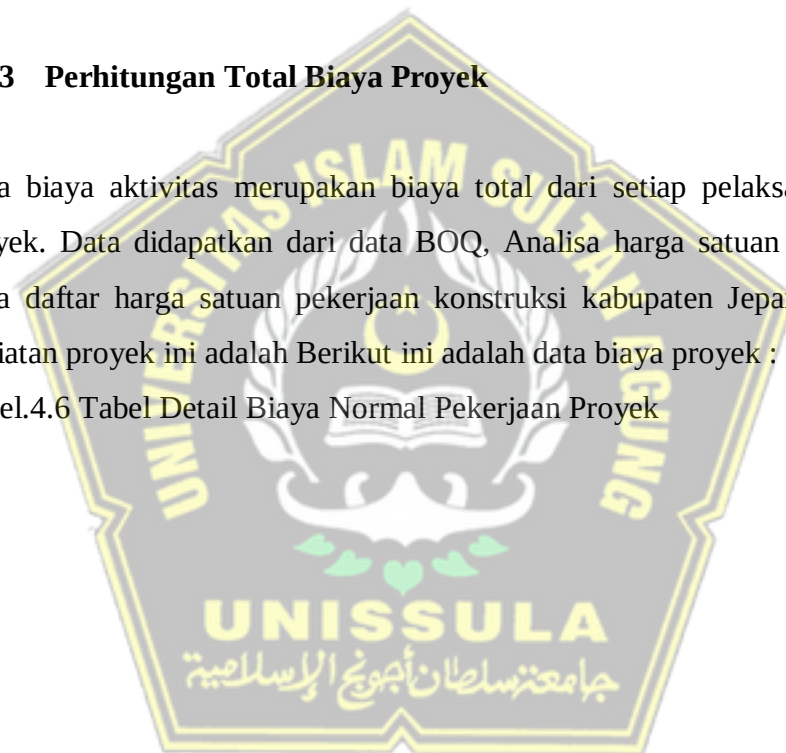
A –B – C – J – K – O – P – Q – R –V – W – AH – AI – AZ – AAA – AAB – AAC – AAD

Jalur kritis pada aktivitas diatas dari mulai waktu pekerjaan sampai waktu selesai pekerjaan dengan slack time nya = 0

Adapun total waktu selesai nya pekerjaan dari data diatas diperoleh = 192 hari.

4.2.3 Perhitungan Total Biaya Proyek

Data biaya aktivitas merupakan biaya total dari setiap pelaksanaan kegiatan proyek. Data didapatkan dari data BOQ, Analisa harga satuan yang mengacu pada daftar harga satuan pekerjaan konstruksi kabupaten Jepara. Total biaya kegiatan proyek ini adalah Berikut ini adalah data biaya proyek : 1.553.732.808
Tabel.4.6 Tabel Detail Biaya Normal Pekerjaan Proyek



No.	KEGIATAN	KODE KEGIATAN	Predecessor	HARI (D)	Volume	Unit	Harga Satuan	Total Biaya
1	Pekerjaan persiapan tanah	A	-	4	192.60	m²	16,750.00	3,226,050.00
2	Mobilisasi material dan alat	B	-	4	5.00	trip	3,000,000.00	15,000,000.00
3	Pembongkaran konkrete lama	C	A,B	14	11.69	m³	1,250,000.00	14,612,500.00
4	Pekerjaan penggalian tanah	D	A,B	8	176.94	m³	108,000.00	19,109,520.00
5	Pekerjaan pengeluaran tanah dari PLTU	E	D	14	89.34	m³	65,000.00	5,807,100.00
6	Pekerjaan compacting tanah	F	D	6	87.61	m³	56,500.00	4,949,965.00
7	Pekerjaan Levelling Conc. K-175 site mix , thickness = 5 cm	G	F	3	4.49	m³	1,399,000.00	6,281,510.00
8	Pekerjaan pengisian kembali tanah	H	G	3	87.61	m³	56,500.00	4,949,965.00
9	Supply and install U-Ditch 30 cm, K-250 readymix concrete	I	G,H	28	54.00	m	449,000.00	24,246,000.00
10	- Supply and install brick wall for form work	J	C	7	63.07	m²	363,000.00	22,894,410.00
11	- Supply and install rebar D13 as drawing attached	K	H,J	8	2753.00	kg	19,270.00	53,050,310.00
12	- Install pembesian	L	J,K	10	46.20	m²	263,000.00	12,150,600.00
13	- Supply and install water stop sika	M	K,L	3	21	m	300,000.00	6,300,000.00
14	- Supply and install concrete K-250 readymix concrete	N	L, M	28	26.11	m³	1,483,000.00	38,721,130.00
15	- Supply and install brick wall for form work	O	K	7	13.39	m²	363,000.00	4,860,570.00
16	- Supply and install rebar D13 as drawing attached	P	O	8	1086.87	kg	19,270.00	20,943,984.90
17	- Install pembesian	Q	P	6	15.14	m²	263,000.00	3,981,820.00
18	- Supply and install concrete K-250 readymix concrete	R	P,Q	28	7.84	m³	1,483,000.00	11,626,720.00
19	- Supply and install joint filler 10 mm	S	N,R	4	1.44	m²	241,000.00	347,040.00
20	- Supply and install rebar D13 as drawing attached	T	I	8	809.16	kg	19,270.00	15,592,513.20
21	- Install pembesian	U	T	6	64.62	m²	263,000.00	16,995,060.00
22	Supply and install U-Ditch 20 cm	V	R,U	4	5.00	m	241,000.00	1,205,000.00
23	- Supply and install concrete K-250 readymix concrete	W	R,V	28	5.93	m³	1,483,000.00	8,794,190.00
24	Installation Cover Collecting include support IWF 200X100 hot deep galvanized	X	N,S	6	25.00	kg	55,000.00	1,375,000.00
25	Supply and install Gording CNP 75x45x15x2.3	Y	X	3	30.80	kg	40,000.00	1,232,000.00
26	Supply and install UPVC Alderon	Z	Y	3	12.00	m2	355,000.00	4,260,000.00
27	- Supply and install pipe Ø 3", tebal 4 mm	AA	S	3	209.66	kg	40,000.00	8,386,560.00
28	- Supply and install pipe Ø 1", tebal 2,6 mm	AB	AA	4	48.71	kg	40,000.00	1,948,320.00
29	- Supply and install plat 10 mm	AC	S	4	8.75	kg	40,000.00	349,950.00
30	- Supply and instal Gording CNP 75x45x15x2.3	AD	AC	3	163.80	kg	40,000.00	6,552,000.00
31	- Supply and install Anchor M12-300	AE	AB,AD	3	16.00	pcs	220,000.00	3,520,000.00
32	- Supply and install baut & nut M12	AF	AE	3	14.00	pcs	24,700.00	345,800.00
33	- Supply and install UPVC Alderon	AG	Z, AF	4	20.00	m²	355,000.00	7,100,000.00

34	Pemasangan Pompa Fybroc 1500 2X3X8-GROUP II, VR-1A, EXTERNAL	AH	R,W	50	1.00	unit	734,000,000.00	734,000,000.00
35	Pemasangan Pompa Submersible pump Tsurumi 50UA2.75-73 2"	AI	R,AH	15	1.00	unit	36,400,000.00	36,400,000.00
36	Supply and install UNP 100x50 support	AJ	B	40	1660.90	kg	40,000.00	66,436,000.00
37	Supply and install pipe PVC 4" Rucika AW Included elbow, drain, ventilasi and U-Bolt 4"	AK	AJ	52	358.00	m	520,000.00	186,160,000.00
38	Supply and install pipe stainless 1" SUS 304 included tee and elbow	AL	AJ	10	48.00	m	584,000.00	28,032,000.00
39	Supply and install Spray Nozzle 1/2" SUS 304 included tee and reducer	AM	AL	8	6.00	pcs	552,000.00	3,312,000.00
40	Supply and install Ball valve 1" SUS 304 included accessories	AN	AM	8	3.00	pcs	1,162,000.00	3,486,000.00
41	Supply and install solenoid valve 1" SUS 304 (klod model 2WB-25) included accessories	AO	AN	6	1.00	pcs	1,960,000.00	1,960,000.00
42	Pekerjaan Flexible pipe 2" included accessories	AP	AN	6	4.00	m	300,000.00	1,200,000.00
43	Supply & install removable handrail Ø 1 1/4" SCH 40 include shock 2" hot dip galvanized	AQ	N,S	8	177.80	m	220,000.00	39,116,000.00
44	Supply & install waterproofing / waterbars, equal with Sika joint ribbons	AR	AG,AQ	4	56.50	m²	425,000.00	24,012,500.00
45	Pekerjaan Install Conduit cable, hot dipp galvanized steel, size: 2 inch	AS	AR	6	90.00	m	155,000.00	13,950,000.00
46	Pekerjaan install Power Cable, type: NYY, Size: 5x16 mm², SNI colouring 3P	AT	AS	4	90.00	m	355,000.00	31,950,000.00
47	Pekerjaan Install Power Cable, Type: NYY, Size: 4x6 mm², SNI colouring 3P	AU	AS	4	10.00	m	114,522.00	1,145,220.00
48	Pekerjaan install MCB, mfg: Schneider Electric or equal, 3P 60A	AV	AT	4	1.00	set	1,250,000.00	1,250,000.00
49	Pekerjaan Install MCB, mfg: Schneider Electric or equal, 3P 6A	AW	AU	4	1.00	set	750,000.00	750,000.00
50	Pekerjaan Install MCC IP 65,(Included Certificate) + control sump pump include wall mounting support	AX	AV, AW	5	1.00	set	18,500,000.00	18,500,000.00
51	Pekerjaan Install Flexible conduit 2 in	AY	AX	2	6.00	m	135,000.00	810,000.00
52	Pekerjaan Install Floating switch +accessories include	AZ	AI,AY	4	1.00	set	10,237,500.00	10,237,500.00
53	Pekerjaan Install Power Cable,Type: NYY, Size:3x2.5mm², P, N,G SNI colouring (selenoid)	AAA	AZ	3	10.00	m	31,000.00	310,000.00
54	Pekerjaan Pengetesan Submersible Pump	AAB	AK, AP,AAA	2	1.00	lot	-	-
55	Joint Inspection/ Final Inspection	AAC	E, AAB	2	1.00	lot	-	-
56	Mob demob & Pembersihan Area	AAD	AAC	2	1.00	lot	-	-
TOTAL BIAYA								1,553,732,808.00

Tabel 4. 6 Detail Biaya Normal Pekerjaan Proyek Penentuan Percepatan Kegiatan

Penentuan percepatan dalam penelitian ini bertujuan untuk menentukan berapa hari kegiatan tersebut dapat dipercepat. Dalam *crashing project*, terdapat dua komponen waktu, yaitu :

Waktu Normal : penyelesaian aktivitas dalam kondisi normal

Waktu akselerasi (*Crashing Time*) : waktu terpendek yang paling mungkin untuk menyelesaikan aktivitas.

Total waktu akselerasi = waktu normal – waktu akselerasi

Adapun komponen biaya ada beberapa komponen :

Biaya normal, biaya akselerasi dan biaya akselerasi per unit waktu

Sehingga dapat dicari total biaya akselerasi = Biaya akselerasi – biaya normal

Adapun Biaya akselerasi per unit waktu = $\frac{\text{Total Biaya Akselerasi}}{\text{Total Waktu Akselerasi}}$

Dalam pemilihan pada aktivitas yang di *crash*, aktivitas yang yang dipilih dari aktivitas pada jalur kritis, sampai di peroleh waktu crashing sesuai jadwal awal atau waktu aktivitas semaksimal mungkin dengan biaya akselerasi minimal.

Berikut ini adalah data hasil perhitungan untuk waktu dan biaya yang dilakukan akselerasi :

Skenario 1

Kegiatan yang dilakukan percepatan pada lintasan kritis dari kegiatan proyek. **A – B – C – J – K – O – P – Q – R – V – W – AH – AI – AZ – AAA – AAB – AAC – AAD**

Perhitungan Percepatan Pada lintasan kritis :

1. Kegiatan A

$$\text{Produktifitas harian} = \frac{\text{bobot pekerjaan}}{\text{rencana durasi}}$$

$$\text{Produktifitas harian} = \frac{192.6}{4} = 48,15$$

$$\text{Produktifitas perjam} = \frac{\text{produktifitas harian}}{7 \text{ jam}} =$$

$$\text{Produktifitas perjam} = \frac{48,15}{7} = 6,878$$

Selanjutnya waktu penyelesaian kegiatan setelah crash :

Lama penambahan jam kerja = 4

Koefisien penurunan produktifitas penambahan jam kerja = 0,4

Produktifitas harian setelah crash

$$= (7 \times 6,878) + (4 \times 0,4 \times \text{Produk. Per jam})$$

$$= 48,15 + 11,005 = 59,155$$

$$\text{Waktu penyelesaian} = \frac{192,6}{59,155} = 3,25 \text{ hari}$$

Jadi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan A setelah dilakukan crash = 3,25 hari

Hasil crashing = 3 hari

2. Kegiatan B

$$\text{Produktifitas harian} = \frac{\text{bobot pekerjaan}}{\text{rencana durasi}}$$

$$\text{Produktifitas harian} = \frac{5}{4} = 1,25$$

$$\text{Produktifitas perjam} = \frac{\text{produktifitas harian}}{7 \text{ jam}}$$

$$\text{Produktifitas perjam} = \frac{1,25}{7} = 0,178$$

Selanjutnya waktu penyelesaian kegiatan setelah crash :

Lama penambahan jam kerja = 4

Koefisien penurunan produktifitas penambahan jam kerja = 0,4

Produktifitas harian setelah crash

$$= (7 \times 0,178) + (4 \times 0,4 \times \text{Produk. Per jam})$$

$$= 1,25 + 0,285 = 1,535$$

$$\text{Waktu penyelesaian} = \frac{5}{1,535} = 3,25 \text{ hari}$$

Jadi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan A setelah dilakukan crash = 3,25 hari

Hasil crashing = 3 hari

3. Kegiatan C

$$\text{Produktifitas harian} = \frac{\text{bobot pekerjaan}}{\text{rencana durasi}}$$

$$\text{Produktifitas harian} = \frac{11.69}{14} = 0.835$$

$$\text{Produktifitas perjam} = \frac{\text{produktifitas harian}}{7 \text{ jam}} =$$

$$\text{Produktifitas perjam} = \frac{0.835}{7} = 0.119$$

Selanjutnya waktu penyelesaian kegiatan setelah crash :

Lama penambahan jam kerja = 4

Koefisien penurunan produktifitas penambahan jam kerja = 0,4

Produktifitas harian setelah crash

$$= (7 \times 0.119) + (4 \times 0,4 \times \text{Produk. Per jam})$$

$$= 0.835 + 0,19$$

$$= 1.025$$

$$\text{Waktu penyelesaian} = \frac{11.69}{1,025} = 11.39 \text{ hari}$$

Jadi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan C

setelah dilakukan crash = 11.39 hari

Hasil crashing = 12 hari

4. Kegiatan J

$$\text{Produktifitas harian} = \frac{\text{bobot pekerjaan}}{\text{rencana durasi}}$$

$$\text{Produktifitas harian} = \frac{63.07}{7} = 9.01$$

$$\text{Produktifitas perjam} = \frac{\text{produktifitas harian}}{7 \text{ jam}} =$$

$$\text{Produktifitas perjam} = \frac{9.01}{7} = 1.287$$

Selanjutnya waktu penyelesaian kegiatan setelah crash :

Lama penambahan jam kerja = 4

Koefisien penurunan produktifitas penambahan jam kerja = 0,4

Produktifitas harian setelah crash

$$= (7 \times 1.287) + (4 \times 0,4 \times \text{Produk. Per jam})$$

$$= 9.01 + 2.059 = 11.069$$

$$\text{Waktu penyelesaian} = \frac{63.07}{11.069} = 5.697 \text{ hari}$$

Jadi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan J setelah dilakukan crash = 5.697 hari

Hasil crashing = 6 hari

5. Kegiatan K

$$\text{Produktifitas harian} = \frac{\text{bobot pekerjaan}}{\text{rencana durasi}}$$

$$\text{Produktifitas harian} = \frac{2753}{8} = 344.125$$

$$\text{Produktifitas perjam} = \frac{\text{produktifitas harian}}{7 \text{ jam}} =$$

$$\text{Produktifitas perjam} = \frac{344.125}{7} = 49.16$$

Selanjutnya waktu penyelesaian kegiatan setelah crash :

Lama penambahan jam kerja = 4

Koefisien penurunan produktifitas penambahan jam kerja = 0,4

Produktifitas harian setelah crash

$$= (7 \times 49.16) + (4 \times 0,4 \times \text{Produk. Per jam})$$

$$= 344.125 + 78.657 = 422.782$$

$$\text{Waktu penyelesaian} = \frac{2752}{422.782} = 6.511 \text{ hari}$$

Jadi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan K setelah dilakukan crash = 6.511 hari

