



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

SKRIPSI – ME141501

**ESTIMASI WAKTU DAN BIAYA PEMBANGUNAN PEMBANGKIT
LISTRIK MIKRO HIDRO KINETIK DI KANAL PLTU PAITON**

Ardany Wahyu Saputra
Nrp.0421144000051

Dosen Pembimbing
Indra Ranu Kusuma, S.T.,M.Sc
Juniarko Prananda, S.T.,M.T

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018**



TUGAS AKHIR - ME141501

**ESTIMASI WAKTU DAN BIAYA PEMBANGUNAN PEMBANGKIT
LISTRIK MIKRO HIDRO KINETIK DI KANAL PLTU PAITON**

Ardany Wahyu Saputra

NRP. 04211440000051

Dosen Pembimbing

Indra Ranu Kusuma, ST., M.Sc.

Juniarko Prananda, S.T., M.T

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2018

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”



FINAL PROJECT - ME141501

**THE ESTIMATION OF TIME AND COST FOR KINETICS MICRO
HYDRO POWER PLANT CONSTRUCTION IN PLTU PAITON
CHANNEL**

Ardany Wahyu Saputra
NRP. 0421144000051

Supervisor :
Indra Ranu Kusuma, ST., M.Sc.
Juniarko Prananda, S.T., M.T

DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

ESTIMASI WAKTU DAN BIAYA PEMBANGUNAN PEMBANGKIT LISTRIK MIKRO HIDRO KINETIK DI KANAL PLTU PAITON SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi Marine Electrical and Automation System (MEAS)

Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Ardany Wahyu Saputra

NRP. 0421144000051

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Indra Ranu Kusuma, S.T., M.Sc

NIP. 1979 0327 2003 12 1001

(.....)

Juniarko Prananda, S.T. M.T.

NIP. 1990 0605 2015 04 1001

(.....)

SURABAYA

27 Juli 2018

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

ESTIMASI WAKTU DAN BIAYA PEMBANGUNAN PEMBANGKIT LISTRIK MIKRO HIDRO KINETIK DI KANAL PLTU PAITON

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi Marine Electrical and Automation System (MEAS)

Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Ardany Wahyu Saputra

NRP. 04211440000051

Disetujui oleh :

Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan



Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.

NIP. 1977 0802 2008 01 1007

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

ESTIMASI WAKTU DAN BIAYA PEMBANGUNAN PEMBANGKIT LISTRIK MIKRO HIDRO KINETIK DI KANAL PLTU PAITON

Nama Mahasiswa : Ardany Wahyu Saputra
NRP : 0421144000051
Dosen Pembimbing I : Indra Ranu Kusuma, S.T.,M.Sc
Dosen Pembimbing II : Juniarko Prananda, S.T, M.T.

ABSTRAK

Pembangunan pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) yang direncanakan oleh PLTU Paiton merupakan salah satu sumber energy terbarukan yang memanfaatkan aliran air kanal di PLTU Paiton hasil dari pendinginan kondensor. Dalam pembangunannya harus mempertimbangkan aspek non teknis seperti estimasi waktu pengerjaan dan biaya-biaya yang diperlukan dalam pembangunan PLTMH ini. Proses pertimbangan dilakukan dengan cara melakukan penjadwalan dan rincian biaya yang dibutuhkan dalam proses pembanguna. Proses penjadwalan dilakukan dengan menentukan sub-sub pekerjaan yang akan dilakukan beserta estimasi waktu dan sumber daya yang dibutuhkan. Sub pekerjaan kemudian disusun dengan mempertimbangkan pekerjaan pendahulu yang harus dilakukan. Hasil penyusunan akan membentuk lintasan seri dan paralel. Dari setiap lintasan akan diketahui estimasi waktu yang diperlukan dalam menyelesaikan pekerjaan dalam lintasan tersebut. Pada lintasan seri dan paralel akan dilakukan analisa berupa lintasan kritis pekerjaan. Lintasan kritis digunakan untuk mengetahui sub-sub pekerjaan yang harus diperhatikan dalam pengerjaanya, agar proyek dapat selesai sesuai dengan yang direncanakan. Kemudian berdasarkan sumber daya yang dibutuhkan dalam sub pekerjaan dapat diketahui estimasi biaya yang diperlukan dalam pembangunan proyek tersebut. Dari analisa yang telah dilakukan didapatkan estimasi waktu pengerjaan proyek selama 392 hari dengan biaya yang dibutuhkan sebesar Rp. 1.981.492.000,00.

Kata Kunci : PLTMH, Proyek, Penjadwalan, Lintasan Kritis, Biaya

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

**THE ESTIMATION OF TIME AND COST FOR THE KINETICS MICRO
HYDRO POWER PLANT CONSTRUCTION IN PLTU PAITON
CHANNEL**

Name : Ardany Wahyu Saputra
NRP : 0421144000051
Supervisor I : Indra Ranu Kusuma, S.T.,M.Sc
Supervisor II : Juniarko Prananda, S.T, M.T.

ABSTRACT

The construction of kinetic micro hydro power plant (PLTMH) planned by PLTU Paiton is one of the renewable energy resources that used the flow of channel water produced by the condenser cooling process. This construction must consider non-technical aspects such as the estimation of working time and also the costs. The estimation process is done by scheduling and arranging the detail costs needed for this construction. The scheduling process is done by determining sub-works that will be done along with the estimation of time and resources. Sub-works are arranged by considering prodesecor that must be done. The arrangement results will form the series and paralel lines. The time estimation needed in solving the work can be obtained from each line. Analysis in the form of a critical path will be done in both lines. Critical path line is used to find sub-works in its construction, so the project can be done according to the plan. After that, based of the needed resources in the sub-work, the estimation cost that need for this project construction can be known. From the analysis that had been done, the time estimation for the project construction is 392 days with the required cost of Rp. 1,981,492,000.00.

Key words : Energy, Micro Hidro, Estimated time, Cost

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya ucapkan atas kehadiran Allah SWT karena atas segala rahmat, taufik serta hidayah-Nya maka penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“ESTIMASI WAKTU DAN BIAYA PEMBANGUNAN PEMBANGKIT LISTRIK MIKRO HIDRO KINETIK DI KANAL PLTU PAITON”**. Dalam proses penyusunan tugas akhir ini penulis mendapatkan banyak bantuan dan motivasi dari berbagai pihak dari awal pengerjaan hingga akhirnya terselesaikan. Oleh karena itu penulis ucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ayah Wahyudi Widodo dan Ibu Sri Lestyaningsih yang selalu memberikan bantuan baik dalam bentuk do'a , materi, maupun motivasi. Serta Ardyan Wahyu P dan Athhar Wahyu W yang selalu memberikan motivasi dan do'a hingga tugas akhir ini selesai.
2. Indra Ranu Kusuma,S.T.,M.Sc selaku dosen pembimbing 1 , atas bimbingan, pengarahan, dan motivasi yang diberikan selama pengerjaan tugas akhir ini.
3. Juniarko Prananda, S.T. M.T selaku dosen pembimbing 2, atas bimbingan, pengarahan, dan motivasi yang diberikan selama pengerjaan tugas akhir ini.
4. Dr. Eng. M Badruz Zaman,S.T.,M.T selaku Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan
5. Raja Oloan Saut Gurning, ST., M.Sc., Ph.D selaku dosen wali. atas segala motivasi bimbingan dan pengarahan yang diberikan selama kuliah di Departemen Teknik Sistem Perkapalan.
6. Seluruh anggota member Laboratorium Marine Electrical and Automation System (MEAS) yang telah memberikan dukungan dan bantuan kepada penulis dalam pengerjaan tugas akhir.
7. Teman-teman Mercusuar'14 yang selalu memberi semangat, motivasi, pertolongan serta pengarahan dalam penyelesaian tugas akhir.
8. Perhimpunan Mahasiswa Kebumen ITS, yang membantu dalam memberikan arahan-arahan mengenai ruang lingkup kampus.
9. Wakidut Family yang selalu memberikan support dan menemani selama perkuliahan di Surabaya.
10. Jambret Family yang selalu memberikan support dan menemani selama perkuliahan di Surabaya

11. Kepada teman-teman serta semua pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu-satu, yang telah bersedia membantu saya untuk berdiskusi dan bertukar ide, gagasan dan pemikiran selama pengerjaan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat kepada para pembaca , bangsa dan negara.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	v
LEMBAR PENGESAHAN.....	vi
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT.....	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Perumusan masalah.....	2
1.3 Batasan masalah.....	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Mikro Hidro Kinetik.....	5
2.1.1 Gambaran Umum Mikro Hidro	5
2.1.2 Cara Kerja Mikro Hidro Kinetik	5
2.2 Komponen-komponen Mikro Hidro kinetik	6
2.2.1 Aliran air.....	6
2.2.2 Turbin	6
2.2.3 Generator	7
2.3 Turbin Vertical Axis	7
2.4 Turbin Darrieus.....	8
2.4.1 Pengertian Turbin Darrieus	8
2.4.2 Hydrofoil	9

2.4.3. Gaya angkat hidrodinamika	10
2.4.4 Perhitungan Daya Turbin.....	10
2.5 Kelebihan dan Kekurangan Mikro Hidro Kinetik.....	12
2.5.1 Kelebihan Pembangkit Mikro Hidro Kinetik.....	12
2.5.2 Kekurangan Pembangkit Mikro Hidro Kinetik.....	12
2.6 Manajemen Produksi.....	12
2.6.1 Pengertian Manajemen Produksi	12
2.6.2 Fungsi Manajemen Produksi.....	12
2.6.3 Ruang Lingkup Manajemen Produksi	13
2.6.4 Tahapan Manajemen Produksi.....	13
2.7 Manajemen Proyek.....	14
2.7.1 Pengertian Manajemen Proyek	14
2.7.2 Aspek-Aspek Manajemen Proyek.....	15
2.7.3 Fungsi Manajemen proyek.....	16
2.7.4 Jalur Kritis Proyek	18
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Perumusan Masalah	20
3.2 Studi Literatur	20
3.3 Pengumpulan Data	20
3.4 Perencanaan Penjadwalan	21
3.5 Analisa Biaya	21
3.6 Kesimpulan dan Saran.....	21
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Uraian Proyek.....	23
4.1.1 Data Teknik Proyek	23
4.1.2 Dimensi Proyek.....	23
4.2 Potensi Sumber.....	23
4.3 Konsep Desain	23
4.4 Perancangan Turbin	24

4.4.1 Desain Turbin	24
4.4.2. Konstruksi Turbin.....	25
4.4.3. Sistem Transmisi Turbin	28
4.4.4 <i>Monitoring</i> dan Kontrol.....	32
4.5 Instalasi dan Penjadwalan	33
4.5.1 Perencanaan Proyek.....	33
4.5.2 <i>Work Breakdown Structure</i> (WBS)	34
4.5.3 Penjadwalan.....	36
4.5.4 Pengidentifikasian Pekerjaan Seri dan Paralel	40
4.5.5 Pengidentifikasian Lintasan Kritis.....	41
4.6 Analisa Biaya.....	44
4.6.1 Biaya Langsung.....	45
4.6.2 Biaya Tidak Langsung.....	50
4.7 Perbandingan Biaya	53
BAB V KESIMPULAN.....	55
5.2 Kesimpulan	55
5.2 Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
BIODATA PENULIS	

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 PLTU Paiton.....	1
Gambar 2. 1. Cara kerja Pembangkit Listrik Mikro Hidro	5
Gambar 2. 2. Turbin Vertikal Axis	8
Gambar 2. 3. Turbin Darrieus	9
Gambar 2. 4. Geometri Pada NACA.....	9
Gambar 2. 5. Vektor Turbin Darrieus	11
Gambar 3. 1 Bagan Metodologi Penelitian	19
Gambar 4. 1 Desain Turbin Darrieus	25
Gambar 4. 2. Base Plate Turbin Darrieus.....	26
Gambar 4. 3. <i>Shaft</i> Turbin Darrieus	26
Gambar 4. 4. <i>Blade</i> Turbin Darrieus	27
Gambar 4. 5. <i>Rotari Shaft</i> Turbin Darrieus	27
Gambar 4. 6. <i>Plate support</i> Turbin Darrieus.....	28
Gambar 4.7. Sistem Transmisi Mekanik.....	29
Gambar 4.8. Bagan Perencanaan Proyek	33
Gambar 4. 9. Perbandingan Waktu Pekerjaan Proyek	40
Gambar 4. 10 Identifikasi Pekerjaan Seri-Paralel pada Sub Pekerjaan Inisiasi Proyek.	41
Gambar 4. 11 Identifikasi Pekerjaan Seri-Paralel pada Sub Pekerjaan Perencanaan Proyek.	41
Gambar 4.12. Jalur Lintasan Kritis	42
Gambar 4. 13. Pekerjaan Jalur Kritis Terlama	43
Gambar 4. 14 Lintasan Kritis Pada Pekerjaan Jembatan.....	43
Gambar 4. 15. Lintasan Kritis Pada Perencanaan Turbin	44
Gambar 4. 16 Biaya Material dan Sewa Alat.....	45
Gambar 4. 17 Perbandingan Biaya.....	53

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Daftar WBS	34
Tabel 4. 2 Estimasi Waktu Pembangunan.....	37
Tabel 4. 3 Daftar Kegiatan Jalur Kritis	42
Tabel 4. 4 Biaya material dan komponen.....	46
Tabel 4. 5 Biaya kerja Langsung.....	49
Tabel 4. 6 Tenaga Kerja Tidak Langsung	50
Tabel 4. 7 Biaya Kerja Tidak Langsung.....	52
Tabel 4. 8 Biaya Overhead.....	52

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

PLTU Paiton merupakan sebuah pembangkit listrik yang terletak di Probolinggo Jawa Timur, PLTU Paiton dioperasikan menggunakan bahan bakar batu bara, Pembangkit ini mengoperasikan 2 PLTU dengan total kapasitas 800 MW. Setiap tahun PLTU Paiton membangkitkan energi listrik rata-rata 5.606,18 GWh yang disalurkan melalui Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi 500 kV ke sistem interkoneksi Jawa, Madura dan Bali. Denah lokasi PLTU Paiton dapat dilihat pada gambar 1.1

Kebutuhan energi listrik dari tahun ke tahun semakin meningkat. Peningkatan ini sejalan dengan meningkatnya laju pertumbuhan ekonomi, laju pertumbuhan penduduk, dan pesatnya perkembangan sektor industri. Peningkatan kebutuhan energi listrik ini dapat menyebabkan berkurangnya jumlah dari energi konvensional. Energi konvensional merupakan energi yang bersifat *unrenewable energy* dan apabila digunakan secara terus menerus akan habis pada suatu saat.



Gambar 1. 1 PLTU Paiton
Sumber : www.google.earth.com

Indonesia memiliki potensi Energi Baru Terbarukan (EBT) untuk mikrohidro sebesar 450 MW. Saat ini pengembangan EBT mengacu pada Perpres No. 5 tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional. Dalam perpres tersebut disebutkan bahwa kontribusi EBT dalam bauran energi primer nasional pada tahun 2025 adalah sebesar 17% dengan biomassa nuklir, air, surya, dan angin berkontribusi sebesar 5%. Untuk itu langkah yang akan diambil

pemerintah adalah menambah kapasitas terpasang Pembangkit Listrik Mikrohidro menjadi 2.846 MW pada tahun 2025.

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggeraknya seperti, saluran irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi dan jumlah debit air. Pembangkit listrik mikrohidro mengacu pada pembangkit listrik dengan skala di bawah 200 kW. PLTMH juga termasuk sumber energi terbarukan dan layak disebut Clean energy karena ramah lingkungan.

Dalam kasus ini Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) akan dibangun di Kanal pembuangan air laut di PLTU Paiton. Aliran air yang memiliki debit tinggi menjadi salah satu acuan sebagai pembangunan mikrohidro tersebut untuk digunakan dan diubah menjadi energy terbarukan. Aliran air tersebut didapatkan dari hasil pendinginan kondensor yang kemudian dialirkan kembali ke laut. Aliran tersebut memiliki kecepatan arus sebesar 2,9 m/s, maka sangat mungkin untuk dijadikan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro.

Dalam pembangunan PLTMH perlu memperhatikan aspek, teknis dan aspek non teknis. Aspek teknis meliputi proses perancangan dan pembangunan instalasi PLTMH pada kanal PLTU Paiton. Sedangkan aspek nonteknis meliputi estimasi waktu pengerjaan dan biaya-biaya yang diperlukan dalam Pembangunan PLTMH. Oleh sebab itu, dalam Tugas Akhir ini akan dilakukan estimasi waktu dan biaya pembangunan Pembangkit Listrik Mikro Hidro Kinetik di Kanal PLTU Paiton.

1.2 Perumusan masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana basic engineering pembangunan Pembangkit Listrik Mikro Hidro Kinetik di Kanal PLTU Paiton?
2. Bagaimana cara menentukan urutan pengerjaan dan penjadwalan dalam proses pembangunan Pembangkit Listrik Mikro Hidro Kinetik di Kanal PLTU Paiton?
3. Berapa estimasi biaya yang dibutuhkan dalam pembangunan Pembangkit Listrik Mikro Hidro Kinetik di Kanal PLTU Paiton?

1.3 Batasan masalah

Batasan masalah dibuat agar lingkup penelitian ini lebih fokus, yaitu :

1. Jadwal pengerjaan pembangunan PLTMH pada Kanal PLTU Paiton
2. Analisa biaya instalasi Pembangkit Listrik Mikro Hidro Kietik
3. Dilakukan Pada Kanal PLTU Paiton
4. Tidak membahas tentang perhitungan generator
5. Tahap perizinan pembangunan telah selesai

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui basic engineering pembangunan pembangkit listrik mikro hidro kinetik di kanal PLTU Paiton
2. Menentukan urutan pengerjaan dan penjadwalan dalam proses pembangunan Pembangkit Listrik Mikro hidro Kinetik pada Kanal PLTU Paiton
3. Menentukan biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan Pembangkit Listrik Mikro hidro Kinetik pada Kanal PLTU Paiton.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat mengembangkan ilmu pengetahuan terutama dibidang renewable energy.
2. Mendapatkan estimasi biaya pembangunan instalasi mikrohiro kinetic yang akan dibangun.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

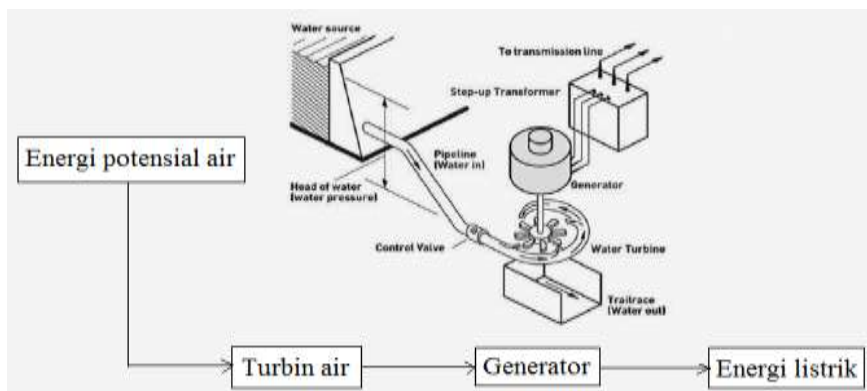
2.1 Mikro Hidro Kinetik

2.1.1 Gambaran Umum Mikro Hidro

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro hidro kinetik merupakan salah satu pembangkit listrik yang memanfaatkan energi aliran air. Mikro hidro dibuat berdasarkan adanya aliran air yang mengalir dari suatu tempat tinggi ke tempat yang rendah dengan kapasitas tertentu. kapasitas merupakan volume aliran air persatuan waktu, sedangkan head atau ketinggian merupakan jarak dari tempat aliran sampai ke instalasi mikro hidro tersebut. Semakin besar kapasitas maka semakin besar pula energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit mikro hidro tersebut. Mikro hidro disebut sebagai *white resources* karena instalasi pembangkit listrik ini menggunakan sumber daya air yang telah tersedia serta ramah terhadap lingkungan.

2.1.2 Cara Kerja Mikro Hidro Kinetik

Pembangkit Listrik ini memiliki tiga komponen utama yaitu turbin, generator dan aliran air. Prinsip kerja dari PLTMH pada dasarnya sama dengan PLTA yaitu sama-sama memanfaatkan energi dari air untuk dijadikan energi listrik, tetapi jika PLTMH skala listrik yang dihasilkan lebih kecil. Prinsip kerja PLTMH yaitu memanfaatkan aliran air untuk memutar turbin. Sehingga akan menghasilkan energi mekanik. Energi mekanik turbin akan memutar generator dan generator menghasilkan listrik [1]. Semakin besar debit aliran air tersebut, maka akan semakin besar juga energi listrik yang dihasilkan. Skema prinsip kerja PLTMH dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut.



Gambar 2. 1. Cara kerja Pembangkit Listrik Mikro Hidro

(Sumber : <http://www.kajianpustaka.com/2016/10/pembangkit-listrik-tenaga-mikro-hidro.html>)

2.2 Komponen-komponen Mikro Hidro kinetik

Adapun tiga komponen-komponen yang harus ada pada mikro hidro kinetik yaitu aliran air, Turbin dan Generator [2]. Dan akan dijelaskan sebagai berikut.

2.2.1 Aliran air

Aliran air serta debit yang bersifat konstan akan menentukan besarnya energi yang mampu dihasilkan dari mikro hidro tersebut. Debit aliran merupakan laju aliran air yang melewati suatu penampang melintang per satuan waktu, Satuan debit yang digunakan adalah meter kubik per detik (m^3/s). Di dalam tugas akhir ini debit aliran diambil dari outlet pembuangan air laut setelah digunakan untuk pendinginan Kondensor pada PLTU Paiton. Berikut adalah persamaan untuk menghitung debit air:

$$Q = A \times V \quad (1)$$

Dimana : Q = Debit air (m^3/s)

A = Luas Penampang (m^2)

V = Kecepatan aliran air (m/s)

2.2.2 Turbin

Untuk mengubah energi kinetik dari air menjadi energi listrik perlu adanya turbin. Pada masa sekarang turbin dilengkapi dengan ELC yang digunakan untuk menyetabilkan putaran, sehingga putaran tetap stabil meskipun kecepatan aliran air berubah-ubah. Pemilihan teknologi turbin pada pembangunan pembangkit mikro hidro terutama terletak pada pemilihan komponen utamanya yaitu turbin dan generator. Hal ini disebabkan karena pada setiap tempat yang akan dibangun pembangkit listrik mikrohidro memiliki karakteristik aliran dan kecepatan air yang berbeda. Pemilihan jenis turbin air bergantung pada head dan debit air. Jenis turbin yang digunakan untuk pembangkit listrik secara garis besar terbagi atas 2 bagian yaitu:

2.2.2.1 Turbin Impuls

Turbin impuls memanfaatkan kecepatan aliran air untuk menggerakkan runner. Aliran air akan disemburkan ke setiap piringan pada runner. Tidak ada bagian yang menghisap dibawah turbin dan air mengalir kebawah *housing* setelah mengenai runner. Turbin impuls umumnya cocok digunakan untuk pembangkit listrik yang memiliki head tinggi dan volume air rendah.

2.2.2.2 Turbin reaksi

Secara umum pada turbin reaksi dapat dikatakan bahwa aliran air yang masuk ke dalam turbin mempunyai energi besar, kemudian energi ini akan digunakan untuk menggerakkan turbin dan digunakan untuk mengeluarkan air menuju *outlet* pembuangan. Jenis turbin reaksi yang sering digunakan antara lain, turbin francis, turbin propeler atau kaplan.

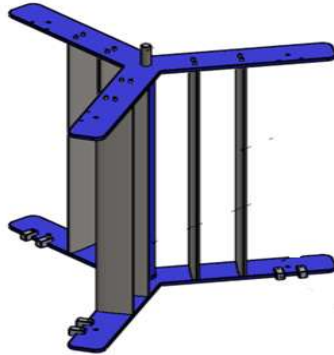
2.2.3 Generator

Generator merupakan sumber energy listrik yang diperoleh dari perubahan energy mekanik menjadi energi listrik. Generator bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik, yaitu dengan memutar suatu kumparan dalam medan magnet sehingga timbul ggl induksi [1]. Ada dua komponen utama pada generator, yaitu *stator* dan *rotor*. Untuk menjaga kinerja generator agar tetap stabil, maka generator dilengkapi dengan suatu proteksi. Proteksi pada generator digunakan untuk mencegah kerusakan generator. Jenis proteksi yang minimal harus ada pada generator yaitu: *Overcurrent protection* dan *Earth-fault protection* .

PLTMH pada umumnya tidak memanfaatkan governor untuk mengendalikan keluaran dayanya. Hal ini disebabkan oleh alasan ekonomis dimana harga governor yang sangat mahal bahkan lebih mahal dari harga turbin untuk keperluan mikrohidro [1].

2.3 Turbin Vertical Axis

Teknologi turbin hidrokinetik sudah sangat populer digunakan untuk menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan aliran air. Pada kasus ini turbin hidrokinetik akan diterapkan untuk mengkonversikan aliran air dari kanal pembuangan air laut yang telah digunakan untuk mendinginkan kondensor. Mekanisme turbin arus atau aliran hampir sama seperti turbin angin, hanya berbeda pada fluida yang penggerakannya. Dimana turbin angin memanfaatkan aliran fluida angin sedangkan turbin arus atau aliran memanfaatkan pergerakan massa fluida air untuk memutar turbin agar dapat menghasilkan listrik. Secara umum Turbin hidrokinetik dibagi menjadi tiga jenis yakni *Cross-Flow turbine*, *Horizontal Axis Turbine* (HAT) dan *Vertical Axis Turbine* (VAT). *Vertical Axis Turbin* dapat dilihat pada gambar 2.2 berikut:



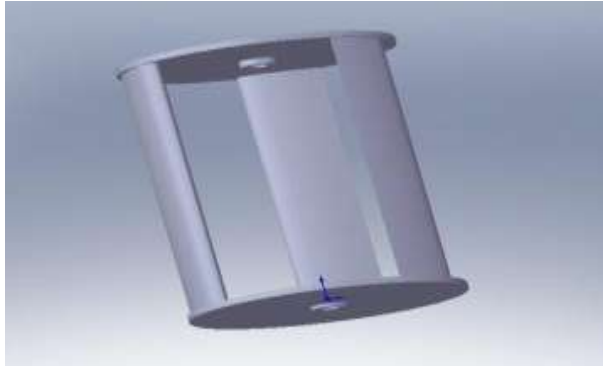
Gambar 2. 2. Turbin Vertikal Axis
(Sumber : Doc. Drawing Turbin 5 Kw)

Vertikal aksis turbin merupakan turbin yang dirancang tegak lurus dengan arah aliran air. Vertikal aksis turbin memiliki kelebihan yaitu efisiensi yang lebih besar dari horisontal aksis turbin. Kelemahan dari vertikal aksis turbin adalah memiliki sifat self-start yang tidak begitu baik serta getaran yang tinggi. Jenis-jenis Vertikal aksis turbin adalah sebagai berikut : Turbin Savoius, Turbin Gorlov dan Turbin Darrieus.