Hasil crashing = 7 hari

6. Kegiatan O

$$\text{Produktifitas harian} = \frac{\text{bobot pekerjaan}}{\text{rencana durasi}}$$

$$\text{Produktifitas harian} = \frac{13.39}{7} = 1.912$$

$$\text{Produktifitas perjam} = \frac{\text{produktifitas harian}}{7 \text{ jam}} =$$

$$\text{Produktifitas perjam} = \frac{1.912}{7} = 0.273$$

Selanjutnya waktu penyelesaian kegiatan setelah crash :

Lama penambahan jam kerja = 4

Koefisien penurunan produktifitas penambahan jam kerja = 0,4

Produktifitas harian setelah crash

$$= (7 \times 0.273) + (4 \times 0,4 \times \text{Produk. Per jam})$$

$$= 1,912 + 0,437 = 2,35$$

$$\text{Waktu penyelesaian} = \frac{13.39}{2,35} = 5.697 \text{ hari}$$

Jadi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan O setelah dilakukan crash = 5.697 hari

Hasil crashing = 6 hari

7. Kegiatan P

$$\text{Produktifitas harian} = \frac{\text{bobot pekerjaan}}{\text{rencana durasi}}$$

$$\text{Produktifitas harian} = \frac{1086,87}{8} = 135,85$$

$$\text{Produktifitas perjam} = \frac{\text{produktifitas harian}}{7 \text{ jam}} =$$

$$\text{Produktifitas perjam} = \frac{135,85}{7} = 19,408$$

Selanjutnya waktu penyelesaian kegiatan setelah crash :

Lama penambahan jam kerja = 4

Koefisien penurunan produktifitas penambahan jam kerja = 0,4

Produktifitas harian setelah crash

$$= (7 \times 19,408) + (4 \times 0,4 \times \text{Produk. Per jam})$$

$$= 135,858 + 31,05 = 166,912$$

$$\text{Waktu penyelesaian} = \frac{1086,87}{166,912} = 6,51 \text{ hari}$$

Jadi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan P setelah dilakukan crash = 6,51 hari

Hasil crashing = 7 hari

8. Kegiatan Q

$$\text{Produktifitas harian} = \frac{\text{bobot pekerjaan}}{\text{rencana durasi}}$$

$$\text{Produktifitas harian} = \frac{15,14}{6} = 2,52$$

$$\text{Produktifitas perjam} = \frac{\text{produktifitas harian}}{7 \text{ jam}} =$$

$$\text{Produktifitas perjam} = \frac{2,52}{7} = 0,36$$

Selanjutnya waktu penyelesaian kegiatan setelah crash :

Lama penambahan jam kerja = 4

Koefisien penurunan produktifitas penambahan jam kerja = 0,4

Produktifitas harian setelah crash

$$= (7 \times 0,36) + (4 \times 0,4 \times \text{Produk. Per jam})$$

$$= 2,52 + 0,576 = 3,1$$

$$\text{Waktu penyelesaian} = \frac{15,14}{3,1} = 4,88 \text{ hari}$$

Jadi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan P

setelah dilakukan crash = 4,88 hari

Hasil crashing = 5 hari

9. Kegiatan R

$$\text{Produktifitas harian} = \frac{\text{bobot pekerjaan}}{\text{rencana durasi}}$$

$$\text{Produktifitas harian} = \frac{7,84}{28} = 0,28$$

$$\text{Produktifitas perjam} = \frac{\text{produktifitas harian}}{7 \text{ jam}} =$$

$$\text{Produktifitas perjam} = \frac{0,28}{7} = 0,04$$

Selanjutnya waktu penyelesaian kegiatan setelah crash :

Lama penambahan jam kerja = 4

Koefisien penurunan produktifitas penambahan jam kerja = 0,4

Produktifitas harian setelah crash

$$= (7 \times 0,04) + (4 \times 0,4 \times \text{Produk. Per jam})$$

$$= 0,28 + 0,064 = 0,34$$

$$\text{Waktu penyelesaian} = \frac{7,84}{0,34} = 22,79 \text{ hari}$$

Jadi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan P

setelah dilakukan crash = 22,79 hari

Hasil crashing = 23 hari

10. Kegiatan V

$$\text{Produktifitas harian} = \frac{\text{bobot pekerjaan}}{\text{rencana durasi}}$$

$$\text{Produktifitas harian} = \frac{5}{4} = 1,25$$

$$\text{Produktifitas perjam} = \frac{\text{produktifitas harian}}{7 \text{ jam}} =$$

$$\text{Produktifitas perjam} = \frac{1,258}{7} = 0,178$$

Selanjutnya waktu penyelesaian kegiatan setelah crash :

Lama penambahan jam kerja = 4

Koefisien penurunan produktifitas penambahan jam kerja = 0,4

Produktifitas harian setelah crash

$$= (7 \times 0,178) + (4 \times 0,4 \times \text{Produk. Per jam})$$

$$= 1,25 + 0,285 = 1,535$$

$$\text{Waktu penyelesaian} = \frac{5}{1,535} = 3,25 \text{ hari}$$

Jadi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan V setelah dilakukan crash = 3,25 hari

Hasil crashing = 3 hari

11. Kegiatan W

$$\text{Produktifitas harian} = \frac{\text{bobot pekerjaan}}{\text{rencana durasi}}$$

$$\text{Produktifitas harian} = \frac{5,93}{28} = 0,211$$

$$\text{Produktifitas perjam} = \frac{\text{produktifitas harian}}{7 \text{ jam}} =$$

$$\text{Produktifitas perjam} = \frac{0,211}{7} = 0,03$$

Selanjutnya waktu penyelesaian kegiatan setelah crash :

Lama penambahan jam kerja = 4

Koefisien penurunan produktifitas penambahan jam kerja = 0,4

Produktifitas harian setelah crash

$$= (7 \times 0,03) + (4 \times 0,4 \times \text{Produk. Per jam})$$

$$= 0,211 + 0,04$$

$$= 0,26$$

$$\text{Waktu penyelesaian} = \frac{5,93}{0,26} = 22,79 \text{ hari}$$

Jadi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan W setelah dilakukan crash = 22,79 hari

Hasil crashing = 23 hari

12. Kegiatan AZ

$$\text{Produktifitas harian} = \frac{\text{bobot pekerjaan}}{\text{rencana durasi}}$$

$$\text{Produktifitas harian} = \frac{1}{4} = 0,25$$

$$\text{Produktifitas perjam} = \frac{\text{produktifitas harian}}{7 \text{ jam}} =$$

$$\text{Produktifitas perjam} = \frac{0,25}{7} = 0,035$$

Selanjutnya waktu penyelesaian kegiatan setelah crash :

Lama penambahan jam kerja = 4

Koefisien penurunan produktifitas penambahan jam kerja = 0,4

$$\begin{aligned} \text{Produktifitas harian setelah crash} \\ &= (7 \times 0,035) + (4 \times 0,4 \times \text{Produk. Per jam}) \\ &= 0,25 + 0,05 \\ &= 0,3 \end{aligned}$$

$$\text{Waktu penyelesaian} = \frac{1}{0,3} = 3,25 \text{ hari}$$

Jadi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan AZ setelah dilakukan crash = 3,25 hari

Hasil crashing = 3 hari

13. Kegiatan AAA

$$\text{Produktifitas harian} = \frac{\text{bobot pekerjaan}}{\text{rencana durasi}}$$

$$\text{Produktifitas harian} = \frac{10}{3} = 3,33$$

$$\text{Produktifitas perjam} = \frac{\text{produktifitas harian}}{7 \text{ jam}} =$$

$$\text{Produktifitas perjam} = \frac{3,33}{7} = 0,476$$

Selanjutnya waktu penyelesaian kegiatan setelah crash :

Lama penambahan jam kerja = 4

Koefisien penurunan produktifitas penambahan jam kerja = 0,4

Produktifitas harian setelah crash

$$= (7 \times 0,476) + (4 \times 0,4 \times \text{Produk. Per jam})$$

$$= 3,33 + 0,761$$

$$= 4,095$$

$$\text{Waktu penyelesaian} = \frac{10}{4,095} = 2,44 \text{ hari}$$

Jadi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan AAA

setelah dilakukan crash = 2,44 hari

Hasil crashing = 3 hari

14. Kegiatan AAB

$$\text{Produktifitas harian} = \frac{\text{bobot pekerjaan}}{\text{rencana durasi}}$$

$$\text{Produktifitas harian} = \frac{1}{2} = 0,5$$

$$\text{Produktifitas perjam} = \frac{\text{produktifitas harian}}{7 \text{ jam}} =$$

$$\text{Produktifitas perjam} = \frac{0,5}{7} = 0,07$$

Selanjutnya waktu penyelesaian kegiatan setelah crash :

Lama penambahan jam kerja = 4

Koefisien penurunan produktifitas penambahan jam kerja = 0,4

Produktifitas harian setelah crash

$$= (7 \times 0,07) + (4 \times 0,4 \times \text{Produk. Per jam})$$

$$= 0,5 + 0,114 = 0,614$$

$$\text{Waktu penyelesaian} = \frac{1}{0,614} = 1,62 \text{ hari}$$

Jadi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan AAB

setelah dilakukan crash = 1,62 hari

Hasil crashing = 2 hari

15. Kegiatan AAC

$$\text{Produktifitas harian} = \frac{\text{bobot pekerjaan}}{\text{rencana durasi}}$$

$$\text{Produktifitas harian} = \frac{1}{2} = 0,5$$

$$\text{Produktifitas perjam} = \frac{\text{produktifitas harian}}{7 \text{ jam}} =$$

$$\text{Produktifitas perjam} = \frac{0,5}{7} = 0,07$$

Selanjutnya waktu penyelesaian kegiatan setelah crash :

Lama penambahan jam kerja = 4

Koefisien penurunan produktifitas penambahan jam kerja = 0,4

$$\begin{aligned} \text{Produktifitas harian setelah crash} \\ &= (7 \times 0,07) + (4 \times 0,4 \times \text{Produk. Per jam}) \\ &= 0,5 + 0,114 = 0,614 \end{aligned}$$

$$\text{Waktu penyelesaian} = \frac{1}{0,614} = 1,62 \text{ hari}$$

Jadi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan

AAC setelah dilakukan crash = 1,62 hari

Hasil crashing = 2 hari

16. Kegiatan AAD

$$\text{Produktifitas harian} = \frac{\text{bobot pekerjaan}}{\text{rencana durasi}}$$

$$\text{Produktifitas harian} = \frac{1}{2} = 0,5$$

$$\text{Produktifitas perjam} = \frac{\text{produktifitas harian}}{7 \text{ jam}} =$$

$$\text{Produktifitas perjam} = \frac{0,5}{7} = 0,07$$

Selanjutnya waktu penyelesaian kegiatan setelah crash :

Lama penambahan jam kerja = 4

Koefisien penurunan produktifitas penambahan jam kerja = 0,4

$$\begin{aligned} \text{Produktifitas harian setelah crash} \\ &= (7 \times 0,07) + (4 \times 0,4 \times \text{Produk. Per jam}) \end{aligned}$$

$$= 0,5 + 0,114 = 0,614$$

$$\text{Waktu penyelesaian} = \frac{1}{0,614} = 1,62 \text{ hari}$$

Jadi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan
AAD setelah dilakukan crash = 1,62 hari

Hasil crashing = 2 hari



No.	DESKRIPSI KEGIATAN	Quantity		KODE KEGIATAN	DURASI (D)	Produktifitas Harian (A)	Produktifitas per jam (B)	JML Jam Kerja (n)	Productifitas Setelah Crash					Waktu Penyelesaian (hari)	Waktu akselerasi (hari)	Total Waktu Akselerasi (hari)	
		Order (QO)	Unit			A = Bobot Pekerjaan/D	B=A/7		n x B	Koef X producc/jam	(n x B) + durasi crashing x koef penurunan						
											koef 0,1	Koef 0,2	Koef 0,3				Koef 0,4
1	Pekerjaan persiapan tanah	192.6	m²	A	4	48.15	6.878571429	7	48.15	11.00571429	48.83785714	50.90142857	54.34071429	59.15571429	3.255813953	3	1
2	Mobilisasi material dan alat	5	trip	B	4	1.25	0.178571429	7	1.25	0.285714286	1.267857143	1.321428571	1.410714286	1.535714286	3.255813953	3	1
3	Pembongkaran konkrete lama	11.69	m³	C	14	0.835	0.119285714	7	0.835	0.190857143	0.846928571	0.882714286	0.942357143	1.025857143	11.39534884	12	2
10	Supply and install brick wall for form work	63.07	m²	J	7	9.01	1.287142857	7	9.01	2.059428571	9.138714286	9.524857143	10.16842857	11.06942857	5.697674419	6	1
11	Supply and install rebar D13 as drawing attached	2753	kg	K	8	344.125	49.16071429	7	344.125	78.65714286	349.0410714	363.7892857	388.3696429	422.7821429	6.511627907	7	1
15	Supply and install brick wall for form work	13.39	m²	O	7	1.912857143	0.273265306	7	1.912857143	0.43722449	1.940183673	2.022163265	2.158795918	2.350081633	5.697674419	6	1
16	Supply and install rebar D13 as drawing attached	1086.87	kg	P	8	135.85875	19.40839286	7	135.85875	31.05342857	137.7995893	143.6221071	153.3263036	166.9121786	6.511627907	7	1
17	Instal pembesian	15.14	m²	Q	6	2.523333333	0.36047619	7	2.523333333	0.576761905	2.559380952	2.66752381	2.847761905	3.100095238	4.88372093	5	1
18	Supply and install concrete K-250 readymix concrete	7.84	m³	R	28	0.28	0.04	7	0.28	0.064	0.284	0.296	0.316	0.344	22.79069767	23	5
22	Supply and install U-Ditch 20 cm	5	m	V	4	1.25	0.178571429	7	1.25	0.285714286	1.267857143	1.321428571	1.410714286	1.535714286	3.255813953	3	1
23	Supply and install concrete K-250 readymix concrete	5.93	m³	W	28	0.211785714	0.030255102	7	0.211785714	0.048408163	0.214811224	0.223887755	0.239015306	0.260193878	22.79069767	23	5
34	Pemasangan Pompa FYBROC 1500 2X3X8-GROUP II, VR-1A, EXTERNAL	1	unit	AH	50	0.02	0.002857143	7	0.02	0.004571429	0.020285714	0.021142857	0.022571429	0.024571429	40.69767442	50	0
35	Pemasangan Pompa Submersible pump Tsurumi 50UA2.75-73 2"	1	Unit	AI	15	0.066666667	0.00952381	7	0.066666667	0.015238095	0.067619048	0.07047619	0.075238095	0.081904762	12.20930233	15	0
52	Pekerjaan Install Floating switch +accessories include	1	set	AZ	4	0.25	0.035714286	7	0.25	0.057142857	0.253571429	0.264285714	0.282142857	0.307142857	3.255813953	3	1
53	Pekerjaan Install Power Cable, Type: NYY, Size: 3x2.5mm², P, N, G SNI colouring (selenoid)	10	m	AAA	3	3.333333333	0.476190476	7	3.333333333	0.761904762	3.380952381	3.523809524	3.761904762	4.095238095	2.441860465	3	0
54	Pekerjaan Pengelesan Submersible Pump	1	lot	AAB	2	0.5	0.071428571	7	0.5	0.114285714	0.507142857	0.528571429	0.564285714	0.614285714	1.627906977	2	0
55	Joint Inspection/ Final Inspection	1	lot	AAC	2	0.5	0.071428571	7	0.5	0.114285714	0.507142857	0.528571429	0.564285714	0.614285714	1.627906977	2	0
56	Mob demob & Pembersihan Area	1	lot	AAD	2	0.5	0.071428571	7	0.5	0.114285714	0.507142857	0.528571429	0.564285714	0.614285714	1.627906977	2	0
																Total crashing	21

Tabel 4. 7 Hasil Perhitungan Crasing Durasi

No.	DESKRIPSI KEGIATAN	Quantity		KODE KEGIATAN	Waktu normal (hari)	Waktu akselerasi (hari)	Total waktu akselerasi (hari)
		Order	Unit				
1	Pekerjaan persiapan tanah	192.6	m ²	A	4	3	1
2	Mobilisasi material dan alat	5	trip	B	4	3	1
3	Pembongkaran konkrete lama	11.69	m ³	C	14	12	2
10	Supply and install brick wall for form work	63.07	m ²	J	7	6	1
11	Supply and install rebar D13 as drawing attached	2753	kg	K	8	7	1
15	Supply and install brick wall for form work	13.39	m ²	O	7	6	1
16	Supply and install rebar D13 as drawing attached	1086.87	kg	P	8	7	1
17	Install pembesian	15.14	m ²	Q	6	5	1
18	Supply and install concrete K-250 readymix concrete	7.84	m ³	R	28	23	5
22	Supply and install U-Ditch 20 cm	5	m	V	4	3	1
23	Supply and install concrete K-250 readymix concrete	5.93	m ³	W	28	23	5
52	Pekerjaan Install Floating switch +accessories include	1	set	AZ	4	3	1
53	Pekerjaan Install Power Cable, Type: NYY, Size: 3x2.5mm ² , P, N, G SNI colouring (solenoid)	10	m	AAA	3	3	0
54	Pekerjaan Pengetesan Submersible Pump	1	lot	AAB	2	2	0
55	Joint Inspection/ Final Inspection	1	lot	AAC	2	2	0
56	Mob demob & Pembersihan Area	1	lot	AAD	2	2	0
TOTAL WAKTU AKSELERASI							21

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Crashing Durasi

Perhitungan Crash Cost

1. Pekerjaan A

Menghitung upah kerja perhari normal

$$= \frac{\text{harga total upah kerja}}{\text{waktu penyelesaian kegiatan normal}}$$

$$= \frac{3226050}{4} = 806.512,50$$

Menghitung upah kerja per jam normal

$$= \frac{806.512,50}{8} = 100.814$$

Menghitung upah lembur untuk 1 hari

$$= 4 (2 \times \text{upah sejam})$$

$$= 4 (2 \times 100.814)$$

$$= 806.513$$

Menghitung upah crash cost pekerja per hari

$$= (8 \times \text{Upah kerja perjam normal}) + \text{Upah kerja Lembur}$$

$$= (7 \times 100.814) + 806.513$$

$$= 1,613,025$$

Menghitung crash cost total

$$= \text{Crash cost pekerja perhari} \times \text{crash duration}$$

$$= 1,613,025 \times 3$$

$$= \text{Rp. 4.839.075}$$

2. Pekerjaan B

Menghitung upah kerja perhari normal

$$= \frac{\text{harga total upah kerja}}{\text{waktu penyelesaian kegiatan normal}}$$

$$= \frac{15.000.000}{4} = 3.750.000$$

Menghitung upah kerja per jam normal

$$= \frac{15.000.000}{8} = 468.750$$

Menghitung upah lembur untuk 1 hari

$$= 4 (2 \times \text{upah sejam})$$

$$= 4 (2 \times 468.750)$$

$$= 3.750.000$$

Menghitung upah crash cost pekerja per hari

$$= (8 \times \text{Upah kerja perjam normal}) + \text{Upah kerja Lembur}$$

$$= (8 \times 468.750) + 3.750.000$$

$$= 7.500.000$$

Menghitung crash cost total

$$= \text{Crash cost pekerja perhari} \times \text{crash duration}$$

$$= 7.500.000 \times 3$$

$$= \text{Rp. 22.500.000}$$

3. Pekerjaan C

Menghitung upah kerja perhari normal

$$= \frac{\text{harga total upah kerja}}{\text{waktu penyelesaian kegiatan normal}}$$

$$= \frac{14612500}{14} = 1.043.750$$

Menghitung upah kerja per jam normal

$$= \frac{1.043.750}{8} = 130.468,75$$

Menghitung upah lembur untuk 1 hari

$$= 4 (2 \times \text{upah sejam})$$

$$= 4 (2 \times 130.468,75)$$

$$= 1.043.750$$

Menghitung upah crash cost pekerja per hari

$$= (8 \times \text{Upah kerja perjam normal}) + \text{Upah kerja Lembur}$$

$$= (8 \times 130.468,75) + 1.043.750$$

$$= 2.087.500$$

Menghitung crash cost total

$$= 2.087.500 \times 12$$

$$= 25.050.000$$

4. Pekerjaan J

Menghitung upah kerja perhari normal

$$= \frac{\text{harga total upah kerja}}{\text{waktu penyelesaian kegiatan normal}}$$

$$= \frac{22894410}{7} = 3.270.630$$

Menghitung upah kerja per jam normal

$$= \frac{3.270.630}{8} = 408.828,75$$

Menghitung upah lembur untuk 1 hari

$$= 4 (2 \times \text{upah sejam})$$

$$= 4 (2 \times 408.828,75)$$

$$= 3.270.630$$

Menghitung upah crash cost pekerja per hari

$$= (8 \times \text{Upah kerja perjam normal}) + \text{Upah kerja Lembur}$$

$$= (8 \times 408.828,75) + 3.270.630$$

$$= 6.541.260$$

Menghitung crash cost total

$$= 6.541.260 \times 6$$

$$= 39.247.560$$

5. Pekerjaan K

Menghitung upah kerja perhari normal

$$= \frac{\text{harga total upah kerja}}{\text{waktu penyelesaian kegiatan normal}}$$

$$= \frac{53.050.310}{8} = 6.631.288$$

Menghitung upah kerja per jam normal

$$= \frac{6.631.288}{8} = 828.911,09$$

Menghitung upah lembur untuk 1 hari

$$= 4 (2 \times \text{upah sejam})$$

$$= 4 (2 \times 828.911,09)$$

$$= 6.631.289$$

Menghitung upah crash cost pekerja per hari

$$\begin{aligned}
&= (8 \times \text{Upah kerja perjam normal}) + \text{Upah kerja Lembur} \\
&= (8 \times 828.911,09) + 6.631.289 \\
&= 13.262.578 \\
&\text{Menghitung crash cost total} \\
&= 13.262.578 \times 7 \\
&= 92.838.043
\end{aligned}$$

6. Pekerjaan O

Menghitung upah kerja perhari normal

$$\begin{aligned}
&= \frac{\text{harga total upah kerja}}{\text{waktu penyelesaian kegiatan normal}} \\
&= \frac{4.880.570}{7} = 694.367,14
\end{aligned}$$

Menghitung upah kerja per jam normal

$$= \frac{694.367,14}{8} = 86.795,89$$

Menghitung upah lembur untuk 1 hari

$$\begin{aligned}
&= 4 (2 \times \text{upah sejam}) \\
&= 4 (2 \times 86.795,89) \\
&= 694.387
\end{aligned}$$

Menghitung upah crash cost pekerja per hari

$$\begin{aligned}
&= (8 \times \text{Upah kerja perjam normal}) + \text{Upah kerja Lembur} \\
&= (8 \times 86.795,89) + 694.387 \\
&= 1.388.374
\end{aligned}$$

Menghitung crash cost total

$$\begin{aligned}
&= 1.388.374 \times 6 \\
&= 92.838.043
\end{aligned}$$

7. Pekerjaan P

Menghitung upah kerja perhari normal

$$\begin{aligned}
&= \frac{\text{harga total upah kerja}}{\text{waktu penyelesaian kegiatan normal}} \\
&= \frac{20.943.985}{8} = 2.617.998
\end{aligned}$$

Menghitung upah kerja per jam normal

$$= \frac{2.617.998}{8} = 327.249,76$$

Menghitung upah lembur untuk 1 hari

$$= 4 (2 \times \text{upah sejam})$$

$$= 4 (2 \times 327.249,76)$$

$$= 2.617.998$$

Menghitung upah crash cost pekerja per hari

$$= (8 \times \text{Upah kerja perjam normal}) + \text{Upah kerja Lembur}$$

$$= (8 \times 327.249,76) + 2.617.998$$

$$= 5.235.996$$

Menghitung crash cost total

$$= 5.235.996 \times 7$$

$$= 36.651.974$$

8. Pekerjaan Q

Menghitung upah kerja perhari normal

$$= \frac{\text{harga total upah kerja}}{\text{waktu penyelesaian kegiatan normal}}$$

$$= \frac{3.981.820}{6} = 663.636,67$$

Menghitung upah kerja per jam normal

$$= \frac{663.636,67}{8} = 82.954,58$$

Menghitung upah lembur untuk 1 hari

$$= 4 (2 \times \text{upah sejam})$$

$$= 4 (2 \times 82.954,58)$$

$$= 663.637$$

Menghitung upah crash cost pekerja per hari

$$= (8 \times \text{Upah kerja perjam normal}) + \text{Upah kerja Lembur}$$

$$= (8 \times 82.954,58) + 663.637$$

$$= 1.327.273$$

Menghitung crash cost total

$$= 1.327.273 \times 5$$

$$= 6.636.367$$

9. Pekerjaan R

Menghitung upah kerja perhari normal

$$= \frac{\text{harga total upah kerja}}{\text{waktu penyelesaian kegiatan normal}}$$

$$= \frac{11.626.720}{28} = 415.240$$

Menghitung upah kerja per jam normal

$$= \frac{415.240}{8} = 51.905$$

Menghitung upah lembur untuk 1 hari

$$= 4 (2 \times \text{upah sejam})$$

$$= 4 (2 \times 51.905)$$

$$= 415.240$$

Menghitung upah crash cost pekerja per hari

$$= (8 \times \text{Upah kerja perjam normal}) + \text{Upah kerja Lembur}$$

$$= (8 \times 51.905) + 415.240$$

$$= 830.480$$

Menghitung crash cost total

$$= 830.480 \times 23$$

$$= 19.101.040$$

10. Pekerjaan V

Menghitung upah kerja perhari normal

$$= \frac{\text{harga total upah kerja}}{\text{waktu penyelesaian kegiatan normal}}$$

$$= \frac{1.205.000}{4} = 301.250$$

Menghitung upah kerja per jam normal

$$= \frac{301.250}{8} = 37.656$$

Menghitung upah lembur untuk 1 hari

$$= 4 (2 \times \text{upah sejam})$$

$$= 4 (2 \times 37.656)$$

$$= 301.250$$

Menghitung upah crash cost pekerja per hari

$$= (8 \times \text{Upah kerja perjam normal}) + \text{Upah kerja Lembur}$$

$$= (8 \times 37.656) + 301.250$$

$$= 602.500$$

Menghitung crash cost total

$$= 602.500 \times 3.5$$

$$= 2.108.750$$

11. Pekerjaan W

Menghitung upah kerja perhari normal

$$= \frac{\text{harga total upah kerja}}{\text{waktu penyelesaian kegiatan normal}}$$

$$= \frac{8.794.190}{28} = 314.078,21$$

Menghitung upah kerja per jam normal

$$= \frac{314.078,21}{8} = 39.259,78$$

Menghitung upah lembur untuk 1 hari

$$= 4 (2 \times \text{upah sejam})$$

$$= 4 (2 \times 39.259,78)$$

$$= 314.078$$

Menghitung upah crash cost pekerja per hari

$$= (8 \times \text{Upah kerja perjam normal}) + \text{Upah kerja Lembur}$$

$$= (8 \times 39.259,78) + 314.078$$

$$= 628.156$$

Menghitung crash cost total

$$= 628.156 \times 23$$

$$= 14.447.598$$

12. Pekerjaan AZ

Menghitung upah kerja perhari normal

$$= \frac{\text{harga total upah kerja}}{\text{waktu penyelesaian kegiatan normal}}$$

$$= \frac{10.237.500}{4} = 2.559.375$$

Menghitung upah kerja per jam normal

$$= \frac{2.559.375}{8} = 319.921,88$$

Menghitung upah lembur untuk 1 hari

$$= 4 (2 \times \text{upah sejam})$$

$$= 4 (2 \times 319.921,88)$$

$$= 2.559.375$$

Menghitung upah crash cost pekerja per hari

$$= (8 \times \text{Upah kerja perjam normal}) + \text{Upah kerja Lembur}$$

$$= (8 \times 319.921,88) + 2.559.375$$

$$= 5.118.750$$

Menghitung crash cost total

$$= 5.118.750 \times 3.5$$

$$= 17.915.625$$

13. Pekerjaan AAA

Menghitung upah kerja perhari normal

$$= \frac{\text{harga total upah kerja}}{\text{waktu penyelesaian kegiatan normal}}$$

$$= \frac{310.000}{3} = 103.333$$

Menghitung upah kerja per jam normal

$$= \frac{103.333}{8} = 12.916,67$$

Menghitung upah lembur untuk 1 hari

$$= 4 (2 \times \text{upah sejam})$$

$$= 4 (2 \times 12.916,67)$$

$$= 103.333$$

Menghitung upah crash cost pekerja per hari

$$= (8 \times \text{Upah kerja perjam normal}) + \text{Upah kerja Lembur}$$

$$= (8 \times 12.916,67) + 103.333$$

$$= 206.667$$

Menghitung crash cost total

$$= 206.667 \times 2.5$$

$$= 516.667$$

14. Pekerjaan AAA

Menghitung upah kerja perhari normal

$$= \frac{\text{harga total upah kerja}}{\text{waktu penyelesaian kegiatan normal}}$$

$$= \frac{310.000}{3} = 103.333$$

Menghitung upah kerja per jam normal

$$= \frac{103.333}{8} = 12.916,67$$

Menghitung upah lembur untuk 1 hari

$$= 4 (2 \times \text{upah sejam})$$

$$= 4 (2 \times 12.916,67)$$

$$= 103.333$$

Menghitung upah crash cost pekerja per hari

$$= (8 \times \text{Upah kerja perjam normal}) + \text{Upah kerja Lembur}$$

$$= (8 \times 12.916,67) + 103.333$$

$$= 206.667$$

Menghitung crash cost total

$$= 206.667 \times 2.5$$

$$= 516.667$$

15. Kegiatan AAB, AAC, AAD Tidak ada biaya karena hanya termasuk kegiatan administrasi

PERHITUNGAN COST SLOPE

$$\text{Biaya Dipercepat} - \text{Biaya Normal}$$

$$\text{Cost slope} = \frac{\text{Biaya Dipercepat} - \text{Biaya Normal}}{\text{Waktu Normal} - \text{Waktu dipercepat}}$$

Skenario 1 Perhitungan Cost Slope semua kegiatan dilintasan Kritis dapat dilihat hasilnya pada Tabel di bawah ini.

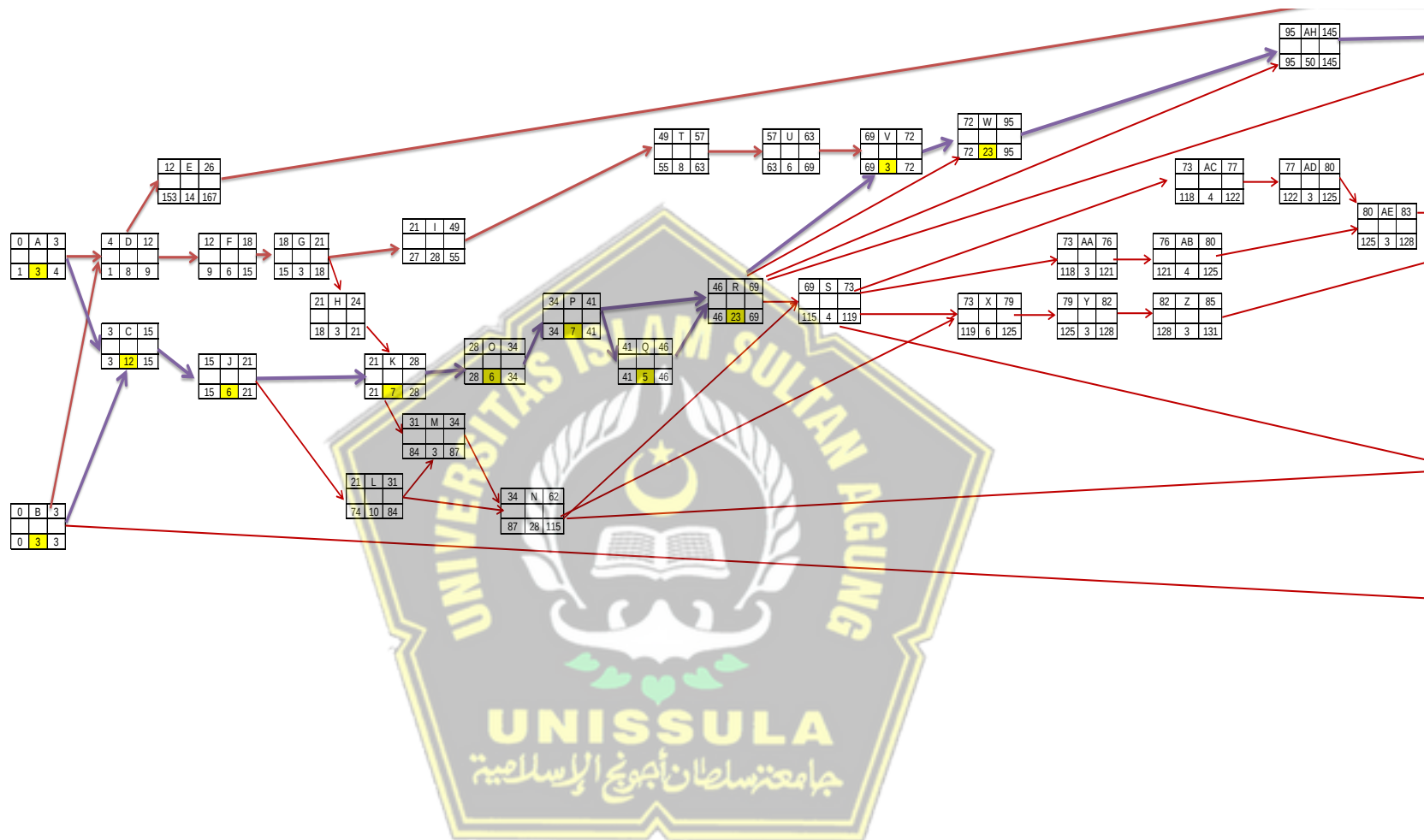
No.	DESKRIPSI KEGIATAN	Quantity		KODE KEGIATAN	Waktu normal (hari)	Waktu akselerasi (hari)	Total waktu akselerasi (hari)	Biaya Normal (Rp)	Biaya Normal per hari (Rp)	Biaya Normal upah kerja per jam (Rp)	Upah Lembur per hari (Rp)	Upah Crash Cost per hari	Total Crash Cost (Rp)	Biaya akselerasi (Rp)
		Order	Unit											
1	Pekerjaan persiapan tanah	192.6	m ²	A	4	3	1	3,226,050	806,512.50	100,814.06	806,513	1,613,025	4,839,075	1,613,025.00
2	Mobilisasi material dan alat	5	trip	B	4	3	1	15,000,000	3,750,000.00	468,750.00	3,750,000	7,500,000	22,500,000	7,500,000.00
3	Pembongkaran konkrete lama	11.69	m ³	C	14	12	2	14,612,500	1,043,750.00	130,468.75	1,043,750	2,087,500	25,050,000	10,437,500.00
10	Supply and install brick wall for form work	63.07	m ²	J	7	6	1	22,894,410	3,270,630.00	408,828.75	3,270,630	6,541,260	39,247,560	16,353,150.00
11	Supply and install rebar D13 as drawing attached	2753	kg	K	8	7	1	53,050,310	6,631,288.75	828,911.09	6,631,289	13,262,578	92,838,043	39,787,732.50
15	Supply and install brick wall for form work	13.39	m ²	O	7	6	1	4,860,570	694,367.14	86,795.89	694,367	1,388,734	8,332,406	3,471,835.71
16	Supply and install rebar D13 as drawing attached	1086.87	kg	P	8	7	1	20,943,985	2,617,998.11	327,249.76	2,617,998	5,235,996	36,651,974	15,707,988.68
17	Install pembesian	15.14	m ²	Q	6	5	1	3,981,820	663,636.67	82,954.58	663,637	1,327,273	6,636,367	2,654,546.67
18	Supply and install concrete K-250 readymix concrete	7.84	m ³	R	28	23	5	11,626,720	415,240.00	51,905.00	415,240	830,480	19,101,040	7,474,320.00
22	Supply and install U-Ditch 20 cm	5	m	V	4	3	1	1,205,000	301,250.00	37,656.25	301,250	602,500	1,807,500	602,500.00
23	Supply and install concrete K-250 readymix concrete	5.93	m ³	W	28	23	5	8,794,190	314,078.21	39,259.78	314,078	628,156	14,447,598	5,653,407.86
52	Pekerjaan Install Floating switch +accessories include	1	set	AZ	4	3	1	10,237,500	2,559,375.00	319,921.88	2,559,375	5,118,750	15,356,250	5,118,750.00
53	Pekerjaan Install Power Cable, Type: NYY, Size: 3x2.5mm ² , P, N, G SNI colouring (selenoid)	10	m	AAA	3	3	0	310,000	103,333.33	12,916.67	103,333	206,667	620,000	310,000.00
54	Pekerjaan Pengetesan Submersible Pump	1	lot	AAB	2	2	0	-	-	-	-	-	-	-
55	Joint Inspection/ Final Inspection	1	lot	AAC	2	2	0	-	-	-	-	-	-	-
56	Mob demob & Pembersihan Area	1	lot	AAD	2	2	0	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL WAKTU AKSELERASI							21							-
TOTAL BIAYA NORMAL & AKSELERASI								170,743,055						116,684,756