2.4 Turbin Darrieus

2.4.1 Pengertian Turbin Darrieus

Turbin Darrieus merupakan salah satu jenis turbin yang dikembangkan oleh Georges Jean Marie Darrieus pada tahun 1931. Turbine darrieus ini memiliki keunggulan diantaranya tidak terlalu memperhitungkan arah aliran air karena bentuknya yang simetri, tekanan gravitasi tidak mampu balik pada bentuk bladenya, mampu beroperasi pada head dan kecepatan yang rendah, sedangkan kelemahannya adalah ketidakmampuan melakukan self-starting, dan getaran yang tinggi [4]. Bentuk Turbin Darrieus dapat dilihat pada gambar 2.3 berikut.



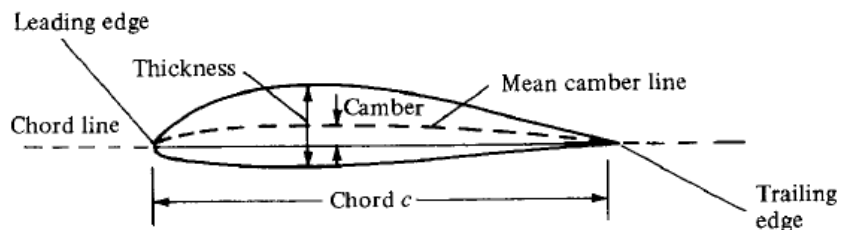
Gambar 2. 3. Turbin Darrieus

(sumber: <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/rotasi>)

Prinsip kerja turbin darrieus yaitu akibat adanya kecepatan atau laju aliran air yang menyebabkan *blade* turbin berputar dan menghasilkan energi kinetik. Putaran blade turbin mengakibatkan perbedaan tekanan. Perbedaan tekanan inilah yang mengakibatkan gaya angkat, yang mendorong blade bergerak ke depan untuk mendorong turbin, torsi yang disebabkan oleh gaya angkat harus lebih besar dibanding torsi yang dihasilkan oleh gaya hambat (*drag*) sehingga menghasilkan torsi netto [4].

2.4.2 Hydrofoil

Hydrofoil merupakan suatu bentuk alat yang dirancang agar permukaan penampangnya mendapatkan reaksi terhadap aliran fluida yang dilaluinya. Gaya hidrodinamis yang bekerja pada sebuah hydrofoil diperoleh dari hasil integrasi distribusi tekanan statis dan tegangan geser sepanjang permukaan atas dan bawah hydrofoil, sehingga akhirnya diperoleh bilangan-bilangan tak berdimensi atau koefisien-koefisien seperti koefisien gaya angkat, koefisien gaya hambat, dan koefisien gaya moment. Koefisien-koefisien tersebut dan koordinat titik pusat tekan aerodinamika adalah harga-harga yang dibutuhkan guna menentukan sifat-sifat dan karakteristik performa aerodinamika dari bentuk-bentuk hydrofoil sebagai fungsi bladet serangnya [5]. Berikut pada gambar 2.4 adalah geometri pada NACA.



Gambar 2. 4. Geometri Pada NACA

(sumber : <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/rotasi>)

Hydrofoil didesain secara streamline agar dapat menimbulkan aliran yang sesuai dengan yang diinginkan. Bagian atas permukaan hydrofoil mempunyai tekanan rendah sedangkan bagian bawah permukaan hydrofoil mempunyai tekanan yang tinggi. Aliran yang dilalui sepanjang permukaan hydrofoil terdiri dari aliran *vorteks* dan aliran *streamline*.

Dimana menurut hukum bernoulli :

$$P_d + \frac{1}{2} \rho (v_r - v_c)^2 = P_z + \frac{1}{2} \rho (v_r - v_c)^2 \quad (2)$$

Dimana,

$$\Delta P = P_z - P_d; \Delta P = 2 \cdot \rho \cdot v_r \cdot v_c ; \Delta v = v_c - (-V_c) = 2V_c \quad (3)$$

Sehingga,

$$\Delta P = \rho \cdot v_r \cdot \Delta v \quad (4)$$

2.4.3. Gaya angkat hidrodinamika

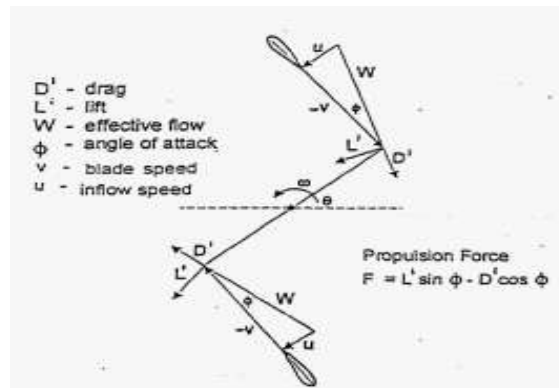
Setiap benda yang bergerak melalui fluida akan mengalami gaya netto dari fluida terhadap benda. Hal ini dapat berupa tegangan-tegangan geser, akibat efek viskos dan tegangan normal akibat tekanan [5]. Persamaan dari gaya angkat dapat dilihat sebagai berikut :

$$C_l = \frac{L}{\frac{1}{2} \rho \cdot U^2 \cdot A} \quad (5)$$

Dimana, C_l = koefisien angkat
 L = gaya angkat
 ρ = Densitas fluida
 U = kecepatan fluida
 A = Luas permukaan

2.4.4 Perhitungan Daya Turbin

Untuk menghitung daya dari Turbin Darrieus harus diketahui vector gaya dan kecepatan dari hydrofoilnya, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.5 berikut.



Gambar 2. 5. Vektor Turbin Darrieus

(sumber: <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/rotasi>)

Dari gambar 2.5 dapat diketahui bahwa blade serang (α) merupakan blade chord (c) dan kecepatan efektif aliran atau juga biasa disebut kecepatan relatif aliran (W). Kecepatan relatif aliran merupakan kecepatan yang berpengaruh langsung terhadap gaya- gaya pada hidrofoil dimana kecepatan ini tegak lurus terhadap arah gaya angkat (lift) dan sejajar terhadap arah gaya hambat [4]. Nilai kecepatan relatif dapat diperoleh melalui rumus berikut:

$$\mathbf{W} = \mathbf{U} + (-\omega \mathbf{R}) \quad (6)$$

Dari diagram gaya yang terlihat pada gambar 5, dapat diketahui besar gaya dorong yang dihasilkan dari hidrofoil tersebut adalah sebagai berikut :

$$\mathbf{F} = \mathbf{L} \sin \alpha - \mathbf{D} \cos \alpha \quad (7)$$

Yang mana nilai gaya dorong jika dikalikan dengan radius dari turbin akan menghasilkan nilai torsi Turbin Darrieus yang dinyatakan dengan:

$$\mathbf{T} = \mathbf{F} \times \mathbf{R} \quad (8)$$

dimana:

T = torsi turbin (N.m) F = gaya dorong (N)

R = radius turbin (m)

Sehingga besar daya yang dimiliki oleh Turbin Darrieus dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut [6]:

$$\mathbf{P_t} = \mathbf{T} \times \omega \quad (9)$$

dimana:

P_t = daya turbin (watt)

T = torsi turbin (N.m)

ω = kecepatan bladet turbin (rad/s)

Efisiensi turbin merupakan perbandingan antara daya turbin yang dihasilkan dengan daya yang dimiliki oleh aliran air. Hubungan ini dinyatakan dalam persamaan [7]:

$$\eta T = \frac{Pt}{Ph} \quad (10)$$

2.5 Kelebihan dan Kekurangan Mikro Hidro Kinetik

2.5.1 Kelebihan Pembangkit Mikro Hidro Kinetik

Teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro memiliki beberapa keuntungan diantaranya sebagai berikut :

- Memanfaatkan sumber energi terbarukan yang banyak terdapat di alam berupa aliran air.
- Teknologi yang ramah lingkungan karena bisa memanfaatkan aliran langsung dari sungai ataupun aliran air berupa kanal sehingga tidak mengganggu ekologi lingkungan.

2.5.2 Kekurangan Pembangkit Mikro Hidro Kinetik

Banyak sedikitnya energi yang dihasilkan dipengaruhi oleh debit atau kecepatan aliran air, sehingga jika debit dan aliran air berkurang atau menurun, maka daya yang dihasilkan dari mikro hidro tersebut akan berkurang.

2.6 Manajemen Produksi

2.6.1 Pengertian Manajemen Produksi

Manajemen produksi adalah salah satu ilmu di bidang manajemen yang mempunyai peran untuk mengatur dan mengkoordinasikan suatu kegiatan untuk mencapai tujuan produksi barang dan jasa agar sesuai dengan yang diinginkan.

2.6.2 Fungsi Manajemen Produksi

Fungsi Manajemen produksi menurut Sofjan Assauri (2004 : 22) Empat fungsi terpenting dalam fungsi produksi yaitu:

1. Proses pengolahan, merupakan metode atau teknik yang digunakan untuk pengolahan masukan (input).
2. Jasa-jasa penunjang, merupakan sarana yang berupa pengorganisasian yang perlu untuk penetapan dan metode yang akan dijalankan sehingga proses pengolahan dapat dilaksanakan secara efektif dan efisien.

3. Perencanaan, merupakan keterkaitan dan pengorganisasian dari kegiatan produksi yang akan dilakukan dalam suatu dasar waktu atau periode tertentu.
4. Pengendalian atau pengawasan, merupakan fungsi untuk menjamin terlaksananya kegiatan sesuai dengan yang direncanakan, sehingga maksud dan tujuan untuk penggunaan dan pengolahan masukan (input) pada kenyataannya dapat dilaksanakan.

2.6.3 Ruang Lingkup Manajemen Produksi

Manajemen produksi memiliki tiga kategori ruang lingkup berupa keputusan atau kebijakan utama yaitu sebagai berikut:

1. Kebijakan mengenai desain. Dalam hal ini, desain tergolong kebijakan yang mempunyai jangka waktu panjang seperti, penentuan desain produk, desain lokasi pabrik, desain teknologi pengolahan produk, desain organisasi perusahaan, dan desain *job description* serta *job specification*.
2. Kebijakan mengenai proses transformasi. Keputusan transformasi ini memiliki jangka waktu yang pendek, yaitu berkaitan dengan keputusan taktis, dan operasi. Salah satu pekerjaan yang terkait transformasi yaitu jadwal produksi, shift kerja, anggaran produksi serta jadwal masukan dan keluaran penyelesaian produk.
3. Kebijakan yang berkesinambungan. Kebijakan ini memiliki sifat berkesinambungan oleh sebab itu kebijakan tersebut bersifat rutin. Kegiatan yang merupakan kebijakan berkesinambungan meliputi perbaikan terus-menerus untuk mutu produk, system yang efektif dan efisien, kapasitas para pekerja dan perawatan sarana kerja..

2.6.4 Tahapan Manajemen Produksi

Tahapan-tahapan dari manajemen produksi yang harus dilalui untuk mendapatkan hasil produksi yang sesuai dengan target yaitu sebagai berikut :

1. Perencanaan Produksi
Tahap perencanaan produksi yaitu membahas atau merencanakan produksi yang akan diterapkan untuk kedepannya. Perencanaan produksi ini juga menentukan hal-hal yang dibutuhkan dalam prosesnya seperti jenis barang yang akan diproduksi, kualitas barang, jumlah barang, bahan baku dan bagaimana pengendalian produksi harus dilakukan.

2. Pengendalian Produksi

Pengendalian produksi bertujuan untuk memastikan rencana dari produksi berjalan sesuai dengan rencana yang telah dibuat sebelumnya. Pengendalian produksi juga disebut dengan proses penentuan rincian teknis adapun hal-hal yang dilakukan dalam pengendalian produksi seperti: pengaturan jadwal kerja dan pengaturan detail rencana sistem kerja agar mendapatkan waktu yang efisien dan efektif.