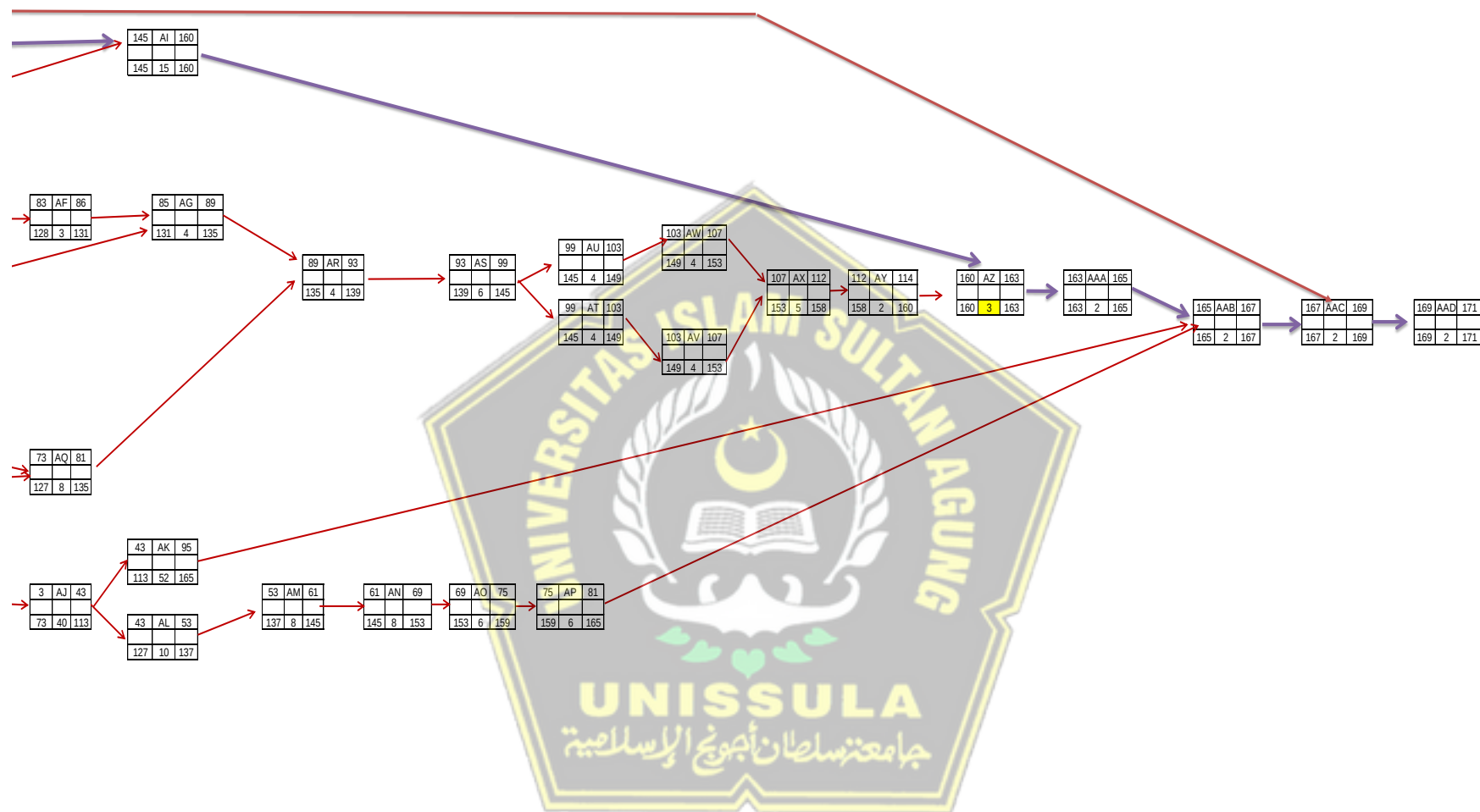
Tabel 4. 8 Skenario 1 Perhitungan Waktu & Biaya Jalur Kritis

Skenario 2

No.	DESKRIPSI KEGIATAN	Quantity		KODE KEGIATAN	Waktu normal	Waktu akselerasi	Total waktu akselerasi	Biaya Normal	Biaya Normal per hari	Biaya Normal upah kerja per jam	Upah Lembur per hari	Upah Crash Cost per hari	Biaya Akselerasi	Total Biaya Akselerasi
		Order	Unit											
1	Pekerjaan persiapan tanah	192.6	m ²	A	4	3	1	3,226,050	806,512.50	100,814.06	806,513	1,613,025	4,839,075	1,613,025.00
2	Mobilisasi material dan alat	5	trip	B	4	3	1	15,000,000	3,750,000.00	468,750.00	3,750,000	7,500,000	22,500,000	7,500,000.00
3	Pembongkaran konkrete lama	11.69	m ³	C	14	12	2	14,612,500	1,043,750.00	130,468.75	1,043,750	2,087,500	25,050,000	10,437,500.00
4	Supply and install brick wall for form work	63.07	m ²	J	7	6	1	22,894,410	3,270,630.00	408,828.75	3,270,630	6,541,260	39,247,560	16,353,150.00
5	Supply and install rebar D13 as drawing attached	2753	kg	K	8	8	0	53,050,310	6,631,288.75	828,911.09	6,631,289	13,262,578	106,100,620	
6	Supply and install brick wall for form work	13.39	m ²	O	7	7	0	4,860,570	694,367.14	86,795.89	694,367	1,388,734	9,721,140	
7	Supply and install rebar D13 as drawing attached	1086.87	kg	P	8	8	0	20,943,985	2,617,998.11	327,249.76	2,617,998	5,235,996	41,887,970	
8	Install pembesian	15.14	m ²	Q	6	6	0	3,981,820	663,636.67	82,954.58	663,637	1,327,273	7,963,640	
9	Supply and install concrete K-250 readymix concrete	7.84	m ³	R	28	23	5	11,626,720	415,240.00	51,905.00	415,240	830,480	19,101,040	7,474,320.00
10	Supply and install U-Ditch 20 cm	5	m	V	4	3	1	1,205,000	301,250.00	37,656.25	301,250	602,500	1,807,500	602,500.00
11	Supply and install concrete K-250 readymix concrete	5.93	m ³	W	28	23	5	8,794,190	314,078.21	39,259.78	314,078	628,156	14,447,598	5,653,407.86
12	Pekerjaan Install Floating switch +accessories include	1	set	AZ	4	3	1	10,237,500	2,559,375.00	319,921.88	2,559,375	5,118,750	15,356,250	5,118,750.00
13	Pekerjaan Install Power Cable, Type: NYY, Size: 3x2.5mm ² , P, N, G SNI colouring (selenoid)	10	m	AAA	3	3	0	310,000	103,333.33	12,916.67	103,333	206,667	620,000	
14	Pekerjaan Pengetesan Submersible Pump	1	lot	AAB	2	2	0	-	-	-	-	-	-	-
15	Joint Inspection/ Final Inspection	1	lot	AAC	2	2	0	-	-	-	-	-	-	-
16	Mob demob & Pembersihan Area	1	lot	AAD	2	2	0	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL WAKTU AKSELERASI							17							
TOTAL BIAYA NORMAL								170,743,055						
TOTAL BIAYA AKSELERASI														54,752,653

Tabel 4. 9 Skenario 2 Perhitungan Waktu & Biaya Crashing Jalur Kritis





Gambar 4. 4 Jaringan Kerja setelah Crashing Skenario 1

4.3 Analisa dan Interpretasi

Setelah dilakukan teknik analisa Jaringan kerja melalui penetapan work breakdown structure, penjadwalan pekerjaan, melalui metode *Critical path* dan percepaatan maka dari table diatas diperoleh

Setelah dilakukan teknik analisa Jaringan kerja melalui penetapan work breakdown structure, penjadwalan pekerjaan, melalui metode *Critical path* dan percepaatan maka dari table diatas diperoleh

Skenario 1 Aktivitas dengan waktu percepatan total waktu 21 hari, sehingga :

1. Lama waktu aktivitas selesai akselerasi
 $= \text{waktu proyek awal} - \text{waktu akselerasi digunakan}$
 $= 192 \text{ hari} - 21 \text{ hari} = \mathbf{171 \text{ hari}}$
2. Biaya tambahan setelah akselerasi
 Total Biaya akselerasi = **Rp.116.684.756**
TOTAL BIAYA = Rp.1.670.417.564

Skenario 2 Aktivitas dengan waktu percepatan total waktu 17 hari, sehingga :

3. Lama waktu aktivitas selesai akselerasi
 $= \text{waktu proyek awal} - \text{waktu akselerasi digunakan}$
 $= 192 \text{ hari} - 17 \text{ hari} = \mathbf{175 \text{ hari}}$
4. Biaya tambahan setelah akselerasi
 Total Biaya akselerasi = **Rp.54.752.653**
TOTAL BIAYA = Rp.1.608.485.460

Data sebelum dilakukan Crashing Program

Nilai kontrak	: Rp.1.553.732.808 (Non PPN)
Tanggal Pekerjaan dimulai	: 31 Maret 2020
Tanggal Pekerjaan selesai	: 27 September 2020
Waktu pelaksanaan proyek selama	: 180 hari

Berdasarkan kontrak nilai keterlambatan pekerjaan :

= nilai total kontrak x 0.01 x jumlah hari keterlambatan

= Rp. 1.553.732.808 x 0,01 x 12

= Rp. 186.447.936

Jadi dengan ada nya percepatan 21 hari ada keuntungan

= Rp. 186.447.936 – Rp. 116.684.75

= Rp.69.763.180

4.4 Pembuktian Hipotesa

Hasil analisa perhitungan diatas membuktikan bahwa dengan melakukan penjadwalan jaringan kerja, mengetahui jalur kritis dari rangkaian komponen kegiatan proyek, dan melakukan percepatan waktu penyelesaian dengan memperpendek waktu penyelesaian proyek dan kenaikan biaya yang seminimal mungkin maka membuktikan bahwa manajemen proyek metode *Critical Path* dan *Crash Program* merupakan cara yang tepat sebagai evaluasi terhadap keterlambatan pelaksanaan proyek.



BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan pada proyek instalasi pompa submersible di area fly ash PT komipo Pembangkitan Jawa Bali dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Dengan mengevaluasi kegiatan proyek dengan metode CPM, maka dapat disimpulkan bahwa jalur kritis kegiatan proyek instalasi pompa submersible di area Fly ash adalah sebagai berikut :

A – B – C – J – K – O – P – Q – R – V – W – AH – AI – AZ – AAA – AAB – AAC – AAD

Pekerjaan persiapan tanah – mobilisasi material dan alat – pembongkaran konkrete lama - supply dan instal brick wall form work – supply and instal rebar D13 – supply dan instal brick wall form work – supply and instal rebar D13 - install pembesian - Supply and install concrete K-250 readymix concrete - Supply and install U-Ditch 20 cm - Supply and install concrete K-250 readymix concrete - Pemasangan Pompa FYBROC - Pemasangan Pompa Submersible – Pekerjaan Install Floating switch - Pekerjaan Install Power Cable - Pekerjaan Pengetesan Submersible Pump - Joint Inspection/ Final Inspection - Mob demob & Pembersihan Area

- b. Durasi waktu optimal dari proyek instalasi pompa submersible di area fly ash adalah 171 hari maju 21 hari dari waktu sebelum dilakukan percepatan yaitu 192 hari
- c. Perkiraan Total biaya kenaikan untuk proyek instalasi setelah dilakukan percepatan adalah sebesar : **Rp.116.684.756**

- d. Perbandingan waktu dan biaya sebelum dan sesudah dilakukan akselerasi
 = waktu proyek awal – waktu akselerasi digunakan
 = 192 hari – 21 hari = **171 hari**

Jadi Total waktu setelah percepatan 171 hari

Total waktu sebelum percepatan 192 hari

Biaya tambahan setelah akselerasi

Biaya akselerasi = **Rp.116.684.756**

Total biaya normal = Rp. Rp.1.553.732.808

TOTAL BIAYA setelah akselerasi = Rp.1.670.417.564

Berdasarkan kontrak nilai keterlambatan pekerjaan :

= nilai total kontrak x 0.01 x jumlah hari keterlambatan

= Rp. 1.553.732.808 x 0,01 x 12

= Rp. 186.447.936

Jadi dengan ada nya percepatan 21 hari ada keuntungan

= Rp. 186.447.936 – Rp. 116.684.75

= Rp.69.763.180

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas, saran yang bias di berikan aadalah sebagai berikut :

- Sebaiknya PT kalinyamat Perkasa dalam melaksanakan Proyek Instalasi Pompa *Submersible* di area *Fly Ash* PLTU TJB unit 3&4 mengacu atau menggunakan metode CPN , agar dapat tepat waktu, efektif dan efisien.
- PT. KPJB selaku pihak pengawas pelaksanaan proyek sebaik nya juga memperhitungkan waktu penyelesain proyek ini, sebab semakin cepat selesai proyek instalasi pompa *submersible* di area *fly ash*, maka pompa juga dapat

segera dioperasikan guna menunjang kebutuhan aktifitas pembersihan diarea tersebut sehingga tidak ada lagi ceceran *fly ash* yang ke laut

- c. Pihak kontraktor sebaiknya tidak hanya berfokus pada percepatan waktu penyelesaian saja, melainkan juga memperhatikan kelayakan peralatan dan keselamatan kerja.



DAFTAR PUSTAKA

- Dannyanti, E. (2010). (*Studi Kasus Twin Tower Building Pasca Sarjana Undip*). 10.
- Ekanugraha, A. R. (2016). *Evaluasi Pelaksanaan Proyek Dengan Metode CPM dan PERT*. 8.
- Iramutyn. (2010). Optimasi Waktu Dan Biaya Dengan Metode Crash Program (Studi Kasus : Proyek Pemeliharaan Gedung Dan Bangunan Rumah Sakit Orthopedic Prof. Dr. Soeharso Surakarta). *E-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL*.
- Laksana, A. W., Prasetyo, H. S., Wibowo, M. A., & Hidayat, A. (2014). Optimalisasi Waktu dan Biaya Proyek dengan Analisa Crash Program. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 3(3), 747–759.
- Nafiah, Fatmawati, & Nurwidiana. (2019). Perencanaan Proyek Konstruksi Pembangunan Gedung Kampus 3 UIN Walisongo Semarang dengan Metode Lean Project Management. *Prosiding Konferensi Ilmiah Mahasiswa UISSULA (KIMU)* 2, 244–254.
- Ningrum, F. G. A., Hartono, W., & Sugiyarto. (2017). Pengertian Metode Crashing Dalam Percepatan Durasi Proyek. *E-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL*, 3.
- Pelaksanaan, E., & Drainase, P. (2020). *Evaluasi Pelaksanaan...*, *Gunaedy* (1) , Irna Hendriyani (2) , Siti Nor Aida (3). 9(1), 44–52.
- Putra, R. G., Fatmawati, W., Eng, M., Hj, I., & Mas, E. (2020). *Analisa Waktu Dan Biaya Proyek Konstruksi Pembangunan Gedung Gudang Dan Kantor PT ABC Semarang Dengan Earned Value Analysis*. 101–126.
- Stefanus, Y., Wijatmiko, I., & Suryo, E. A. (2017). ANALISIS PERCEPATAN WAKTU PENYELESAIAN PROYEK MENGGUNAKAN METODE FAST-TRACK DAN CRASH PROGRAM Analysis Of Acceleration Time Of Project Solving Using Fast-Track And Crash Program Method. *Media Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Malang*, 15(1), 74–81.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Bill of Quantity

BILL OF QUANTITY Installation of Drainage Fly Ash Unit #34									
Item No.	Description	Calculation	Quantity						
			Order	Unit					
I Preparatory Work									
1	Stripping and soil preparation	2 x 28.65 x 2 + 6 x 13	192.60	m ²					
2	Mobilization of materials and equipment	2 + 2 + 1	5.00	trip					
3	Demolition of existing concrete	(9.2 - 3.53 + 0.39 x 10 + 0.3 x 0.2 x 3) x 1.2	11.69	m ³					
II Land Work									
1	Soil excavation	(2.1 : 2 x 0.45 x 54 + (8.4 x 3.3 + 11.4 x 6.3) : 2 x 2.45) x 1.2	176.94	m ³					
2	Backfilling soil	176.9 - 0.50 x 0.45 x 54 - 8.1 x 3 x 1.2	87.61	m ³					
3	Relocate soil to outside PLTU area	2.45 - 1.24 x 1.12 x 12.71	89.34	m ³					
4	Compacting soil	87.6 - 87.61	87.61	m ³					
III Civil Work									
1	Levelling Conc. K-175 site mix, thickness = 5 cm	0.05 x (0.6 x 54 + 3.1 x 8.2 + 1.34 x 12.71) x 1.2	4.49	m ²					
2	Supply and install U-Ditch 30 cm	27 x 2	54.00	m					
3	Supply and install Collecting Pit 250x550 cm	2.4 x 3 + 6 x 2 + 11.5 x 6 x 1.2	63.07	m ²					
-	Supply and install concrete K-250 ready mix concrete	(3 x 6 x 2.6 - 2.5 x 3.48 x 2 - 2.5 x 1.78 x 2 - 2.5 x 0.25 x 0.7 + 1.13 x 0.25 x 6) x 1.2	26.11	m ³					
-	Supply and install rebar D13 as drawing attached	Lantai D13-150 (4 x 41 x 2 + 7 x 21 x 2) x 1.04	646.88	m					
		D13-750 1.7 x 18 x 1.04	31.82						
		Dinding D13-150 (3.3 x 2 x (41 x 2 + 21 x 2) + 5 x 17.67 x 1.04	943.00						
		D13-200 ((7.2 + 6.7 + 4.2 + 3.7) x 11 + 4.2 x 2 x 8) x 1.04	319.28						
		Sayapan D13-150 3 x 5 x 2 x 6 x 1.04	187.20						
		D13-200 1.9 x 14 x 6 x 1.04	165.96						
			2294.17						
			2753.00	kg					
-	Supply and install water stop sika	6 x 2 + 3 x 3	21.00	m					
-	Install formwork	(2 x 5.5 x 2 + 2.5 x 2) + 1.3 x 2.5 x 2 x 1.2	46.20	m ²					
4	Supply and install Pump House	1.55 x (3 + 2.1 x 2) x 1.2	13.39	m ²					
-	Supply and install brick wall for form work	2.35 x 2.1 x 0.25 + 1.75 x (3 x 2.1 x 0.25	3.99						
-	Supply and install concrete K-250 ready mix concrete	Dinding 0.25	1.11						
		Lantai 0.3 x (2.5 x 1.85 - 1.3 x 0.7)	1.43						
		Pondasi Pompa 1.3 x 0.7 x 0.5 + 1.3 x 1.5 x 0.5	6.53	m ³					
		1.2	7.84	m ³					
-	Supply and install rebar D13 and Ø 16 as drawing attached	(2.7 x 2 x 15 + 2.5 x 2 x 35) x 1.04	266.24	m					
		D13-200 (3 x 2 x 9.00 x 2 + 4.2 x 2 x 9 + 2.7 x 2.00 x 9) x 1.04	241.49						
		Lantai D13-150 (3.35 x 2 x 15.00 + 2.75 x 2 x 21) x 1.04	224.64						
		Pondasi Pompa D13-150 (3.5 x 10 + 2.20 x 2 x 10 + 4.5 x 5 + 2 x 2.00 x 11) x 1.04	151.32						
		D13-200 2.4 x 2 x 3.00 x 1.04	14.98						
		Ø 16 1.5 x 3 x 1.57	7.07						
			905.73						
-	Install formwork	1.45 x 1.9 x 2 + 2.5 x 2 x 1.20	15.14	kg					
-	Supply and install joint filler 10 mm	0.3 x (1.3 x 2 + 0.7 x 2) x 1.20	1.44	m ²					
5	Supply and install Drainage 100 cm	(1.24 x 1.12 - 1 x 1 x 1) x 12.7 x 1.2	5.93	m ²					
-	Supply and install rebar D13 as drawing attached	D13-150 (3.4 + 1.5) x 85.667 x 1.04	436.56						
		D13-200 12.7 x 18.0 x 1.04	237.74						
			674.30						
-	Install formwork	(1.42 x 2 + 1 x 1 x 2) x 12.7 x 1.2	64.62	kg					
6	Supply and install U-Ditch 20 cm	2.5 x 5.5 x 1.2	15.50	m					
7	Install Rain Cover Collecting include support	(3.2 x 4 + 4 x 2 + 3 x 2) x 0.72 x 1.2	209.65	kg					
-	Supply and install pipe Ø 3", rebar 4 mm	(3.2 + 0.4 x 2 + 0.2 x 2) x 2 + (0.8 x 2) x 1.98 x 1.2	48.71	kg					
-	Supply and install plate 10 mm	0.15 x 0.15 x 4 x 81.007 x 1.2	8.75	kg					
-	Supply and install Gording CNP 75x5x150x3	6 x 7 x 3.25 x 1.2	163.80	kg					
-	Supply and install Anchor M12-300	4 x 4	16.00	pcs					
-	Supply and install bolt & nut M12	2 x 7	14.00	pcs					
-	Supply and install UPVC Alkrover	4 x 5	20.00	m ²					
IV Mechanical Work									
1	FYBROK 1500-2KXNB-GROUP II, VI-1A, EXTERNAL PULSUNG BIT, CARBIDE Centrifugal End Section Pump Size : 2x3x3 Suction : 3" (inch) Discharge : 2" (inch) Brand : Flybroc - USA Capacity : 40 m³/h Head : 50 m Impeller Dia. : 8" (inch) Fluid : Water + Fly Ash Temp. : 16 deg. C Seal : Double Mech. Seal Gane BIT (Carbide) External Flushing Pump Material : Fiberglass VR-1A Baseplate Material : Fiberglass VR-1 Shaft Material : SS-304 Seal Pump Elastomer : Viton Coupling Couard : Elbow standard Motor : 15kW 380V 3P 3000Rpm 50Hz 1055				1	1.00	unit		
2	Submersible pump Tsunami 500A2 75-73 2"				1	1.00	unit		
3	Supply and install pipe PVC-4" Rucika AW Included elbow, drain, ventiles and U-Bolt #				3 + 4 + 324 + 7 + 4 x 4 + 2 x 2	358.00	m		
4	Supply and install pipe stainless 1" SUS 304 included tee and elbow				6 x 8	48.00	m		
5	Supply and install Spray Nozzle 1/2" SUS 304 included tee and reducer				6	6.00	pcs		
6	Supply and install Ball valve 1" SUS 304 included accessories				3	3.00	pcs		
7	Supply and install solenoid valve 1" SUS 304 (diod model ZWB-25) included accessories				1	1.00	pcs		
8	Supply and install UNP 100/50 support				1.3 x 56.83 x 2 x 9.37 x 1.2	1660.90	kg		
9	Flexible pipe 2" included accessories				4	4.00	m		
10	Supply & install removable handrail Ø 1 1/4" SCH 40 include check 2" hot dip galvanized + painting by marine paint 300 micron yellow color as drawing attached				1.4 x (4 x 10 + 3 x 4) + 2.4 x 3 x 10 + 2.75 x 3 x 4	177.80	m		
11	Supply & install waterproofing / waterbars, equal with Sika joint ribbons at the joint existing concrete floor with wall concrete as drawing attached.				3 x 6 + 2 x (2.5 x 2 + 5.5 x 2) + 1.3 x 2.5 x 2	56.50	m²		
V Electrical Work									
1	Power Cable, mfg: Supreme or equal, Type: NYY, Size: 6x16 mm², SNI colouring 3P				25 + 50 + 15	90.00	m		
2	Power Cable, mfg: Supreme or equal, Type: NYY, Size: 6x16 mm², SNI colouring 3P				10	10.00	m		
3	Power Cable, mfg: Supreme or equal, Type: NYY, Size: 4x6 mm², SNI colouring 3P				10	10.00	m		
4	MCB, mfg: Schneider Electric or equal, 3P 60A				1	1.00	set		
5	MCB, mfg: Schneider Electric or equal, 3P 40A				1	1.00	set		
6	MCCB IP 65 (Included Certificate) wall mounted enclosure + control sump pump include wall mounting support include terminal box, wiring cable NYA, lamp indicator, accessories, DIN rail, etc.				1	1.00	set		
7	Conduit cable, hot dip galvanized steel, size 2 inch include union coupling, bushing, U-bolt, support for main source breaker to enclosure (sump pump & receptable) for enclosure to sump pump (2 x sump pump)				25 + 50 + 15	90.00	m		
8	Flexible conduit 2 in				1.5 x 4	6.00	m		
9	Floating switch accessories include: push button switch (start/stop), DC power supply (if needed), relay, magnetic contactor, indicator lamp, etc.				1	1.00	set		
10	Power Cable, mfg: Supreme or equal, Type: NYY, Size: 3x2.5 mm², R, N/G-SNI colouring (seleksi)				10	10.00	m		

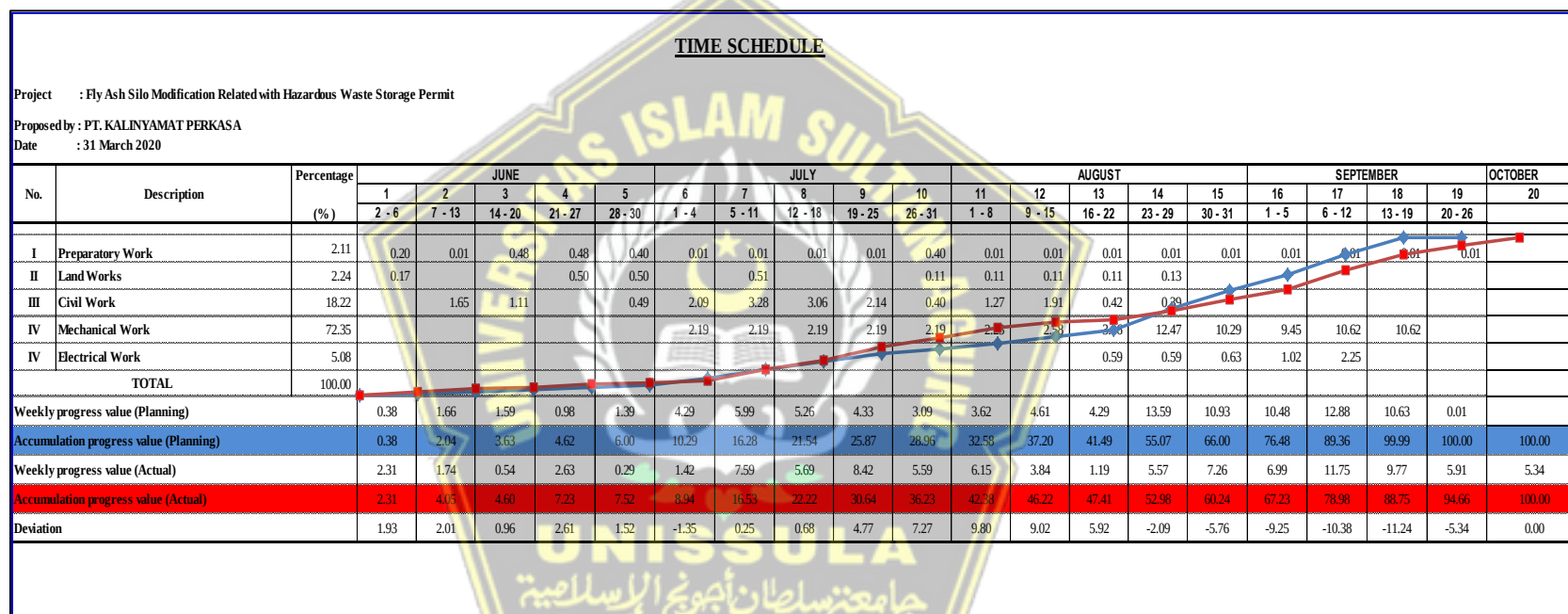
Lampiran 2 Rencana Anggaran Biaya Proyek Instalasi Pompa Submersible

ID	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	Apr '20	May '20	Jun '20	Jul '20	Aug '20	Sep '20	Oct '20
1	Pekerjaan persiapan tanah	4 days	Thu 4/2/20	Sun 4/5/20								
2	Mobilisasi material dan alat	4 days	Thu 4/2/20	Sun 4/5/20	1FF							
3	Pembongkaran konkrete lama	14 days	Sun 4/5/20	Sun 4/19/20	2							
4	Pekerjaan penggalian tanah	8 days	Sun 4/5/20	Mon 4/13/20	2							
5	Pekerjaan pengeluaran tanah dari PLTU	14 days	Mon 4/13/20	Sun 4/26/20	4							
6	Pekerjaan compacting tanah	6 days	Mon 4/13/20	Sun 4/19/20	4							
7	Pekerjaan Levelling Conc. K-175	3 days	Sun 4/19/20	Wed 4/22/20	6							
8	Pekerjaan pengisian kembali tanah	3 days	Wed 4/22/20	Sat 4/25/20	7							
9	Supply and install U-Ditch 30 cm, K-250 readymix concrete	28 days	Wed 4/22/20	Tue 5/19/20	6,7							
10	Supply and install brick wall for form work	7 days	Sun 4/19/20	Sun 4/26/20	3							
11	Supply and install rebar D13 as drawing attached	8 days	Sun 4/26/20	Sun 5/3/20	8,10							
12	Install formwork	10 days	Sun 5/3/20	Wed 5/13/20	10,11							
13	Supply and install water stop sika	3 days	Wed 5/13/20	Sat 5/16/20	11,12							
14	Supply and install concrete K-250 readymix concrete	28 days	Sat 5/16/20	Fri 6/12/20	12,13							
15	Supply and install brick wall for form work	7 days	Sun 5/3/20	Sun 5/10/20	11							
16	Supply and install rebar D13 as drawing attached	8 days	Sun 5/10/20	Mon 5/18/20	15							
17	Install formwork	6 days	Mon 5/18/20	Sun 5/24/20	16							
18	Supply and install concrete K-250 readymix concrete	28 days	Sun 5/24/20	Sat 6/20/20	16,17							
19	Supply and install joint filler 10 mm	4 days	Sat 6/20/20	Tue 6/23/20	14,18							
20	Supply and install rebar D13 as drawing attached	8 days	Wed 4/22/20	Wed 4/29/20	7							
21	Install formwork	6 days	Thu 4/30/20	Tue 5/5/20	20							
22	Supply and install concrete K-250 readymix concrete	28 days	Sat 6/20/20	Fri 7/17/20	18,21							
23	Supply and install U-Ditch 20 cm	4 days	Fri 7/17/20	Mon 7/20/20	18,22							
24	Installation Cover Collecting, support IWF 200X100 hot deep galvanized	6 days	Wed 6/24/20	Mon 6/29/20	14,19							
25	Supply and install Gording CNP 75x45x15x2.3	3 days	Mon 6/29/20	Thu 7/2/20	24							
26	Supply and install UPVC Alderon	3 days	Thu 7/2/20	Sun 7/5/20	25							
27	Supply and install pipe Ø 3 " , tebal 4 mm	3 days	Wed 6/24/20	Fri 6/26/20	19							
28	Supply and install pipe Ø 1 " , tebal 2,6 mm	4 days	Sat 6/27/20	Tue 6/30/20	27							
29	Supply and install plat 10 mm	4 days	Wed 6/24/20	Sat 6/27/20	19							
30	Supply and instal Gording CNP 75x45x15x2.3	3 days	Sat 6/27/20	Tue 6/30/20	29							
31	Supply and install Anchor M12-300	3 days	Tue 6/30/20	Fri 7/3/20	28,30							
32	Supply and install baut & nut M12	3 days	Fri 7/3/20	Mon 7/6/20	31							
33	Supply and install UPVC Alderon	4 days	Mon 7/6/20	Fri 7/10/20	26,32							
34	Pemasangan Pompa Fybroc 1500 VR-1A	50 days	Tue 7/21/20	Mon 9/7/20	18,23							
35	Pemasangan Pompa Submersible pump Tsurumi 50UA2.75-73 2 "	15 days	Mon 9/7/20	Mon 9/21/20	18,34							
36	Supply and install UNP 100x50 support	40 days	Sun 4/5/20	Thu 5/14/20	2							
37	Supply and install pipe PVC 4 " Rucika AW & U-Bold 4 "	52 days	Thu 5/14/20	Fri 7/3/20	36							
38	Supply and install pipe stainless 1 " SUS 304,tee & elbow	10 days	Thu 5/14/20	Sun 5/24/20	36							
39	Supply and install Spray Nozzle 1/2 " SUS 304,tee&reducer	8 days	Sun 5/24/20	Sun 5/31/20	38							
40	Supply and install Ball valve 1" SUS 304	8 days	Sun 5/31/20	Mon 6/8/20	39							
41	Supply and install solenoid valve 1" SUS 304	6 days	Mon 6/8/20	Sun 6/14/20	40							
42	Pekerjaan Flexible pipe 2"	6 days	Mon 6/8/20	Sun 6/14/20	40							
43	Supply & install removable handrail Ø 1 1/4 " SCH 40 & painting	8 days	Fri 6/12/20	Sat 6/20/20	14							
44	Supply & install waterproofing / waterbars, Sika joint ribbons	4 days	Fri 7/10/20	Tue 7/14/20	33,43							
45	Pekerjaan Install Conduit cable, hot dipp galvanized steel, size: 2"	6 days	Tue 7/14/20	Sun 7/19/20	44							
46	Pekerjaan install Power Cable, Type: NYY, Size: 5x16 mm², SNI colouring 3P	4 days	Mon 7/20/20	Thu 7/23/20	45							
47	Pekerjaan Install Power Cable,Type: NYY, Size: 4x6 mm², SNI colouring 3P	4 days	Fri 7/24/20	Mon 7/27/20	46							
48	Pekerjaan install MCB, 3P 60A	4 days	Fri 7/24/20	Mon 7/27/20	46							
49	Pekerjaan Install MCB, 3P 6A	4 days	Mon 7/27/20	Fri 7/31/20	47							
50	Pekerjaan Install MCC IP 65, terminal box, wiring cable NYA, lamp indicator	5 days	Fri 7/31/20	Wed 8/5/20	48,49							