2.7 Manajemen Proyek

2.7.1 Pengertian Manajemen Proyek

Manajemen proyek (*Project Management*) adalah suatu rangkaian kegiatan yang terdiri dari kegiatan penjadwalan, perencanaan dan pengendalian suatu proyek. Ilmu tentang manajemen proyek dapat digunakan pada berbagai jenis proyek dan digunakan secara luas untuk menyelesaikan proyek besar dan kompleks. Tujuan utama dari manajemen adalah mempermudah manajemen dalam menyusun penjadwalan (*schedule*) suatu proyek, menentukan total waktu yang dibutuhkan dalam menyelesaikan suatu proyek, menentukan kegiatan-kegiatan yang dilakukan dalam proyek, dan menentukan biaya yang diperlukan dalam menyelesaikan suatu proyek. Semuanya diarahkan pada sasaran yang telah ditetapkan dan berlangsung terus-menerus seiring berjalannya waktu.

Manajemen proyek merupakan salah satu pemikiran mengenai manajemen yang ditujukan untuk mengelola kegiatan yang berbentuk proyek. Manajemen proyek memiliki arti berbeda karena menggambarkan suatu komitmen sumber daya dan manusia untuk melakukan suatu aktivitas yang penting dalam jangka waktu relatif, di mana setelah selesai manajemen akan dibubarkan. Terdapat tiga fase dalam manajemen proyek, yaitu: perencanaan, penjadwalan dan pengendalian. Ada tiga garis besar yang dibahas dalam manajemen proyek untuk menciptakan berlangsungnya sebuah proyek, yaitu:

1. Perencanaan

Perencanaan, mencakup penetapan sasaran, pendefinisian proyek dan organisasi tim, untuk mengerjakan beberapa proyek sekaligus, seperti yang terjadi di beberapa perusahaan besar, maka cara yang efektif untuk menugaskan tenaga kerja dan sumber daya secara fisik adalah melalui organisasi proyek [8]. Setiap proyek memiliki tujuan khusus, dan dalam proses pencapaian tujuan tersebut ada tiga batasan yang harus dipenuhi atau yang lebih dikenal dengan *Triple Constraints*. *Triple Constraints* adalah usaha pencapaian tujuan yang berdasarkan batasan yang ada yaitu mutu pekerjaan, waktu pekerjaan dan biaya pekerjaan. Ketiga *Constraints* tersebut haruslah seimbang agar

menghasilkan produk atau hasil pekerjaan yang sesuai dengan yang diinginkan.

2. Penjadwalan

Penjadwalan proyek adalah pembuatan rencana pelaksanaan setiap kegiatan di dalam suatu proyek dengan mengoptimalkan efisiensi pemakaian waktu dan sumber daya yang tersedia, tetapi kesesuaian presedensi diantara kegiatan tetap dipenuhi [9]. Pendekatan yang lazim digunakan adalah digram Gantt Chart, PERT (*Project Evaluation and Review Technique*), dan CPM (*Critical Path Method*) [8]. Pada saat merencanakan penjadwalan haruslah diperinci dahulu kegiatan-kegiatan yang harus dikerjakan yaitu dengan menyusun *Work breakdown Structure*. *Work breakdown structure* adalah suatu metode pengorganisasian proyek menjadi struktur pelaporan hierarki dengan memperhatikan *prodesesor*. WBS biasa digunakan untuk melakukan pemecahan pada proses pekerjaan agar menjadi lebih detail. Hal ini dimaksudkan agar dalam merencanakan proyek memiliki tingkat akurasi yang lebih baik. WBS disusun berdasarkan dasar pembelajaran seluruh dokumen proyek yang meliputi kontrak, gambar-gambar, dan spesifikasi. Proyek kemudian diuraikan menjadi bagian-bagian dengan mengikuti pola struktur dan hirarki tertentu menjadi item-item pekerjaan yang cukup terperinci.

3. Pengendalian Proyek

Fungsi pengendalian adalah sebagai pengawasan terhadap suatu pekerjaan yang dilakukan dengan cara mengevaluasi hasil dari pekerjaan tersebut. Pengendalian proyek meliputi pengendalian terhadap sumber daya, kualitas pekerjaan dan anggaran biaya agar sesuai dengan perencanaan proyek yang telah dibuat.

2.7.2 Aspek-Aspek Manajemen Proyek

Adapun aspek-aspek yang harus dipertimbangkan dalam pekerjaan proyek yaitu [10]:

1. Keuangan

Aspek keuangan berkaitan dengan biaya belanjaan dan pembiayaan proyek. Keuangan dapat berasal dari modal sendiri atau pinjaman dari bank dalam jangka waktu yang pendek maupun panjang.

2. Anggaran biaya

Aspek anggaran biaya berkaitan dengan perencanaan dan pengendalian biaya selama proyek berlangsung. Perencanaan yang matang serta terstruktur dan terperinci akan memudahkan proses pengendalian biaya sehingga biaya yang dikeluarkan sesuai dengan anggaran yang telah direncanakan.

3. Sumber Daya Manusia

Aspek sumber daya manusia yaitu mengenai hasil akhir suatu proyek. Semakin terjadwal dan terstruktur suatu kegiatan proyek, maka akan menghasilkan hasil yang memuaskan seperti yang diinginkan.

4. Waktu

Aspek waktu dalam pengerjaan proyek sangat penting karena jika suatu proyek mengalami penundaan atau keterlambatan dalam suatu pengerjaannya, maka proyek tersebut akan banyak mengabdikan biaya sehingga dapat menimbulkan kerugian. Jadi dalam pengerjaan proyek waktu merupakan aspek yang sangat penting dan harus diperhatikan.

5. Efektivitas dan Efisiensi

Aspek efektifitas ini dapat merugikan apabila fungsi produk yang telah dihasilkan tidak sesuai dengan perencanaan awal, serta tidak efektifnya hasil produksi dan efisiensi tidak terpenuhi sehingga usaha produksi membutuhkan biaya besar sehingga proses tersebut mengalami kerugian.

2.7.3 Fungsi Manajemen proyek

Adapun beberapa fungsi dari manajemen proyek yaitu sebagai berikut:

2.7.3.1 Fungsi Perencanaan

Fungsi perencanaan (*planning*) yaitu suatu tindakan pengambilan keputusan yang mengandung data dan informasi, serta kegiatan yang akan dipilih dan akan dilakukan pada masa mendatang. Perencanaan mencakup empat hal, yaitu keamanan, keefektifan, keefisienan, dan mutunya terjamin. Perencanaan adalah dasar acuan bagi kegiatan selanjutnya seperti pelaksanaan dan pengendalian. Tahapan dalam perencanaan proyek adalah sebagai berikut :

a. Rincian Struktur Kerja (*Work Breakdown Structures/WBS*)

Rincian struktur kerja diawali dengan menyusun komponen-komponen utama proyek [11]. WBS adalah suatu metode pengorganisasian

proyek menjadi struktur pelaporan hierarki. WBS digunakan untuk melakukan pemecahan tiap proses pekerjaan menjadi lebih detail serta dibagi menjadi tugas perindividu [12]. Hal ini dimaksudkan agar proses perencanaan proyek memiliki tingkat yang lebih baik. WBS disusun berdasarkan dasar pembelajaran seluruh dokumen proyek yang meliputi kontrak, gambar-gambar, dan spesifikasi. Proyek kemudian diuraikan menjadi bagian-bagian dengan mengikuti pola struktur dan hirarki tertentu menjadi item-item pekerjaan yang cukup terperinci. WBS memberi penjelasan mengenai:

- Pekerjaan yang dilakukan.
- Mengidentifikasi keahlian yang dibutuhkan.
- Panduan dalam memilih tim proyek.
- Dasar penjadwalan proyek.

b. Diagram Jaringan (*The Network Diagram*)

Langkah kedua dari perencanaan adalah menggambarkan diagram jaringan yang menunjukkan urutan kejadian (Kerzner, 1992:92). Tipe diagram yang paling banyak digunakan adalah bagan PERT. Pada bagan PERT dengan mengikuti petunjuk garis panah, lamanya waktu yang dibutuhkan untuk menelusuri setiap jalur dapat dijumlahkan dengan menambahkan lamanya waktu dari jalur masing-masing kegiatan. Jalur kritis (*CP / Critical Path*) adalah jalur terpanjang dan didefinisikan waktu minimal yang dibutuhkan untuk mengerjakan proyek.

c. Menghitung Biaya Proyek

Biaya proyek dapat dari biaya kasar untuk tenaga kerja, material dan sewa alat. Biaya pekerja perhari disebut biaya penuh yang harus mencakup biaya operasi, sewa, administrasi, pekerja, dan keuntungan [13]. Untuk itu harus ditambahkan biaya tetap, seperti sewa computer, sewa peralatan khusus dan biaya tak terduga. Biaya tetap harus dirinci oleh setiap estimator untuk kegiatan utamanya.

2.7.3.2 Fungsi Organisasi

Fungsi organisasi merupakan fungsi yang bertujuan untuk mempersatukan sumber daya manusia yang mempunyai pekerjaan masing-masing, saling terhubung antara satu sama lain dengan cara tertentu dan berinteraksi dengan lingkungannya agar untuk mendukung tercapainya tujuan suatu proyek.

2.7.3.3 Fungsi Pelaksanaan

Fungsi pelaksanaan adalah menyelaraskan seluruh anggota organisasi dalam kegiatan pelaksanaan, serta mengupayakan agar seluruh anggota organisasi dapat bekerja sama dalam pencapaian tujuan bersama.

2.7.4 Jalur Kritis Proyek

2.7.4.1 Pengertian Jalur Kritis

Metode Jalur Kritis adalah suatu rangkaian dari pekerjaan dalam suatu proyek yang menjadi bagian kritis atas terselesainya proyek secara keseluruhan. Apabila pekerjaan yang termasuk jalur kritis tidak terselesaikan tepat waktu, maka pekerjaan tersebut akan menyebabkan proyek mengalami keterlambatan karena waktu *finish* proyek akan mengalami penundaan. CPM dibuat dalam suatu *network* yang dihitung dengan cara tertentu dan dapat pula dengan *software* seperti *Ms.Project* sehingga menghasilkan suatu rangkaian pekerjaan yang termasuk dalam lintasan kritis. Penggunaan CPM dimaksudkan untuk membuat *schedule* yang berukuran besar pada proyek menjadi *schedule* yang lebih kecil. Agar dapat mempermudah dalam pengawasan dan pengendalian proyeknya. Konsep ini tentu saja dapat dikembangkan sesuai dengan kondisi proyek yang ada. Berikut adalah langkah-langkah dalam penentuan CPM :

- Membagi pekerjaan menjadi beberapa sub pekerjaan yang sesuai dengan metode WBS.
- Menentukan durasi penyelesaian pekerjaan pada masing-masing kegiatan.
- Menentukan critical path method agar mengetahui pekerjaan mana saja yang perlu dilakukan pengawasan dalam pengerjaannya.
- Membandingkan durasi total pekerjaan dengan waktu yang dibutuhkan.

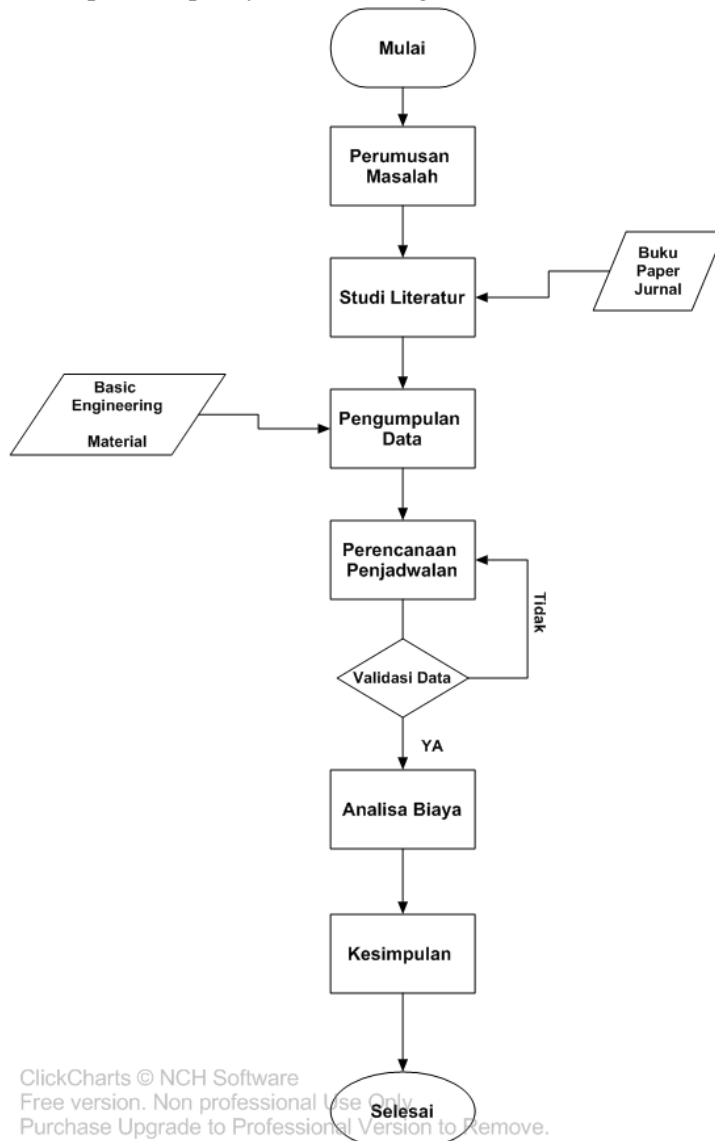
2.7.4.2 Manfaat Jalur Kritis

Adapun beberapa manfaat CPM (*critical path method*) bagi suatu proyek adalah :

- Memprediksi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan sebuah proyek,
- Memperlihatkan alur kegiatan mana saja yang harus diperhatikan dalam pengerjaan suatu proyek agar tidak mengalami keterlambatan.
- Dapat mempercepat penyelesaian proyek dengan cepat dan efisien.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Dalam pembuatan skripsi ini, tentu saja memerlukan proses yang harus terstruktur. Hal tersebut haruslah ada, agar kedepannya dalam pengerjaan akan terasa lebih terarah dan lebih mudah. Dalam metodologi penelitian ini, akan diuraikan tahap demi tahap yang akan dilakukan dalam pengerjaan skripsi ini nantinya. Adapun tahapan-tahapannya adalah sebagai berikut :



Gambar 3. 1 Bagan Metodologi Penelitian

3.1 Perumusan Masalah

Perumusan masalah merupakan tahap awal dalam pelaksanaan skripsi. Tahap ini merupakan tahap yang sangat penting, dimana pada tahap inilah mengapa suatu permasalahan yang ada harus dipecahkan sehingga layak untuk dijadikan bahan dalam skripsi. Pencarian masalah dilakukan dengan cara menggali informasi mengenai masalah yang terjadi pada saat ini. Dari tahap ini juga, tujuan mengapa skripsi ini dikerjakan dapat diketahui. Dalam skripsi ini, masalah yang akan dibahas dan dipecahkan adalah mengenai estimasi waktu dan Biaya Pembangunan Pembangkit Listrik Mikro Hidro Kinetik Di Kanal PLTU Paiton.

3.2 Studi Literatur

Setelah suatu permasalahan sudah diketahui, maka selanjutnya adalah studi literatur. Dimana yang harus dilakukan pada tahap ini, adalah mencari referensi permasalahan-permasalahan yang ada berikut solusinya dan juga mempelajari kedua hal tersebut untuk diimplementasikan pada skripsi ini, sehingga jelas apa saja yang harus dilakukan agar permasalahan tersebut dapat terpecahkan. Studi literatur dapat diperoleh dari berbagai media, diantaranya :

- Buku
- Jurnal
- Paper
- Artikel dan Internet

Literatur pendukung dalam pengerjaan tugas akhir ini yaitu mengenai pembangkit listrik tenaga mikrohidro kinetik, turbin vertical axis, Turbin Darrieus serta manajemen proyek untuk pembangunan konstruksi, serta materi lain yang menunjang tugas akhir ini. Untuk pencarian berbagai referensi dan literatur dilakukan di beberapa tempat diantaranya:

- Perpustakaan ITS
- Ruang Baca Perpustakaan FTK ITS
- Laboratorium Marine Electrical and Automatication System

3.3 Pengumpulan Data

Selanjutnya adalah pengumpulan data yang bertujuan memperoleh data dan informasi yang menunjang pengerjaan skripsi. Dalam hal ini data yang dibutuhkan antara lain :

1. Data Basic Engineering
2. Data Material yang digunakan dalam pembangunan PLTMH.
3. Data Proyek Pembangunan PLTMH

3.4 Perencanaan Penjadwalan

Tahapan selanjutnya adalah tentang Perencanaan penjadwalan. Menyusun penjadwalan dalam proses pembangunan Pembangkit Listrik Mikro Hidro Kinetik pada Kanal PLTU Paiton. Penjadwalan proyek adalah pembuatan rencana pelaksanaan setiap kegiatan di dalam suatu proyek dengan mengoptimalkan efisiensi pemakaian waktu dan sumber daya yang tersedia, tetapi kesesuaian presedensi diantara kegiatan tetap dipenuhi agar mendapatkan estimasi waktu tercepat dalam pengerjaan proyek.

Menurut Lawrence dan Pasternack [9], ada beberapa tujuan penjadwalan proyek meliputi:

1. Menentukan jadwal paling awal dan paling akhir dari waktu mulai dan berakhir untuk setiap kegiatan yang mengarah ke waktu penyelesaian paling awal untuk keseluruhan proyek;
2. Mencari biaya jadwal minimum yang akan menyelesaikan sebuah proyek dengan tanggal tertentu;
3. Menginvestigasi bagaimana keterlambatan untuk kegiatan tertentu mempengaruhi waktu penyelesaian keseluruhan proyek;
4. Monitoring sebuah proyek untuk menentukan apakah berjalan tepat waktu dan sesuai anggaran;

Dalam melakukan penjadwalan pembangunan Pembangkit Listrik Mikro Hidro Kinetik digunakan aplikasi *Microsoft Project 2007*.

3.5 Analisa Biaya

Pada tahapan ini analisa biaya digunakan untuk menentukan estimasi biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan Pembangkit Listrik Mikro Hidro Kinetik pada Kanal PLTU Paiton. Analisa biaya tersebut didapat dari berapa lama waktu yang dibutuhkan dalam pembangunan tersebut untuk upah pegawai, biaya sewa peralatan untuk pembangunan Pembangkit Listrik Mikro Hidro Kinetik, biaya material yang dibutuhkan dalam pembangunan serta biaya pengiriman barang atau material dan biaya komponen yang dibutuhkan.

3.6 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan yaitu tahap dimana dari hasil pekerjaan disimpulkan serta menjawab tentang rumusan masalah yang ada.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Uraian Proyek

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerakya seperti, saluran irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi dan jumlah debit air. Pembangkit listrik mikrohidro mengacu pada pembangkit listrik dengan skala di bawah 200 kW. PLTMH juga termasuk sumber energi terbarukan dan layak disebut *clean energy* karena ramah lingkungan.

4.1.1 Data Teknik Proyek

- a. Nama proyek : Proyek Pembangunan Pembangkit Listrik Mikrohidro Kinetik
- b. Lokasi : Kanal PLTU Paiton
- c. Pemilik : PJB Paiton

4.1.2 Dimensi Proyek

- a. Diameter Kanal : 20 meter
- b. Kecepatan Aliran : 2,9 m/s
- c. Kedalaman Air : 4 meter

4.2 Potensi Sumber

Dalam kasus ini, Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) akan dibangun di Kanal pembuangan air laut di PLTU Paiton. Aliran air yang memiliki debit tinggi menjadi salah satu acuan dalam pembangunan mikrohidro tersebut untuk digunakan dan diubah menjadi energi terbarukan. Aliran air tersebut didapatkan dari hasil pendinginan kondensor yang kemudian dialirkan kembali ke laut. Aliran tersebut memiliki kecepatan arus sebesar 2,9 m/s pada posisi sebelum *drop structure* atau dekat dengan *outlet condenser*, maka sangat mungkin untuk dijadikan PLTMH. Semakin besar arus yang mengalir maka akan semakin besar pula daya yang dibangkitkan.

4.3 Konsep Desain

Energi hidrokinetik didapatkan dengan memanfaatkan arus air, seperti arus laut dan sungai atau saluran irigasi. Penggunaan arus ini dijadikan salah satu pilihan yang lebih tepat untuk mengembangkan teknologi hidrokinetik. Teknologi turbin hidrokinetik pada awalnya mengadopsi prinsip kerja turbin angin, kemudian berkembang menyesuaikan lingkungan laut atau aliran sungai. Secara umum, konversi energi hidrokinetik menjadi listrik dapat dilakukan dengan menggunakan turbin horisontal aksis dan vertikal aksis .

1. Turbin Sumbu Horizontal (HAT)

Turbin sumbu horizontal *blade* turbin dirancang berlawanan arah dengan arah arus laut agar dapat memutar *blade* turbin berputar. Konversi energi terjadi dari kecepatan dan arus air laut yang diubah menjadi putaran turbin dan digunakan untuk memutar turbin. Hal lain yang mempengaruhi putaran turbin adalah perubahan beban-beban gaya, kedalaman, dan kemungkinan terjadinya kavitasi.

2. Turbin Sumbu Vertikal (VAT)

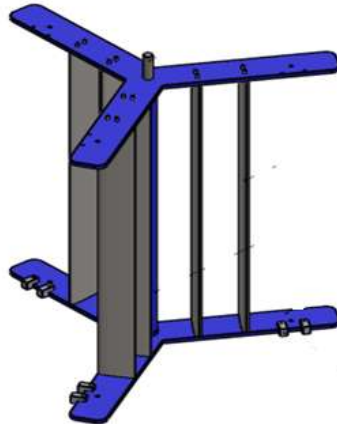
Turbin sumbu vertikal dirancang tegak lurus dengan arah arus laut. Turbin sumbu vertikal memiliki efisiensi yang lebih besar, tetapi tidak stabil dan getaran yang dihasilkan lebih tinggi. Keuntungan yang lain adalah ukuran *blade* pada turbin jenis VAT dapat ditingkatkan tanpa adanya batasan seperti pada turbin jenis HAT. Kerugian dari turbin jenis VAT adalah memiliki sifat *self-start* yang buruk yaitu kekuatan suatu turbin untuk memulai berputar lambat.

Pada proyek ini turbin yang digunakan adalah jenis turbin sumbu vertikal (VAT) dengan jenis Turbin Darrieus. Turbin Darrieus dengan *passive pitch* digunakan karena turbin *passive pitch* memiliki banyak keunggulan, diantaranya ialah memiliki kemampuan *self-starting* yang lebih baik daripada Turbin Darrieus *fix pitch*, meminimalisir *stall*, dan meningkatkan gaya *lift* pada sebagian besar *azimuth* putar turbin.

4.4 Perancangan Turbin

4.4.1 Desain Turbin

Turbin yang digunakan pada PLTMH ini adalah Turbin Darrieus. Turbin Darrieus memiliki keunggulan diantaranya tidak terlalu memperhitungkan arah aliran karena bentuknya yang simetri, mampu beroperasi pada *head* dan kecepatan yang rendah. Sedangkan kelemahannya adalah ketidakmampuan melakukan *self-starting*, dan getaran yang tinggi. Gambar 4.1 menunjukkan gambar rancangan turbin yang digunakan.



Gambar 4. 1 Desain Turbin Darrieus

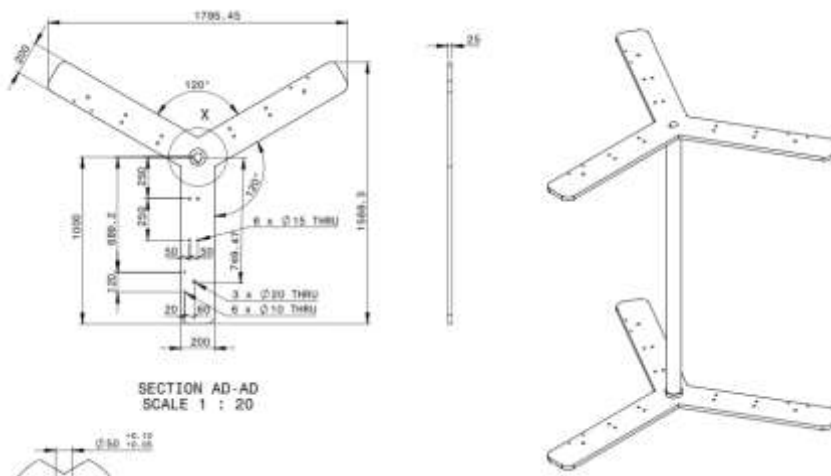
(Sumber : Doc. Drawing Turbin 5 Kw)

Dari kelemahan yang ada pada Turbin Darrieus, maka untuk mencegahnya pada pembangunan PLTMH ini digunakan Turbin Darrieus tipe *passive pitch* karena memiliki keunggulan diantaranya kemampuan *self-starting* yang lebih baik daripada Turbin Darrieus *fix pitch*, meminimalisir *stall*, dan meningkatkan gaya *lift* pada sebagian besar *azimuth* putar turbin.

4.4.2. Konstruksi Turbin

Konstruksi dari Turbin Darrieus terdiri dari dari :

- *Base plate turbine* merupakan pondasi dari turbin untuk menyangga *blade* serta poros turbin. Desain *base plate turbine* dapat dilihat pada gambar 4.2 berikut.

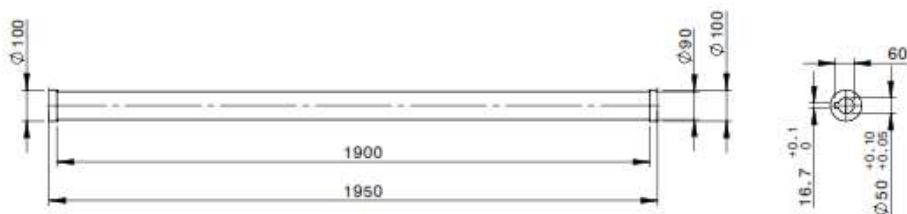


Gambar 4. 2. Base Plate Turbin Darrieus

(Sumber : Doc. Drawing Turbin 5 Kw)

Material yang digunakan pada rancangan gambar 4.2 adalah jenis material SUS 304 dengan ukuran dimensi 1800 x 1600 x 25 dalam mm.