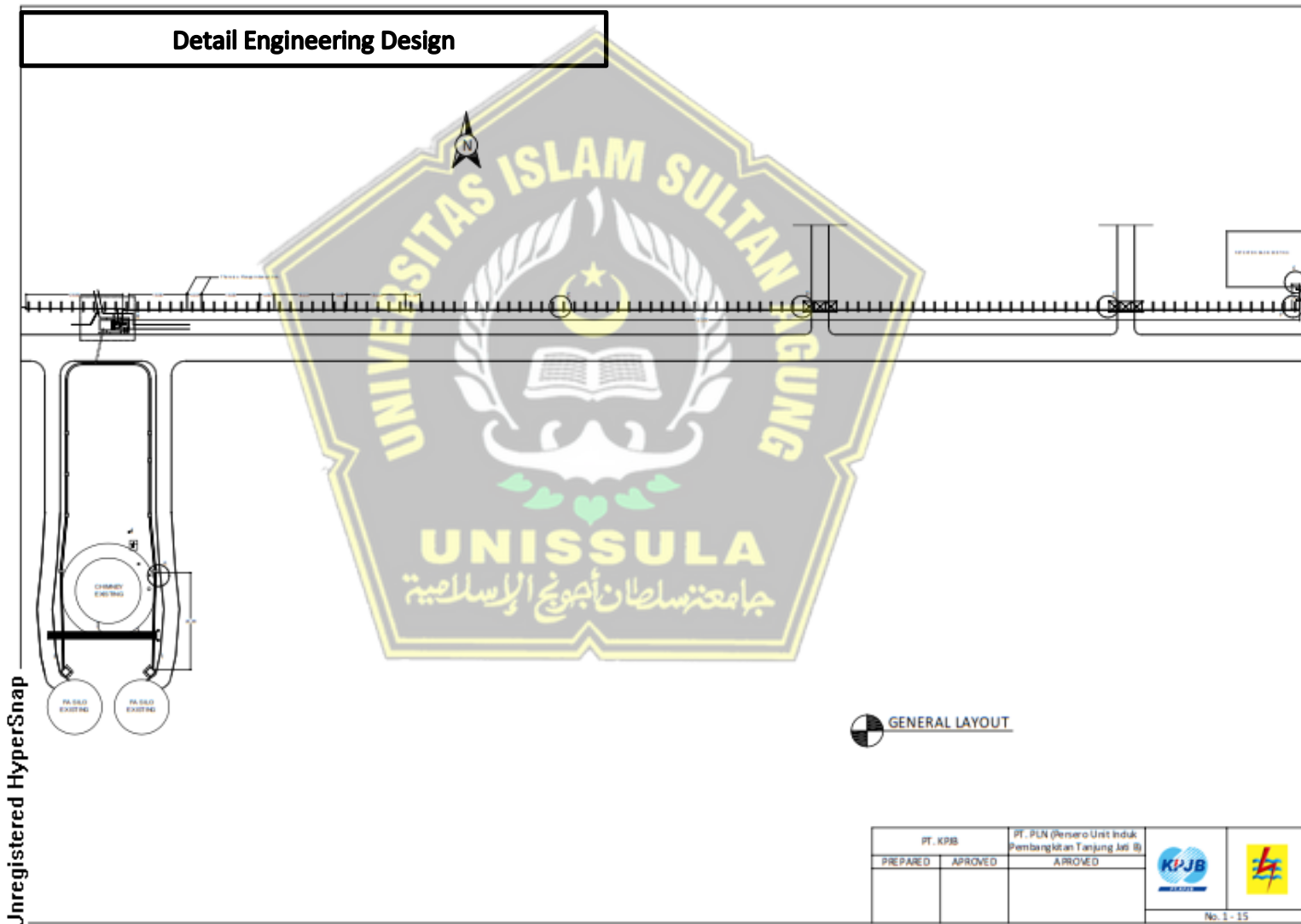
D	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	Apr '20	May '20	Jun '20	Jul '20	Aug '20	Sep '20	Oct '20
49	Pekerjaan Install MCB, 3P 6A	4 days	Mon 7/27/20	Fri 7/31/20	47							
50	Pekerjaan Install MCCIP 65, terminal box, wiring cable NYA, lamp indicator	5 days	Fri 7/31/20	Wed 8/5/20	48,49							
51	Pekerjaan Install Flexible conduit 2 in	2 days	Wed 8/5/20	Fri 8/7/20	50							
52	Pekerjaan Install Floating switchrelay, magnetic contactor, indicator lamp	4 days	Mon 9/21/20	Fri 9/25/20	35,51							
53	Pekerjaan Install Power Cable, Type: NYV, Size:3x2.5mm ² ,	3 days	Fri 9/25/20	Mon 9/28/20	52							
54	Pekerjaan Pengetesan Submersible Pump	2 days	Mon 9/28/20	Wed 9/30/20	37,42,53							
55	Joint Inspection/ Final Inspection	2 days	Wed 9/30/20	Fri 10/2/20	5,54							
56	Mob demob & Pembersihan Area	2 days	Fri 10/2/20	Sun 10/4/20	55							



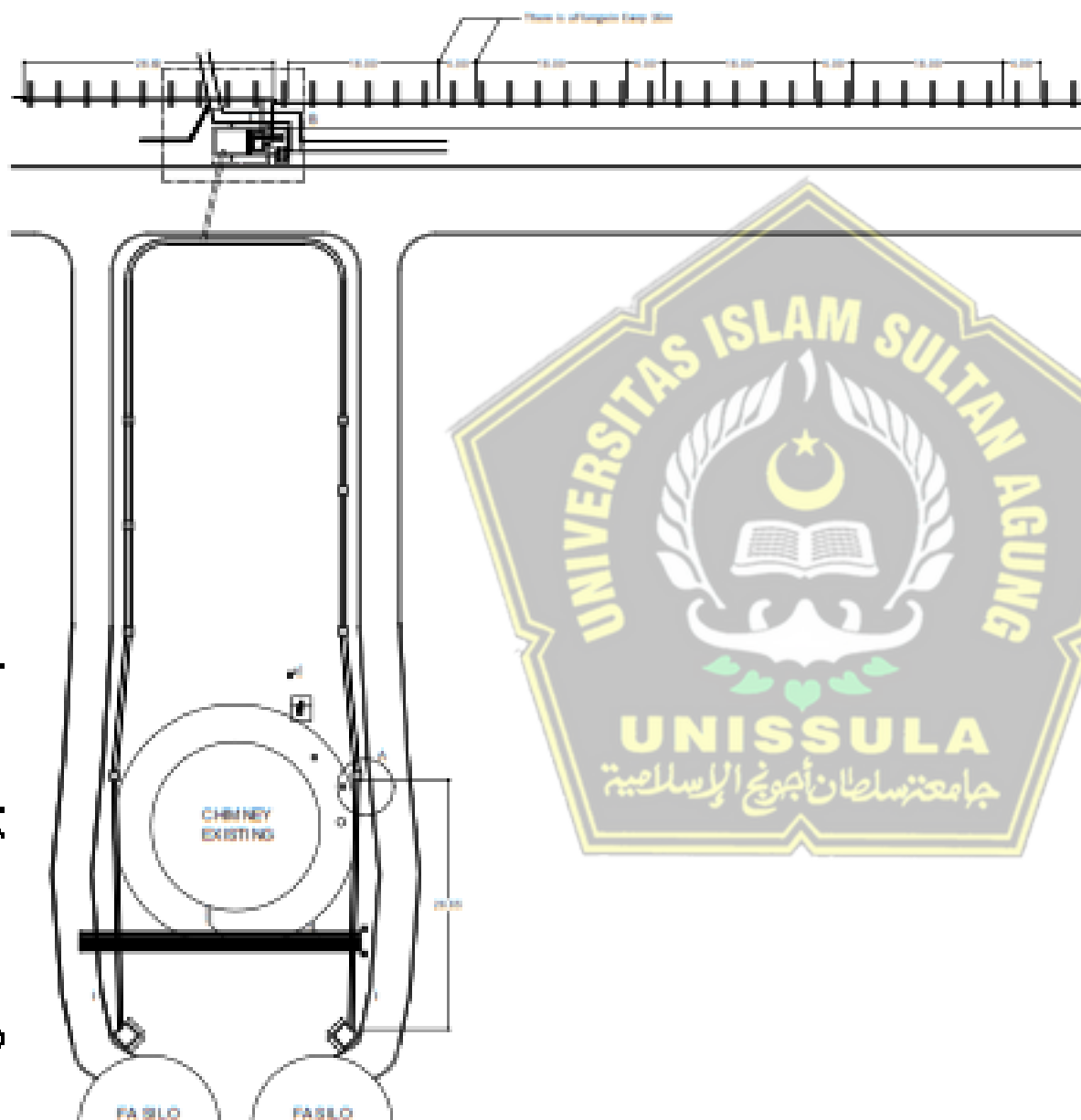
Lampiran 3 Jadwal Perencanaan – Kurva S



Lampiran 4 Detail Engineering Design



Detail Engineering Design

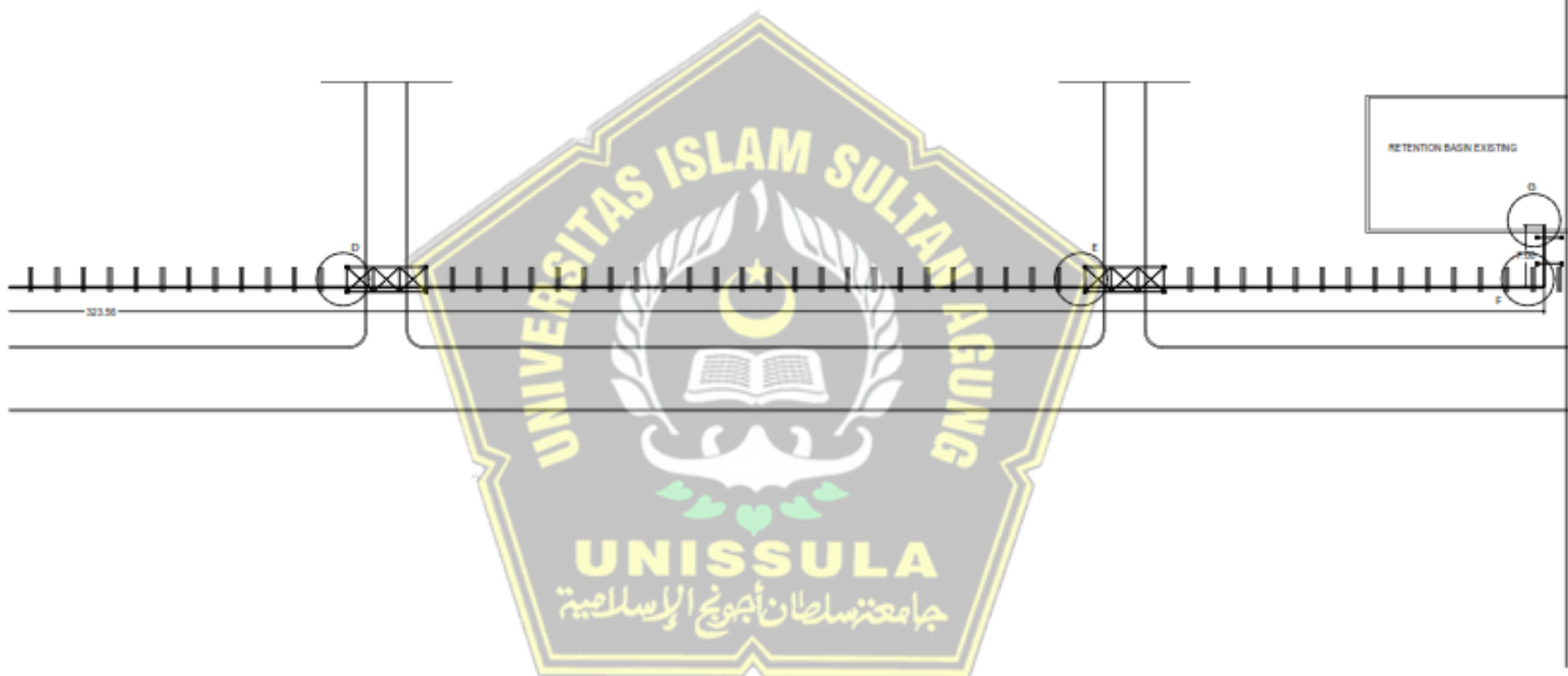


LAYOUT 1

PT. RPB		PT. PLN (Persero) Unit Induk Pembangkitan Tenaga Listrik (GRU)	KPUJ	Logo
REMARK	APPROVED	APPROVED		