- *Shaft* berfungsi untuk mentransmisikan atau meneruskan tenaga yang dihasilkan dari *blade turbin* yang berputar karena dipengaruhi oleh arus aliran air. Pada saat merencanakan poros harus ditinjau beban statis dan beban dinamisnya. Beban statis yaitu beban yang diambil dari *drag force* maksimum yang terjadi pada turbin untuk memastikan kekuatan poros saat mengalami kondisi ekstrim. Sedangkan tinjauan beban dinamis biasanya digunakan untuk menghitung ketahanan poros ketika beroperasi. Desain *shaft* turbin dapat dilihat pada gambar 4.3 berikut.

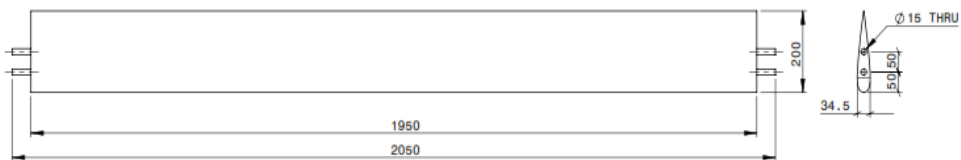


Gambar 4. 3. Shaft Turbin Darrieus

(Sumber : Doc. Drawing Turbin 5 Kw)

Material *shaft* yang digunakan pada gambar rancangan 4.3 adalah material jenis SUS 304 dengan ukuran dimensi diameter 100 mm dengan panjang 2000 mm.

- *Blade* merupakan bagian dari turbin yang berfungsi untuk menangkap aliran air sehingga poros atau *shaft* dapat berputar sehingga dapat menghasilkan tenaga listrik. Desain *blade* turbin dapat dilihat pada gambar 4.4 berikut.

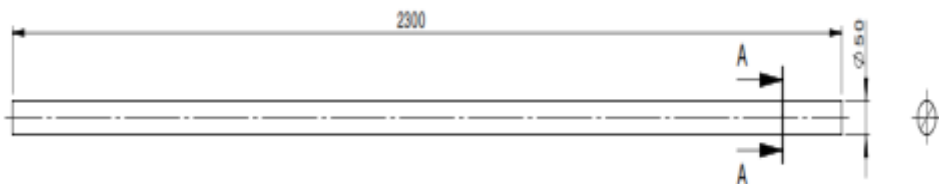


Gambar 4. 4. Blade Turbin Darrieus

(Sumber : Doc. Drawing Turbin 5 Kw)

Material *blade* yang digunakan pada gambar rancangan 4.4 adalah Alunium T6 dengan panjang 2000 mm, lebar 200 mm dan ketebalan 35 mm.

- *Rotary Shaft* merupakan bagian paling penting dalam turbin karena energi mekanik yang dihasilkan dari turbin tersebut akan ditransmisikan untuk memutar poros yang telah digabungkan dengan generator sehingga dapat menghasilkan energi listrik. Desain *rotary shaft* turbin dapat dilihat pada gambar 4.5 berikut.

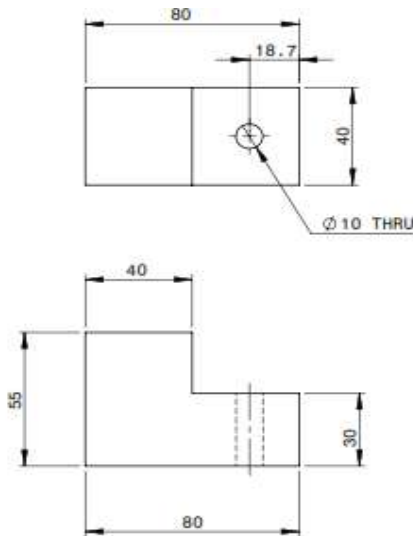


Gambar 4. 5. Rotari Shaft Turbin Darrieus

(Sumber : Doc. Drawing Turbin 5 Kw)

Pada gambar 4.5 rancangan desain *rotary shaft generator* tersebut dibuat dengan maerial SUS 304 dengan panjang *shaft* 2300 mm dan diameter 50 mm.

- *Plate support* berfungsi untuk meminimalisir getaran serta defleksi yang terjadi akibat adanya gaya dorong arus laut pada turbin yang nilainya fluktuatif. Desain *plate support* turbin dapat dilihat pada gambar 4.6 berikut.



Gambar 4. 6. *Plate support* Turbin Darrieus

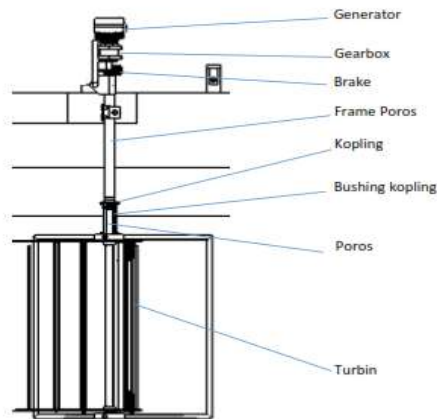
(Sumber : Doc. Drawing Turbin 5 Kw)

Pada gambar 4.6 rancangan desain *plate support* tersebut terbuat dari material SUS 304 dengan dimensi 80x55x40 mm.

4.4.3. Sistem Transmisi Turbin

4.4.3.1 Sistem Mekanik

Fungsi utama sistem transmisi mekanik untuk menyalurkan daya yang diperoleh dari turbin. Arus yang terjadi di bawah permukaan air memutar turbin dengan nilai torsi dan rpm tertentu. Torsi dan putaran yang dihasilkan turbin tersebut selanjutnya disalurkan melalui komponen transmisi mekanik berupa poros, kopling dan *gearbox* sebelum akhirnya ditransmisikan menuju generator dapat dilihat pada gambar 4.7 berikut.



Gambar 4.7. Sistem Transmisi Mekanik

(Sumber : Doc. Drawing Turbin 5 Kw Transmisi Mekanik)

Adapun sistem-sistem mekanik pada gambar 4.7 tersebut terdiri dari :

1. *Kopling*

Kopling berfungsi untuk memindahkan daya poros ke transmisi *gearbox* atau langsung ke generator, dengan meredam getaran dari poros rotor serta sebagai salah satu sarana meluruskan sambungan (*alignment*).

2. *Gearbox*

Gearbox merupakan suatu alat yang digunakan untuk menyesuaikan daya atau torsi (momen) dari rotor atau baling baling yang berputar. Pada umumnya *gearbox* pada turbin arus laut berfungsi untuk memindahkan daya dari rotor ke generator dengan mempercepat putarannya. Hal ini diperlukan karena putaran rotor berotasi pada putara rendah, sementara putaran poros generatornya bekerja pada putaran tinggi.

3. *Brake*

Rem berfungsi untuk menghentikan putaran poros rotor yang bertujuan untuk keamanan atau pada saat dilakukan perbaikan atau perawatan alat, maupun jika sewaktu-waktu terjadi cuaca ekstrim di area penempatan.

4. *Frame* Penyangga Turbin

Saat turbin beroperasi (kondisi vertikal) terdapat dua buah tumpuan yang menyangga *frame* utama. Hal ini bertujuan untuk meminimalisir getaran serta defleksi yang terjadi akibat adanya gaya dorong arus laut pada turbin yang

nilainya fluktuatif. Tumpuan pertama berupa poros engsel yang berada pada bagian atas platform.

4.4.3.2 Sistem Transmisi Elektrik

Fungsi utama sistem transmisi elektrik adalah menyalurkan energi listrik yang dihasilkan dari generator ke beban-beban listrik yang disuplai. Generator dapat menghasilkan energi listrik akibat diputar oleh turbin. Karena terdapat tiga buah generator dan masing-masing generator menghasilkan tegangan listrik yang tidak stabil, maka diperlukan beberapa peralatan yang fungsinya antara lain mengumpulkan energi listrik dari semua generator dan menstabilkan tegangan listrik sebelum sampai ke beban yang disuplai. Adapun system-sistem electrical yang digunakan yaitu:

1. Generator 5 Kw

Generator Pembangkit Listrik yang digunakan dalam PLTMH ini adalah generator dengan penguatan dari magnet dan memiliki putaran rendah. Putaran yang diatur pada 150 – 200 rpm dan penguatan yang permanen yang dilakukan diharapkan dapat menjaga performa dari generator ini sehingga dapat bekerja dengan baik. Hal ini dikarenakan generator magnet permanen tidak mengalami kehilangan arus eksitasi dan dengan putaran yang rendah dapat menghasilkan tegangan 400 volt sampai dengan 500 volt. Generator yang digunakan berjumlah 3 buah dengan kapasitas 5 Kw.

2. MPPT

MPPT atau *Maximum Power Point Tracker* merupakan sebuah rangkaian elektronik yang dioperasikan pada pembangkit listrik yang menggunakan magnet permanen generator PMG agar mendapatkan power yang maksimum khususnya untuk mendapatkan tegangan maksimum diantara peningkatan dan penurunan tegangan yang terjadi pada *output* generator. Penggunaan MPPT dimaksudkan agar energi listrik yang dihasilkan oleh generator dapat maksimal walaupun kecepatan arus atau aliran air berubah-ubah.

3. *Rectifier 3 Phase*

Rectifier merupakan komponen penyearah dari tegangan bolak balik (AC) yang dibangkitkan oleh generator GMP 3 fase ke tegangan searah (DC) yang disalurkan ke *bus* pembangkit listrik. Pengubahan tegangan dari AC 3 fase menjadi DC dimaksudkan agar penggabungan energi listrik dari satu generator dengan generator lain menjadi lebih mudah.

4. *Boost Converter*

Boost converter merupakan peralatan yang digunakan untuk meningkatkan besaran tegangan listrik yang berupa tegangan DC.

5. *Inverter*

Inverter digunakan untuk mengubah kembali tegangan DC menjadi tegangan AC 3 fase. Sebelumnya energi listrik dijadikan tegangan DC agar mudah digabungkan. Namun karena hampir semua beban listrik membutuhkan tegangan AC, maka tegangan DC diubah kembali menjadi tegangan AC tiga fase melalui *inverter*. Spesifikasi dari *inverter* adalah 30 kVA dengan tegangan keluaran 380 V *line-to-line*.

6. *Stabilizer*

Stabilizer merupakan peralatan tambahan yang digunakan untuk memastikan bahwa tegangan AC yang dikeluarkan oleh *inverter* benar-benar stabil yaitu bernilai 220 V atau 380 V. Spesifikasi *stabilizer* adalah 30 kVA dengan tegangan *output* 380 V *line-to-line*.

7. *Trafo Step-up*

Trafo step-up digunakan untuk menaikkan tegangan keluaran dari *stabilizer* sebelum disalurkan. Karena jarak penyaluran dari pembangkit listrik panjang, dikhawatirkan rugi-rugi daya listrik cukup besar apabila tegangan yang digunakan adalah tegangan rendah, karena rugi-rugi daya sebanding dengan arus dan berbanding terbalik dengan tegangan. Oleh karena itu tegangan 380 V keluaran *stabilizer* dinaikkan menjadi tegangan menengah 20 kV oleh trafo sebelum kemudian disalurkan ke darat.

8. *Main Distribusi Panel*

Panel ini merupakan panel yang digunakan untuk percabangan kabel-kabel yang mengarah ke beban. Tegangan, arus dan frekuensi dari setiap percabangan ke beban dimonitor di panel ini.

9. Sistem Penyimpanan Baterai

Sistem PLTMH merupakan pembangkit listrik yang dirancang untuk bisa dimanfaatkan langsung secara *on grid* atau *off grid*. Oleh karena itu, PLTMH ini memerlukan penyimpanan daya listrik berupa baterai. Apabila arus aliran kanal besar, maka energi listrik yang dibangkitkan oleh generator akan bernilai besar dan kemungkinan melebihi kebutuhan energi listrik yang diperlukan. Kelebihan energi ini akan disimpan ke baterai dan dapat

digunakan untuk menyuplai kebutuhan energi listrik sewaktu-waktu apabila arus atau aliran air sedang turun dan energi yang dibangkitkan kecil.

4.4.4 *Monitoring* dan Kontrol

Sistem *monitoring* dapat diaplikasikan pada turbin arus laut untuk mengukur dan memantau parameter kinerja turbin. Sistem turbin tersebut bekerja secara terus-menerus di lokasi yang jauh dari operator turbin. Oleh karena itu, diperlukan perangkat pendukung operasi sistem turbin berupa sistem *monitoring* dan kontrol. Sistem *monitoring* dan kontrol tersebut digunakan agar kinerja turbin yang dipasang di suatu tempat dapat dipantau dari jarak jauh secara kontinu dan *real time*. Sehingga gejala kegagalan atau kerusakan yang mungkin terjadi pada turbin dapat diantisipasi secara cepat. Sistem *monitoring* dan kontrol tersebut meliputi :

1. Panel Monitor Generator

Panel ini merupakan panel untuk memonitor variabel-variabel yang ada pada generator dengan tujuan untuk keamanan generator dan seluruh sistem kelistrikan yang terkoneksi. Variabel-variabel yang dimonitor antara lain kecepatan putar generator, tegangan, arus, frekuensi dan temperatur dari generator. Apabila kecepatan putar generator terlalu tinggi, dapat terjadi kerusakan pada generator, sehingga kecepatan perlu dimonitor serta dipasang peralatan pengaman yang terkait.