No. 1 - 15

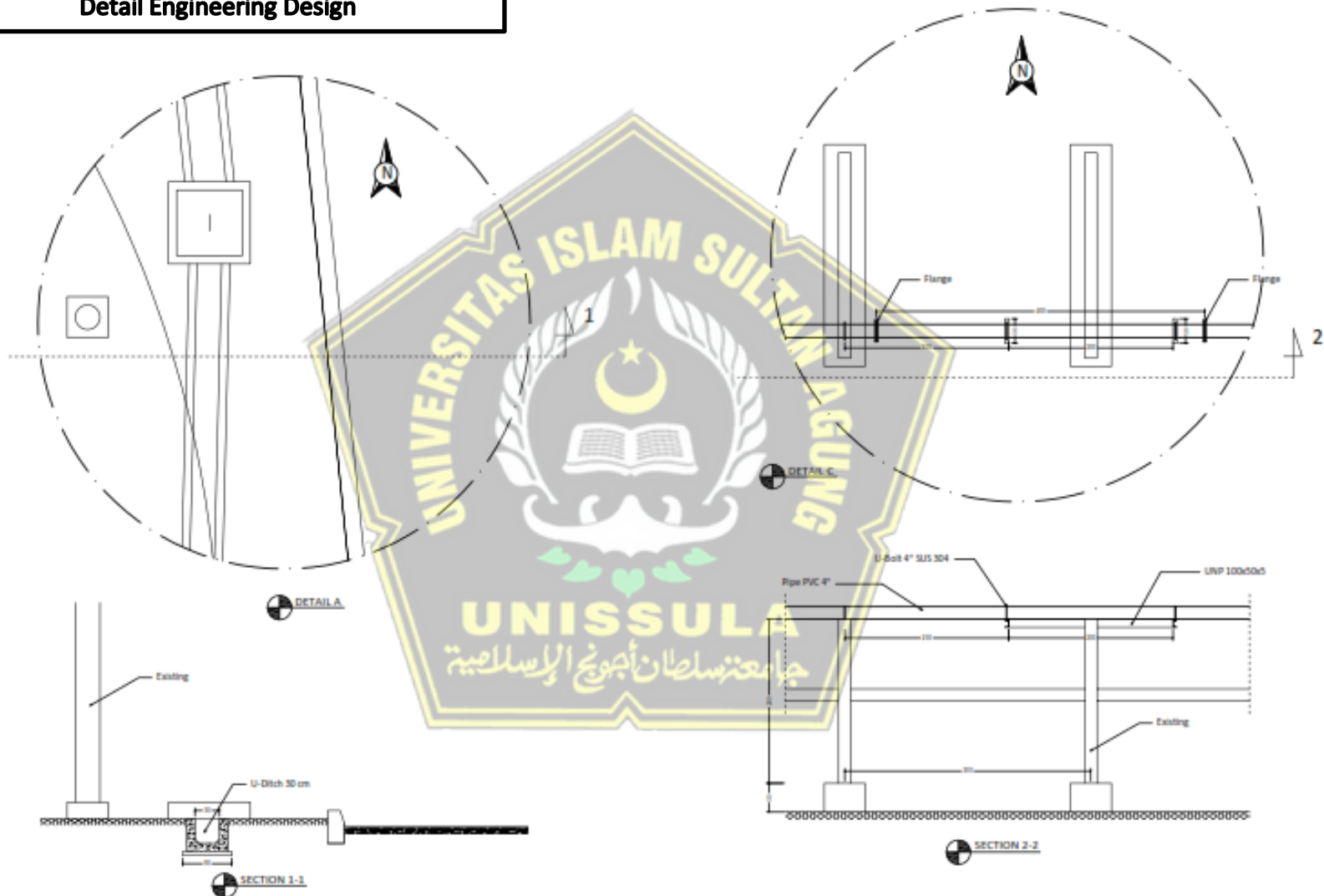
Detail Engineering Design



 LAYOUT 3

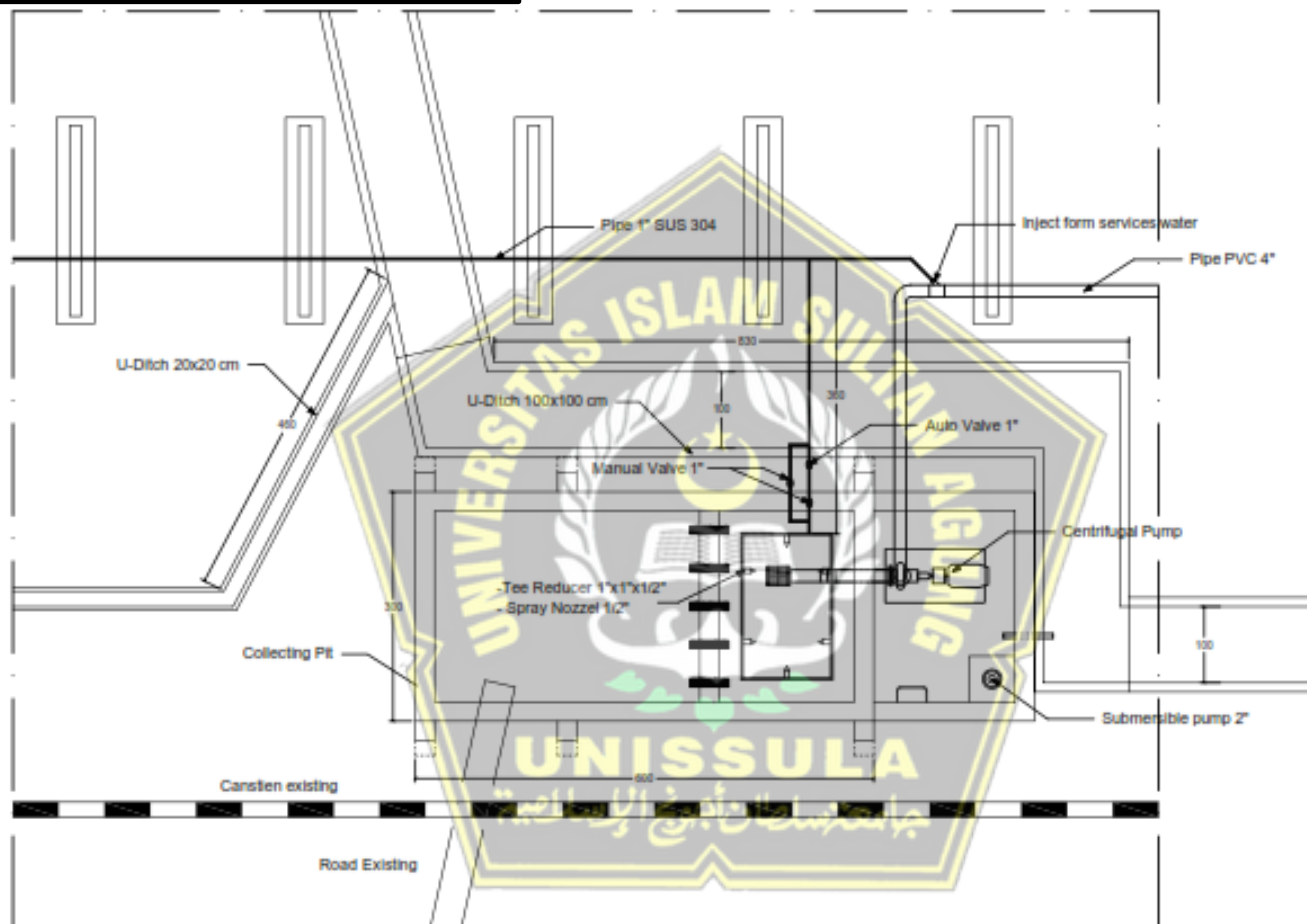
PT. KPJB		PT. PLN (Persero Unit Induk Pembangkitan Tanjung Jati B)			
PREPARED	APPROVED	APPROVED			
No. 4 - 15					

Detail Engineering Design



PT. KPJB		PT. PLN (Persero Unit Induk Pembangkitan Tanjung Jati B)			
PREPARED	APPROVED	APPROVED			

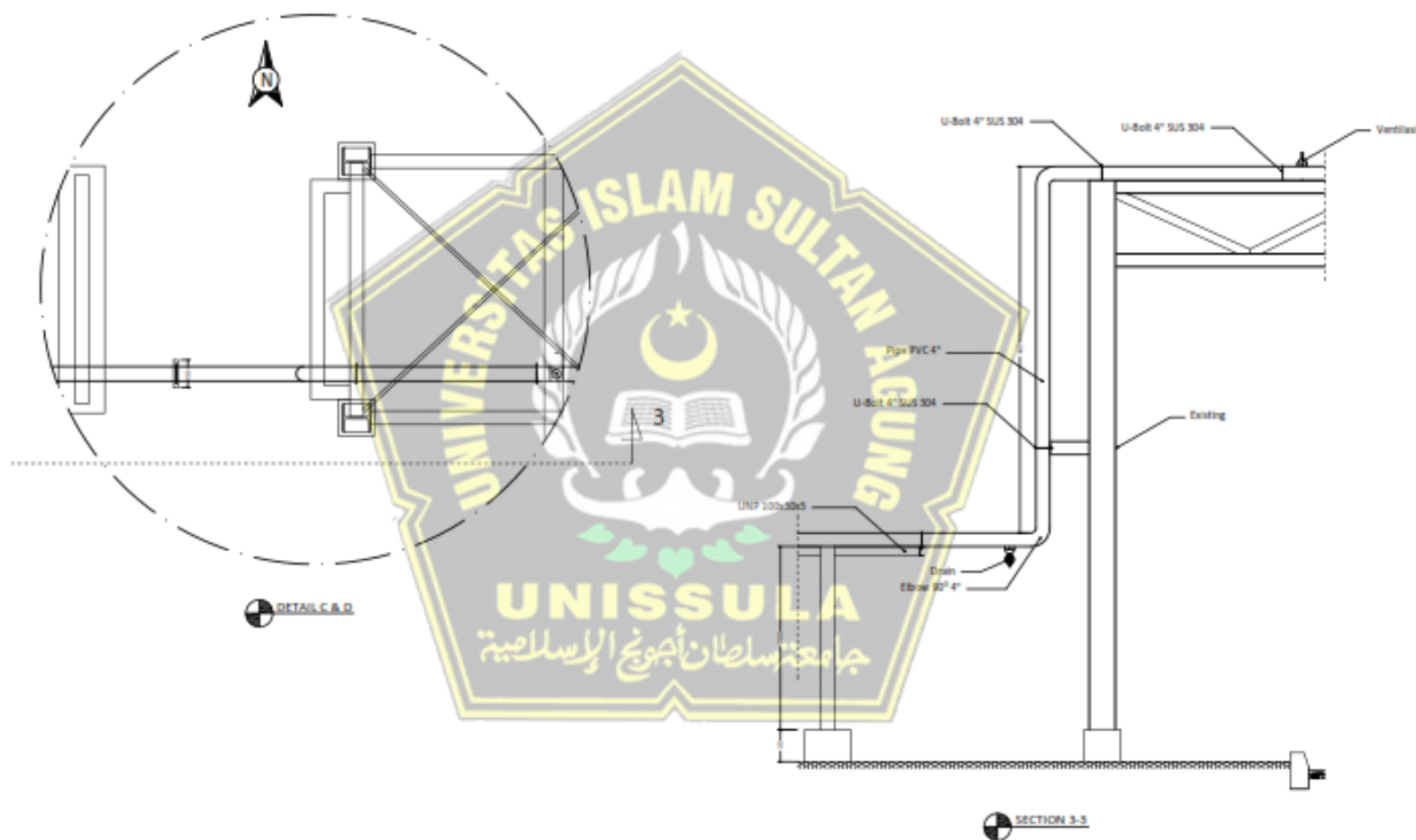
Detail Engineering Design



DETAIL B

PT. KPJB		PT. PLN (Persero Unit Induk Pembangkitan Tanjung Jati B)			
PREPARED	APPROVED	APPROVED			
				Rev. 0 - 15	

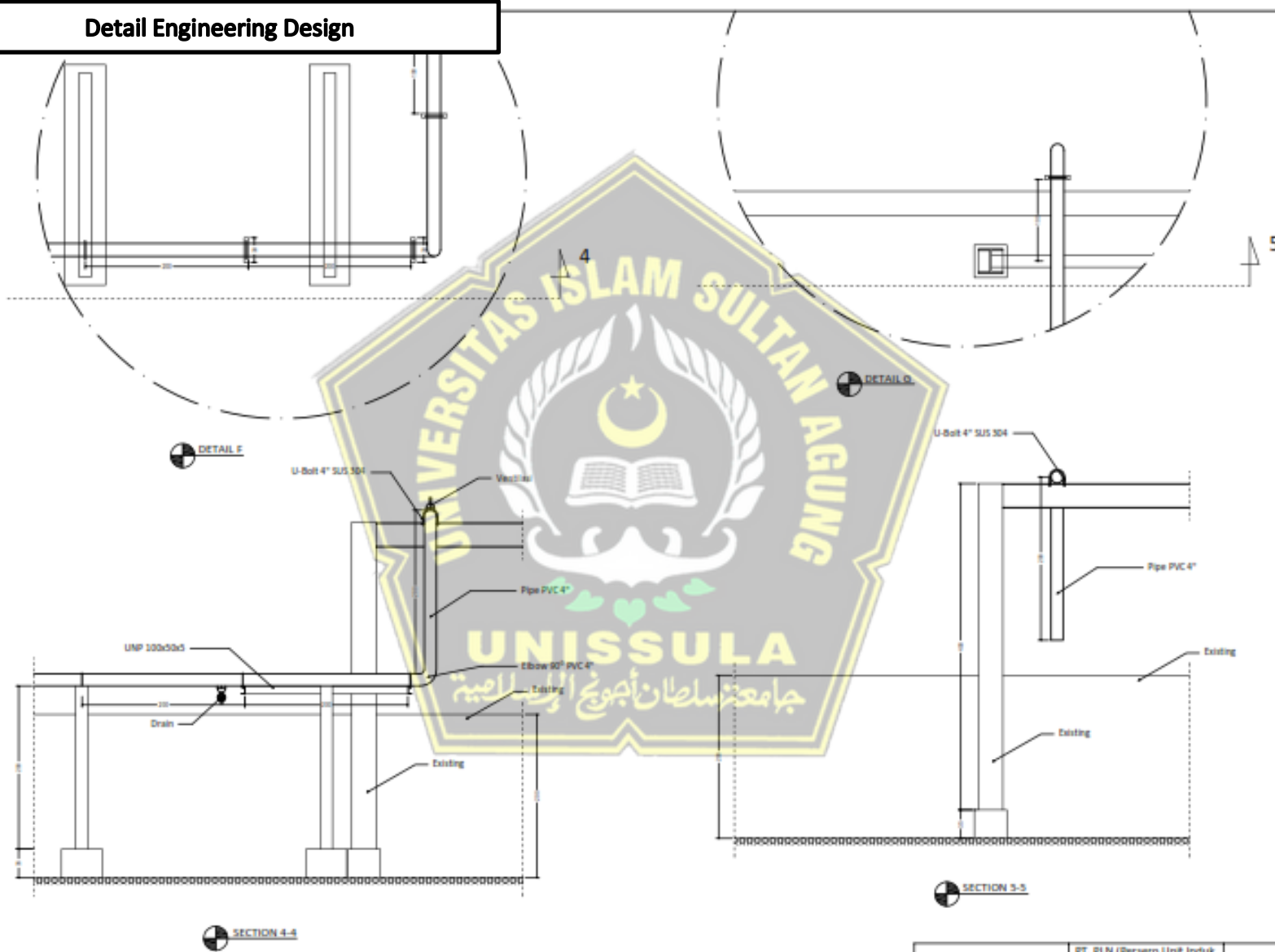
Detail Engineering Design



PT. KPJB		PT. PLN (Persero Unit Induk Pembangkitan Tanjung Jati B)
PREPARED	APPROVED	APPROVED



Detail Engineering Design

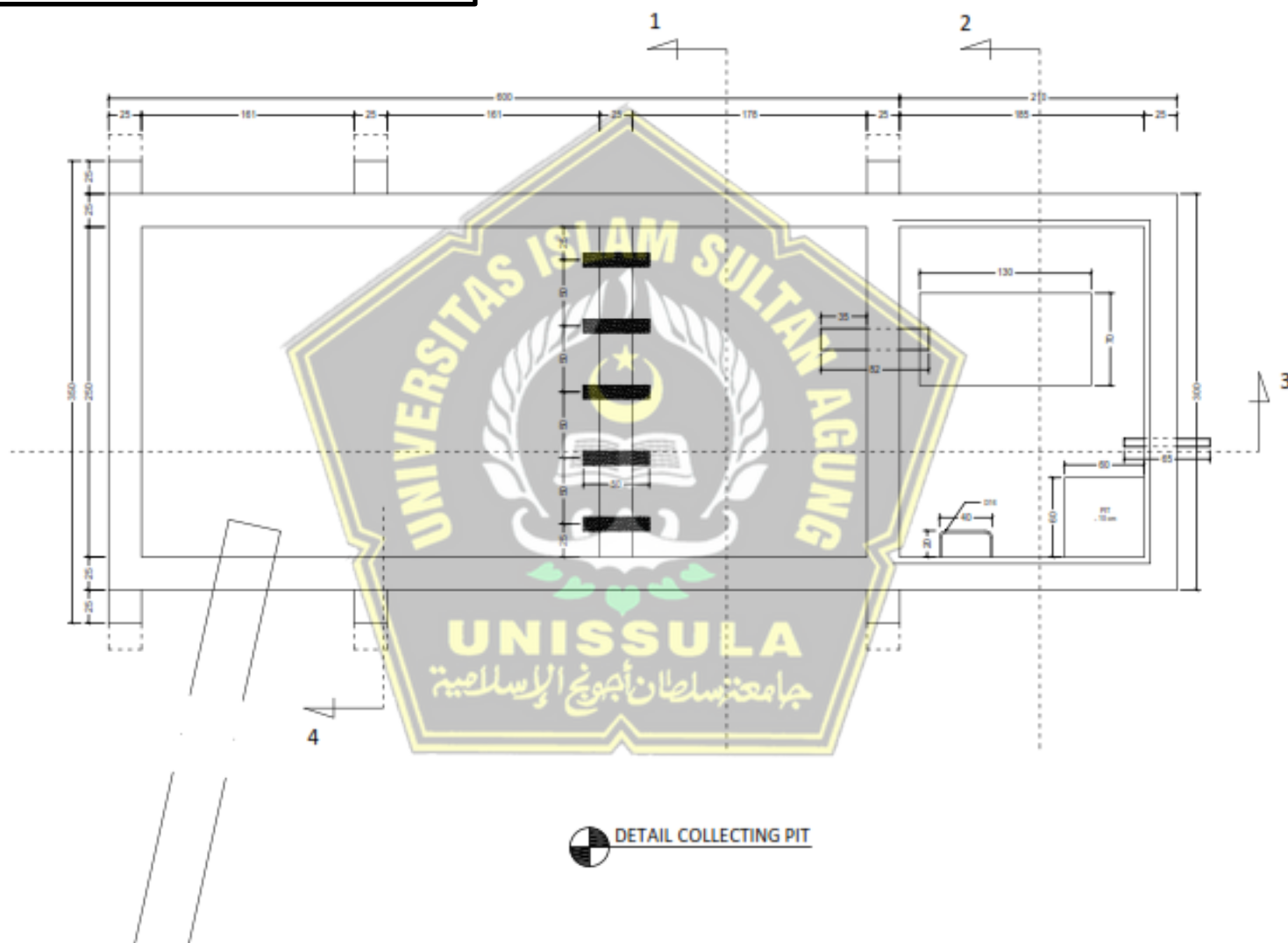


PT. KPJB		PT. PLN (Persero Unit Induk Pembangkitan Tanjung Jati B)	
PREPARED	APPROVED	APPROVED	



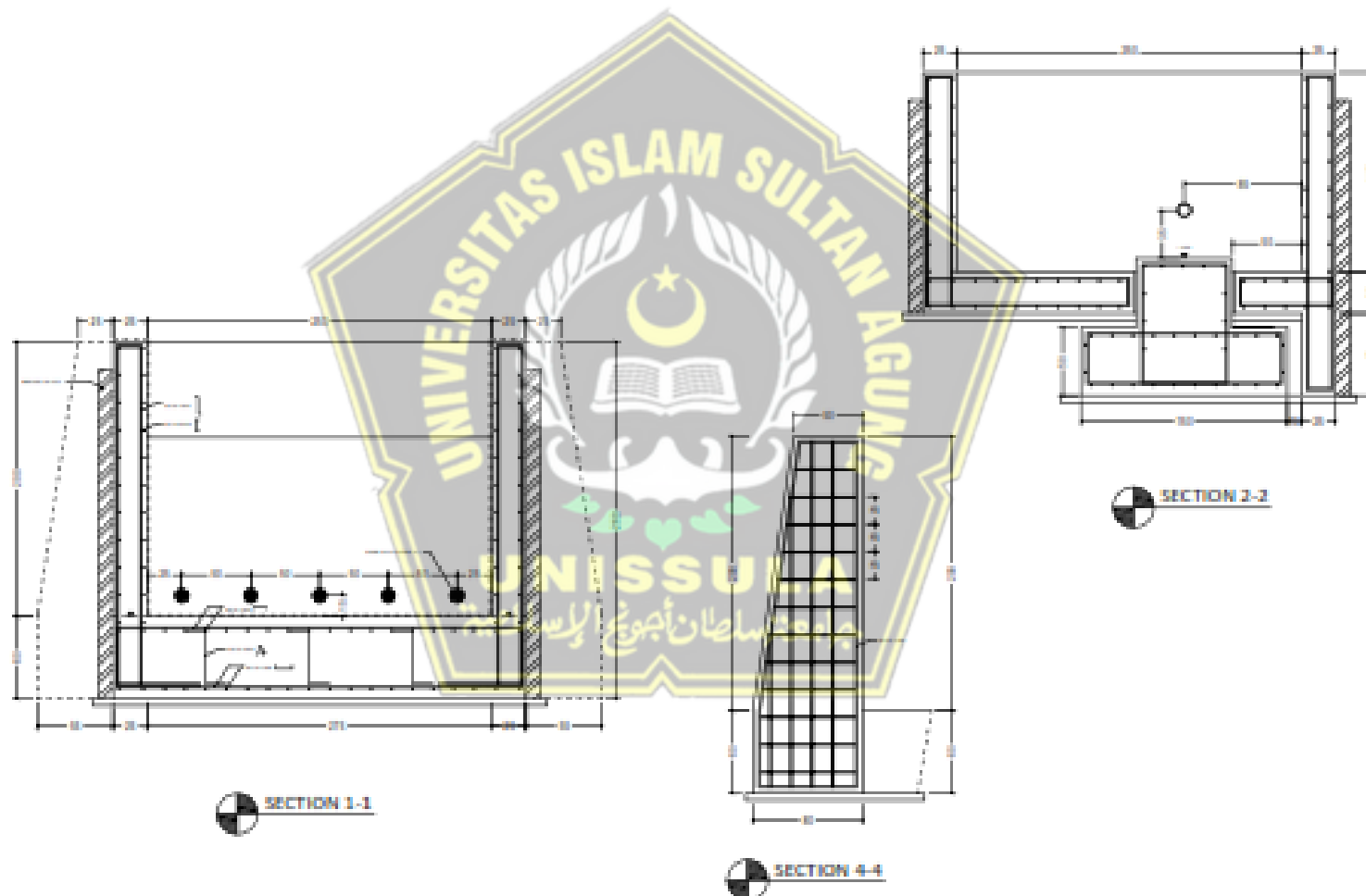

No. 8 - 15

Detail Engineering Design



PT. KPJB		PT. PLN (Persero Unit Induk Pembangkitan Tanjung Jati B)		 
PREPARED	APPROVED	APPROVED		
				Rev. 02 - 01

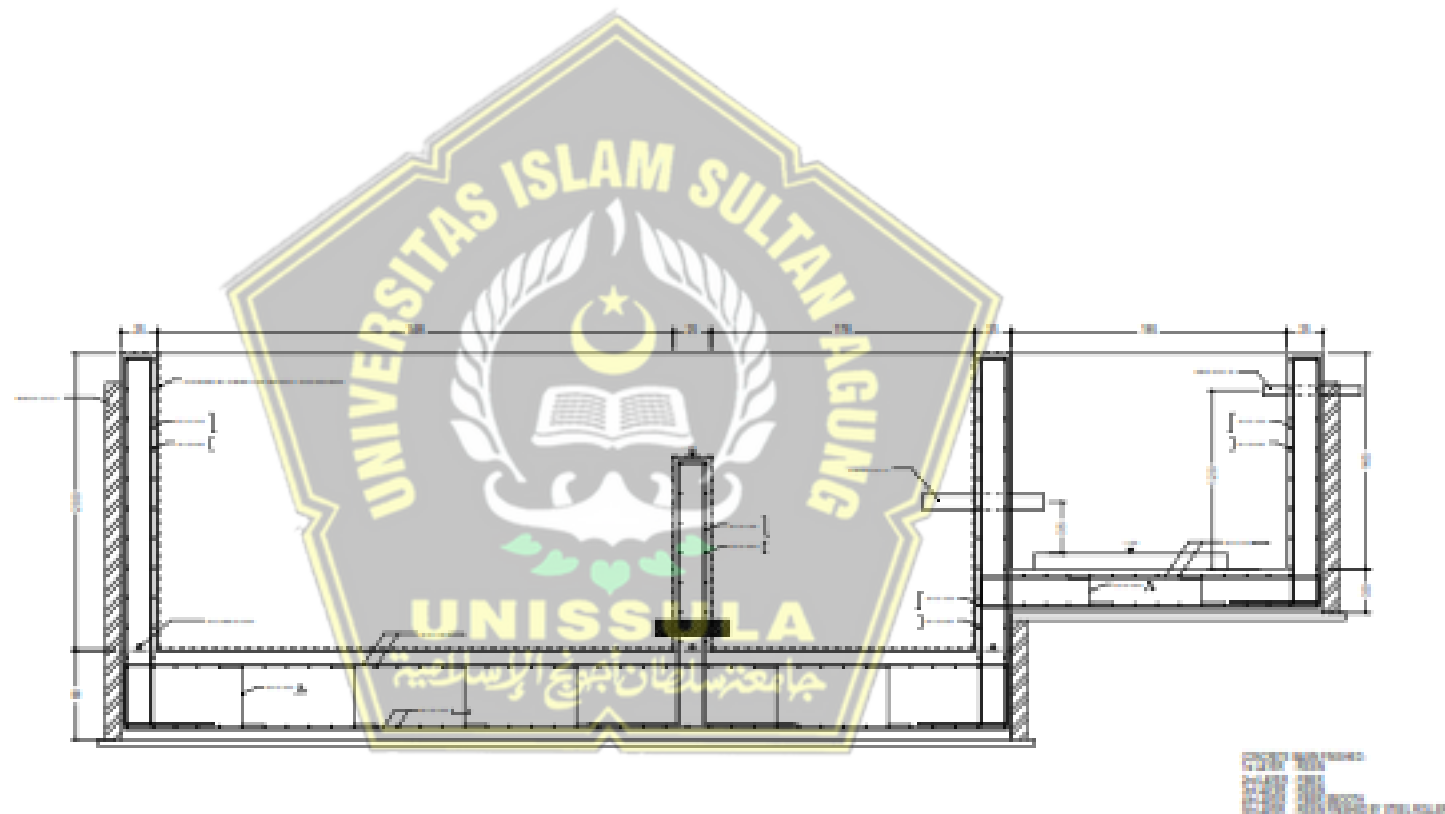
Detail Engineering Design



PT. KUB		PT. KUB Persero Tbk Tbk	
PREPARED	APPROVED	PREPARED	APPROVED



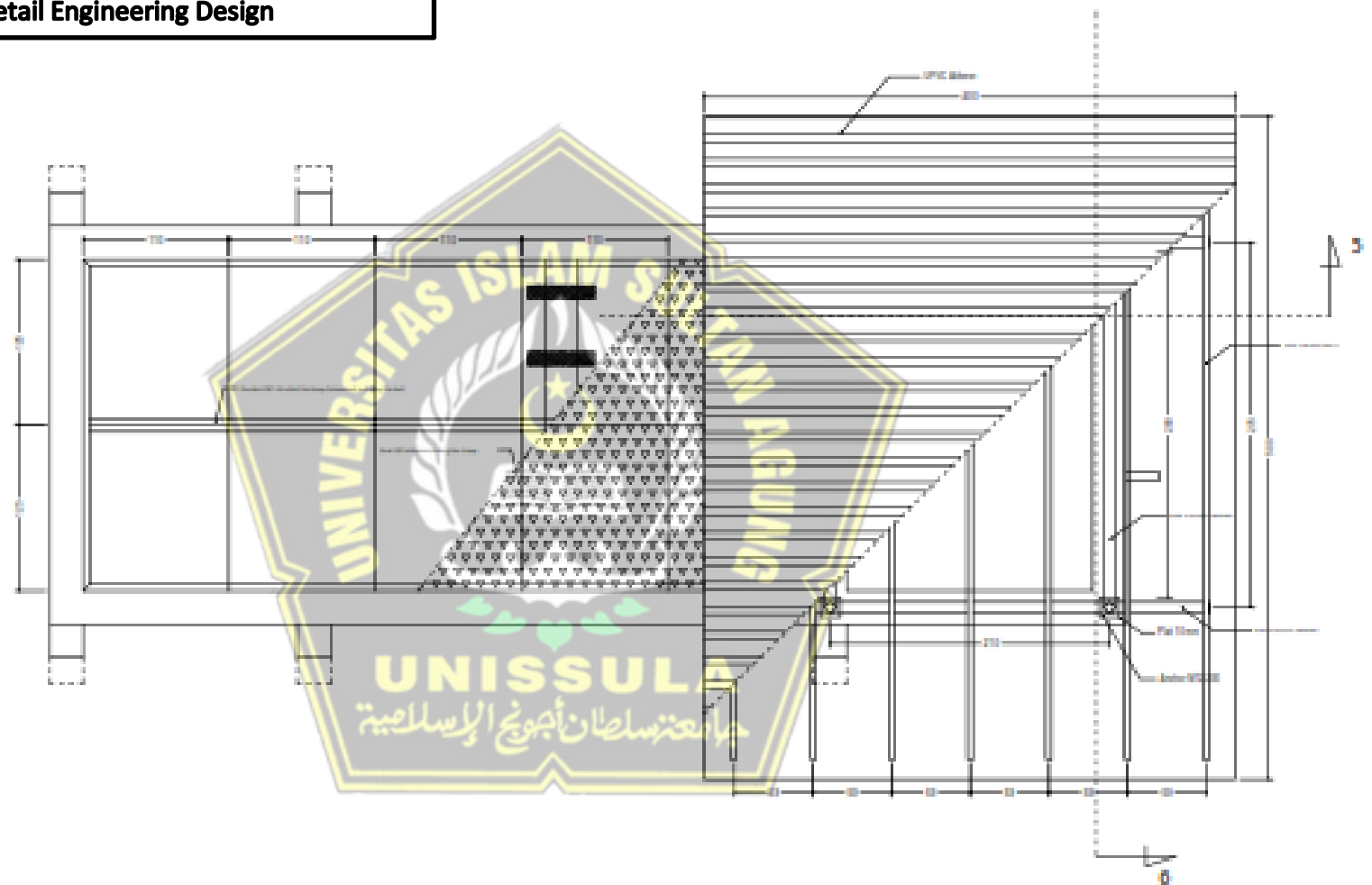
Detail Engineering Design



SECTION 3-3

PT. KJB		PT. PUN (PUNYAS ONE INDIA)		KPB	KPB
PREPARED	APPROVED	PREPARED	APPROVED		

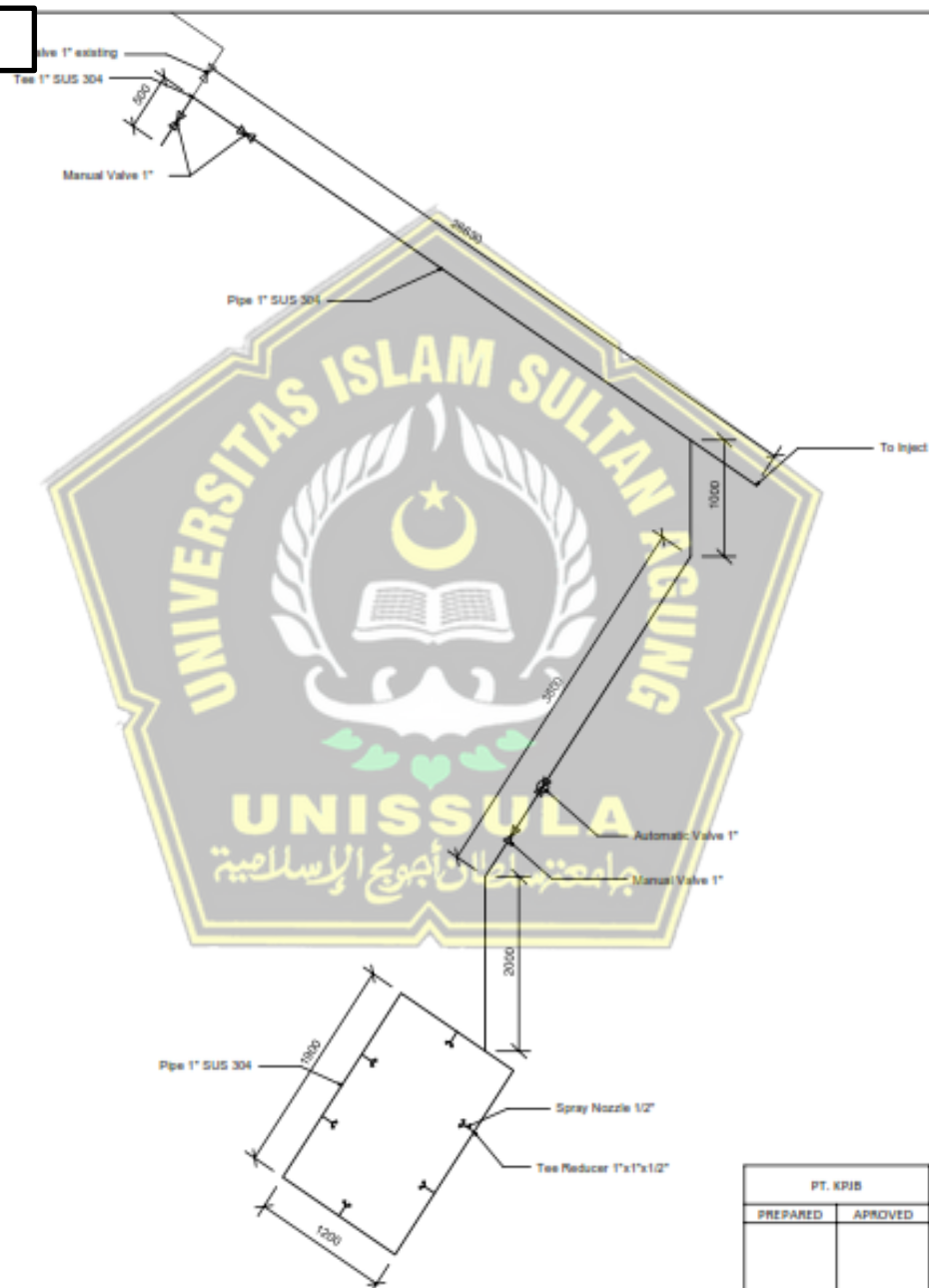
Detail Engineering Design



PLAN COVER COLLECTING PIT

PT. KJB		PT. PUS (Persero) Tbk. Induk		KUB	KUB
PREPARED	APPROVED	PREPARED	APPROVED		

Detail Engineering Design



PT. KPJB		PT. PLN (Persero Unit Induk Pembangkitan Tanjung Jati B)			
PREPARED	APPROVED	APPROVED			