2. Panel Monitor Tegangan Combiner

Panel untuk memonitor variabel tegangan sebagai hasil penyearah tegangan dari tiga buah *rectifier* yang masing-masing terhubung dengan tiga generator. Karena energi listrik sudah berupa tegangan DC, maka yang perlu dimonitor hanya amplitudo dari tegangan listriknya. Jika amplitudo dari tegangan listrik keluaran dari tiga *rectifier* sudah sama, maka seluruh energi listrik dapat digabungkan di-combiner.

3. Panel Monitor Tegangan *Boost Converter*

Tegangan keluaran dari *boost converter* perlu dimonitor agar bernilai lebih tinggi dari target tegangan keluaran *inverter*. Dengan demikian nilai tegangan dari *boost converter* harus dijaga agar lebih dari 220 V, atau idealnya 240 V.

4. Panel Monitor Tegangan *Output Converter*

Tegangan *output* dari *inverter* ditargetkan bernilai 220/380 V. Artinya tegangan antara salah satu fasa dengan netral adalah 220 V atau sesuai dengan

kebutuhan tegangan dari peralatan listrik. Apabila tegangan keluaran *inverter* dibawah 220 V, maka peralatan yang disuplai tidak akan bekerja optimal.

5. Panel Monitor Tegangan *Stabilizer*

Panel ini digunakan untuk memonitor tegangan AC yang keluar dari *stabilizer* agar benar-benar bernilai 220/380V.

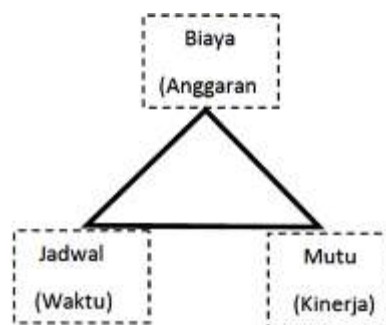
6. Panel Monitor Tegangan Trafo

Panel ini digunakan untuk memonitor tegangan keluaran dari trafo apakah telah mencapai 20 kV sesuai dengan target atau tidak.

4.5 Instalasi dan Penjadwalan

4.5.1 Perencanaan Proyek

Proyek merupakan suatu kegiatan sementara yang berlangsung dalam jangka waktu tertentu dengan anggaran biaya serta sumber daya yang tersedia serta harus diselesaikan dalam jangka waktu tertentu sesuai dengan jadwal yang telah dibuat. Setiap proyek memiliki tujuan khusus, dan dalam proses pencapaian tujuan tersebut ada tiga konstrain yang harus dipenuhi, yang dikenal dengan *Triple Constraints*. *Triple Constraints* adalah usaha pencapaian tujuan yang berdasarkan batasan yang dapat dilihat pada gambar 4.8 berikut.



Gambar 4.8. Bagan Perencanaan Proyek

(Sumber : http://jurnal.polines.ac.id/jurnal/index.php/bangun_rekaprima/article/view/703)

Dari ilustrasi gambar 4.8 tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Jika biaya proyek berkurang sementara waktu pelaksanaan direncanakan tetap, maka anggaran belanja material akan dikurangi sehingga mengakibatkan mutu pekerjaan akan berkurang.
2. Jika waktu pelaksanaan terlambat, sementara tidak ada rencana penambahan anggaran, maka mutu pekerjaan juga akan berkurang.

3. Jika mutu ingin dijaga, sementara waktu pelaksanaan terlambat, maka akan terjadi peningkatan anggaran belanja.

Inti dari 3 komponen proyek konstruksi tersebut adalah bagaimana menjadwalkan dan mengendalikan pelaksanaan proyek agar berjalan sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan dan selesai tepat pada waktunya sehingga tidak terjadi pengurangan mutu pekerjaan atau penambahan anggaran belanja.

4.5.2 Work Breakdown Structure (WBS)

Work breakdown structure adalah suatu metode pengorganisasian proyek menjadi struktur pelaporan hierarki. WBS digunakan untuk melakukan pemecahan tiap proses pekerjaan menjadi lebih detail. Hal ini dimaksudkan agar proses perencanaan proyek memiliki tingkat yang lebih baik. WBS disusun berdasarkan dasar pembelajaran seluruh dokumen proyek yang meliputi kontrak, gambar-gambar, dan spesifikasi. Proyek kemudian diuraikan menjadi bagian-bagian dengan mengikuti pola struktur dan hirarki tertentu menjadi item-item pekerjaan yang cukup terperinci. Berikut adalah table 4.1 WBS dari pembangunan PLTMH pada kanal PLTU Paiton.

Tabel 4. 1 Daftar WBS

Nama Pekerjaan	
1. <i>Work Preparation</i>	
	1.1 Inisiasi Proyek
	1.1.1 Survey Potensi
	1.1.2 Pengukuran Kedalaman Kanal
	1.1.3 Pengukuran Diameter Kanal
	1.1.4 Pengukuran Panjang Kanal
	1.1.5 Survey Laju Aliran Air
	1.1.6 Survey Debit Air
	1.1.7 Pemilihan Lokasi Proyek
	1.2. Perencanaan Proyek
	1.2.1 Perancangan jadwal dan biaya proyek
	1.2.2 Perencanaan volume pekerjaan dan kebutuhan tenaga kerja
	1.2.3 Pembagian <i>jobdesk</i> tenaga kerja
	1.2.4 Pembentukan tim pelaksana proyek
	1.2.5 Perencanaan kebutuhan <i>raw material</i> , alat dan bahan proyek
	1.2.6 Membeli kebutuhan <i>raw material</i> , alat dan bahan proyek
	1.2.7 Distribusi kebutuhan <i>raw material</i> , alat dan bahan proyek
	1.2.8 Penentuan Pembangunan Konstruksi Poyek
	1.2.9 Pemilihan Teknologi
	1.3 Desain
	1.3.1 Perencanaan Turbin

		1.3.2 Perencanaan Transmisi Mekanis Turbin
		1.3.3 Perencanaan Transmisi Elektrik Turbin
		1.3.4 Perencanaan Monitoring dan Kontrol
		1.3.5 Perencanaan Konstruksi Jembatan
		1.3.6 Perencanaan Instalasi PLTMH
	1.4 Fabrikasi	
		1.4.1 Fabrikasi Turbin
		1.4.2 Fabrikasi Transmisi Mekanis Turbin
		1.3.2 Fabrikasi Transmisi Elektrik Turbin
		1.3.3 Fabrikasi system kontrol
		1.3.4 Fabrikasi Blok Jembatan
	1.5 Pengiriman Material	
		1.5.1 Pengiriman Turbin
		1.5.2 Pengiriman Sistem Kontrol Turbin
		1.5.3 Pengiriman Blok Jembatan
2.1 Instalasi PLTMH		
	2.1 Instalasi Jembatan	
		2.1.1 Pekerjaan Persiapan Lapangan
		2.1.2 Pekerjaan Pembersihan Lahan
		2.1.3 Pekerjaan Pengalihan Saluran Air
		2.1.4 Pekerjaan Penggalan Tanah
		2.1.5 Pembuatan Pondasi Jembatan
		2.1.6 Pembuatan Pondasi Turbin
		2.1.7 Pemasangan Besi Tulangan Jembatan
		2.1.8 pengecoran Jembatan
		2.1.9 Pemasangan Turbin Pada Jembatan
	2.2 Instalasi Turbin	
		2.2.1 Konstruksi Turbin
	2.3 Instalasi Transmisi Mekanik	
		2.3.1 instalasi Poros
		2.3.2 Instalasi Kopling
		2.3.3 Instalasi Gearbox
		2.3.3 Instalasi Brake Turbin
	2.4 Instalasi Sistem Elektrical	
		2.4.1 Instalasi Generator
		2.4.2 Instalasi Sistem MPPT
		2.4.3 Instalasi Sistem Rectifier
		2.4.4 Instalasi Sistem Stabilizer
		2.4.5 Instalasi Trafo
		2.4.6 Instalasi Sistem Baterai
		2.4.7 Instalasi Pengkabelan
	2.5 Instalasi Sistem Monitoring dan Kontrol	
		2.5.1 Instalasi Panel Monitor Generator
		2.5.2 Instalasi Panel Monitor Tegangan Combiner
		2.5.3 Instalasi Panel Monitor Tegangan Boost Converter

		2.5.4 Instalasi Panel Monitor Tegangan Output Coverter
		2.5.5 Instalasi Panel Monitor Tegangan Stabilizer
		2.5.6 Instalasi Panel Monitor Tegangan Trafo
3. Finishing		
		3.1 Inspeksi Instalasi Jembatan
		3.2 Inspeksi Instalasi Turbin
		3.3 Inspeksi Instalasi Transmisi Mekanik
		3.4 Inspeksi Instalasi Electrical
		3.5 Inspeksi Sistem Kontrol
4. Ujicoba PLTMH		

4.5.3 Penjadwalan

Penjadwalan proyek ini dilakukan sesuai dengan Pasal 77 ayat 1, UU No.13/2003 tentang Ketenagakerjaan. Ketentuan jam kerja ini telah diatur dalam 2 sistem yaitu:

- Tujuh jam kerja dalam 1 hari atau 40 jam kerja dalam 1 minggu untuk 6 hari kerja dalam 1 minggu; atau
- Delapan jam kerja dalam 1 hari atau 40 jam kerja dalam 1 minggu untuk 5 hari kerja dalam 1 minggu.

Dalam penjadwalan proyek ini menggunakan 8 jam kerja dalam 1 hari atau 40 jam kerja dalam 1 minggu untuk 5 hari kerja dalam 1 minggu. Untuk mempermudah penjadwalan digunakan program *Microsoft Project 2007* dengan menyesuaikan peraturan jam kerja yang digunakan. Penjadwalan proyek disusun berdasarkan identifikasi pekerjaan yang telah dibuat sebelumnya dan hubungan antar pekerjaan tersebut. Hubungan kerja diperoleh dari *barchart*, dengan logika ketergantungan alamiah, dengan memperhatikan aktivitas yang mendahului (*predecessor*) dan aktivitas yang mengikutinya (*successor*).

Dalam menentukan durasi waktu suatu pekerjaan menggunakan rumusan sebagai berikut :

Diketahui :

koefisien pekerja = 0.1050

Volum Pekerjaan = 24320 kg

Jumlah Tenaga Kerja = 15 orang

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{jumlah tenaga kerja} \times \text{jam kerja}}{\text{koefisien}}$$

$$\frac{15 \times 8}{0.1050} = 1143/\text{hari}$$

$$\text{Durasi Pekerjaan} = \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas}}$$

$$\frac{24320}{1143} = 21 \text{ hari}$$

Lama waktu pekerjaan dapat ditentukan dengan perhitungan atau melalui wawancara lapangan terhadap orang yang ahli dalam bidang tersebut seperti kontraktor. Penjadwalan yang digunakan pada proyek pembangunan pembangkit listrik tenaga mikro hidro kinetic ini adalah penjadwalan dengan metode CPM untuk mengetahui jalur kritisnya. Berikut dapat dilihat pada table 4.2 tentang estimasi waktu pengerjaan pembangunannya.

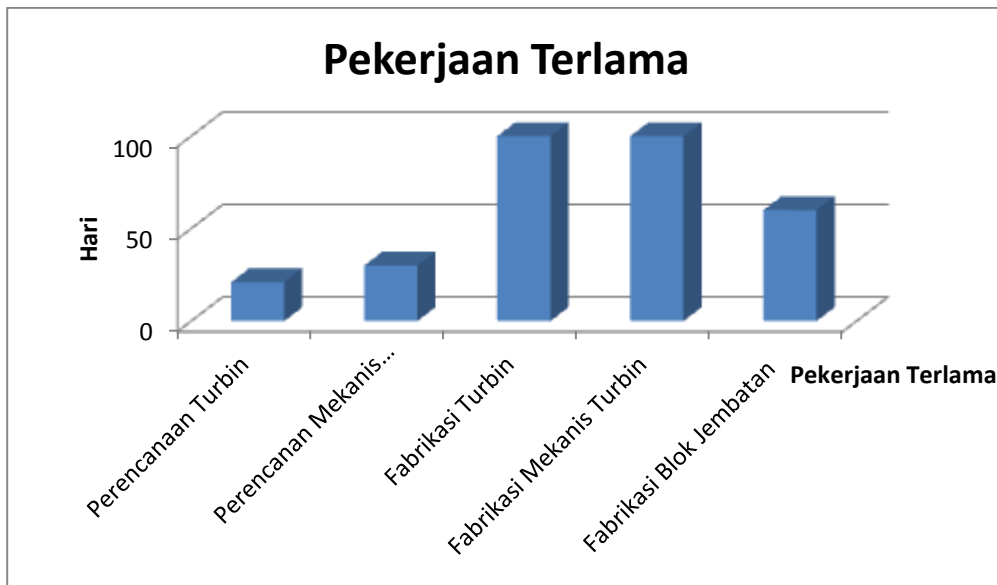
Tabel 4. 2 Estimasi Waktu Pembangunan

Nama Pekerjaan		Kegiatan Pendahulu	Durasi
1. <i>Work Preparation</i>			
1.1 Inisiasi Proyek			
	1.1.1 Survey Potensi		2 hari
	1.1.2 Pengukuran Kedalaman Kanal	1.1.1	2 hari
	1.1.3 Pengukuran Diameter Kanal	1.1.1	2 hari
	1.1.4 Pengukuran Panjang Kanal	1.1.1	2 hari
	1.1.5 Survey Laju Aliran Air	1.1.1	2 hari
	1.1.6 Survey Debit Air	1.1.4	2 hari
	1.1.7 Pemilihan Lokasi Proyek	1.1.2;1.1.3;1.1.4;1.1.5;1.1.6	1 minggu
1.2 Perencanaan Proyek			
	1.2.1 Perancangan jadwal dan biaya proyek		2 minggu
	1.2.2 Perencanaan volume pekerjaan dan kebutuhan tenaga kerja		2 minggu
	1.2.3 Pembagian <i>jobdesk</i> tenaga kerja	1.2.1, 1.2.2	4 hari
	1.2.4 Pembentukan tim pelaksana proyek	1.2.3	4 hari
	1.2.5 Perencanaan kebutuhan <i>raw material</i> , alat dan bahan proyek		1 minggu
	1.2.6 Membeli kebutuhan <i>raw material</i> , alat dan bahan proyek	1.2.5	
	1.2.7 Distribusi kebutuhan <i>raw material</i> , alat dan bahan proyek	1.2.6	
	1.2.8 Penentuan Pembangunan Konstruksi Proyek	1.1	1 minggu
	1.2.9 Pemilihan Teknologi	1.2.8	1 minggu

Nama Pekerjaan		Kegiatan Pendahulu	Durasi
1.3 Desain			
	1.3.1 Perencanaan Turbin	1.1, 1.2.8	3 minggu
	1.3.2 Perencanaan Transmisi Mekanis Turbin	1.3.1	1 bulan
	1.3.3 Perencanaan Transmisi Elektrik Turbin		1 bulan
	1.3.4 Perencanaan Monitoring dan Kontrol		3 minggu
	1.3.5 Perencanaan Konstruksi Jembatan	1.2	1 bulan
	1.3.6 Perencanaan Instalasi PLTMH	1.3.1, 1.3.2, 1.3.3, 1.3.4	1 minggu
1.4 Fabrikasi Turbin			
	1.4.1 Fabrikasi Turbin	1.3	100 hari
	1.4.2 Fabrikasi Transmisi Mekanis Turbin	1.3	100 hari
	1.4.3 Fabrikasi Transmisi Elektrik Turbin		
	1.4.4 Fabrikasi system control		
	1.4.5 Fabrikasi Blok Jembatan	1.3.5	2 bulan
1.5 Pengiriman Material			
	1.5.1 Pengiriman Turbin	1.4.1, 1.4.2	1 minggu
	1.5.2 Pengiriman Sistem Kontrol Turbin	1.4.3, 1.4.4	1 minggu
	1.5.3 Pengiriman Blok Jembatan	1.4.5	1 minggu
Instalasi PLTMH			
2.1 Instalasi Jembatan			
	2.1.1 Pekerjaan Persiapan Lapangan		2 minggu
	2.1.2 Pekerjaan Pembersihan Lahan		1 minggu
	2.1.3 Pekerjaan Pengalihan Saluran Air	2.1.1, 2.1.2	3 minggu
	2.1.4 Pekerjaan Penggalian Tanah	2.1.3	2 minggu
	2.1.5 Pembuatan Pondasi Jembatan	2.1.4	1 bulan
	2.1.6 Pembuatan Pondasi Turbin	2.1.4	1 bulan
	2.1.7 Pemasangan Besi dan Tulangan Jembatan	2.1.5	3 minggu
	2.1.8 Pengecoran Jembatan	2.1.7	2 hari
	2.1.9 Pemasangan Turbin Pada Jembatan	2.1.7, 2.2	3 minggu
2.2 Instalasi Turbin			
	2.2.1 Instalasi Konstruksi Turbin		
2.3 Instalasi Transmisi Mekanik			

Nama Pekerjaan			Kegiatan Pendahulu	Durasi
		2.3.1 instalasi Poros	2.2.1	1 minggu
		2.3.2 Instalasi Kopling	2.3.1	1 minggu
		2.3.3 Instalasi Gearbox	2.3.2	1 minggu
		2.3.3 Instalasi Brake Turbin	2.3.3	1 minggu
	2.4 Instalasi Transmisi Elektrik			
		2.4.1 Instalasi Generator	2.3	3 hari
		2.4.2 Instalasi Sistem MPPT	2.1.9	1 minggu
		2.4.3 Instalasi Sistem Rectifier	2.4.2	1 minggu
		2.4.4 Instalasi Sistem Stabilizer	2.4.3	1 minggu
		2.4.5 Instalasi Trafo	2.4.4	1 minggu
		2.4.6 Instalasi Sistem Baterai	2.4.5	1 minggu
		2.4.7 Instalasi Pengkabelan	2.4.1	1 bulan
	2.5 Instalasi Sistem Monitoring dan Kontrol			
		2.5.1 Instalasi Panel Monitor Generator	2.4.1	1 minggu
		2.5.2 Instalasi Panel Monitor Tegangan Combiner	2.5.1	1 minggu
		2.5.3 Instalasi Panel Monitor Tegangan Boost Converter	2.5.2	1 minggu
		2.5.4 Instalasi Panel Monitor Tegangan Output Coverter	2.4.5	1 minggu
		2.5.5 Instalasi Panel Monitor Tegangan Stabilizer	2.4.4	1 minggu
		2.5.6 Instalasi Panel Monitor Tegangan Trafo	2.4.5	1 minggu
3 Finishing				
		3.1 Inspeksi Instalasi Jembatan	2.1	1 minggu
		3.2 Inspeksi Instalasi Turbin	2.2, 2.3	3 minggu
		3.3 Inspeksi Instalasi Transmisi Mekanik		3 minggu
		3.4 Inspeksi Instalasi Electrical	2.4	3 minggu
		3.5 Inspeksi Sistem Kontrol	2.5	1 minggu
4. Ujicoba PLTMH			1, 2, 3	

Dari hasil penjadwalan tersebut dapat diketahui waktu yang dibutuhkan dalam pembangunan pembangkit listrik mikro hidro kinetic tersebut yaitu selama 392 hari kerja. Dari lama waktu pekerjaan tersebut ada tiga sub kegiatan besar yaitu *Work preparation*, Instalasi PLTMH dan *Finishing*. Dari ketiga sub kegiatan tersebut ada pekerjaan-pekerjaan yang banyak menghabiskan waktu, ada 5 kegiatan yang paling banyak menghabiskan waktu dalam pengerjaannya dapat dilihat pada gambar 4.9.



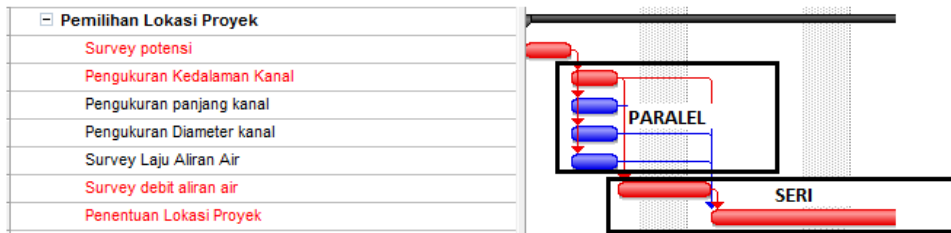
Gambar 4. 9. Perbandingan Waktu Pekerjaan Proyek

Dari gambar 4.9 dapat diketahui bahwa pekerjaan-pekerjaan yang menghabiskan waktu terlama dalam pengerjaannya yaitu perencanaan turbin, perencanaan mekanis turbin, fabrikasi turbin, fabrikasi mekanis turbin dan fabrikasi blok jembatan. Perencanaan turbin memiliki waktu pengerjaan yaitu sekitar 21 hari karena dalam merencanakannya perlu adanya simulasi-simulasi kekuatan dari material turbin tersebut. Seperti halnya perencanaan turbin, perencanaan mekanis turbin juga memiliki waktu yang lama dikarenakan adanya perhitungan serta simulasi terhadap poros turbin dan bagian-bagian mekanis lain. Kemudian pada pekerjaan fabrikasi turbin dan fabrikasi sistem mekanis memiliki waktu pengerjaan terlama dikarenakan pekerjaan fabrikasi turbin itu sangat membutuhkan tingkat ketelitian serta keakuratan yang tinggi.

4.5.4 Pengidentifikasian Pekerjaan Seri dan Paralel

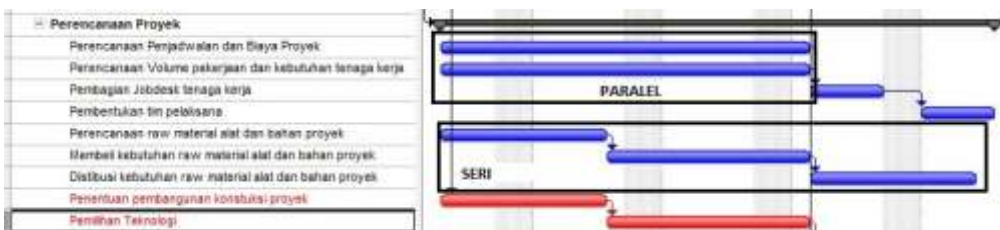
Berdasarkan dari penjadwalan yang telah dilakukan sebelumnya, dapat diketahui bahwa terdapat pekerjaan yang dilakukan secara seri dan paralel. pekerjaan seri adalah pekerjaan yang dilakukan secara berurutan sedangkan pekerjaan paralel adalah pekerjaan yang dilakukan secara bersamaan. Berdasarkan gambar 4.10, pada sub pekerjaan Pemilihan lokasi proyek, kegiatan pengukuran kedalaman kanal, pengukuran panjang kanal, pengukuran diameter kanal dan pekerjaan survey laju aliran air merupakan pekerjaan yang dilakukan secara paralel. Selain itu pada pekerjaan survey debit air dan juga pekerjaan penentuan lokasi proyek juga merupakan pekerjaan yang dapat dilakukan secara seri. Pekerjaan seri dilakukan dengan memperhatikan kegiatan pendahulunya atau *prodesesor* karena

pekerjaan seri bergantung pada pekerjaan sebelumnya. Jika pekerjaan sebelumnya belum terselesaikan maka pekerjaan selanjutnya juga belum dapat dikerjakan.



Gambar 4. 10 Identifikasi Pekerjaan Seri-Paralel pada Sub Pekerjaan Inisiasi Proyek.

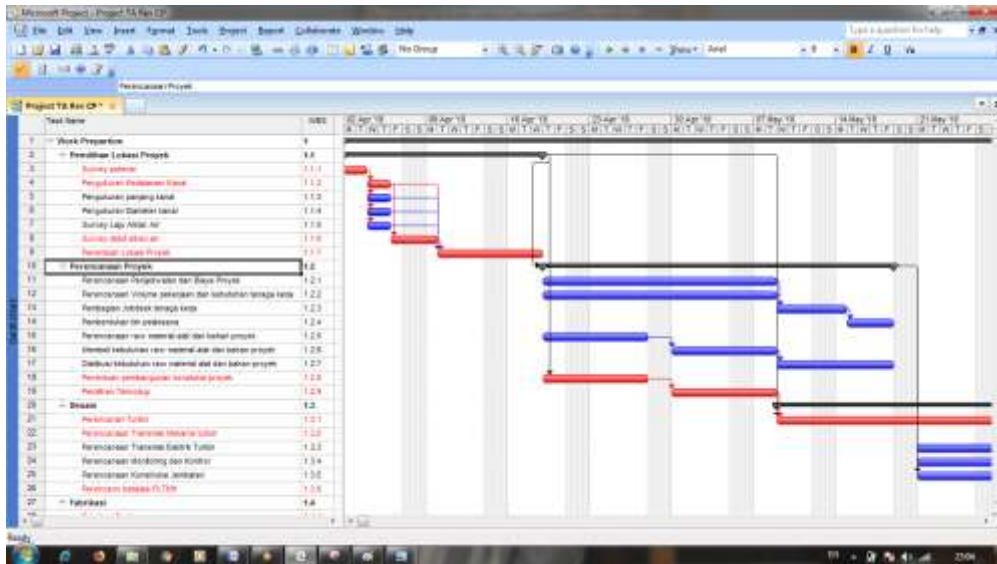
Sedangkan pada gambar 4.11, contoh kegiatan pada sub pekerjaan perencanaan proyek yang dilakukan secara paralel adalah kegiatan perencanaan penjadwalan dan biaya proyek, perencanaan volume pekerjaan dan kebutuhan tenaga kerja, pembagian Jobdesk tenaga kerja, pembentukan tim pelaksana, perencanaan raw material alat dan bahan proyek, membeli kebutuhan raw material alat dan bahan proyek, distribusi kebutuhan raw material alat dan bahan proyek, dan penentuan pembangunan konstruksi proyek. Sedangkan kegiatan yang dilakukan secara seri adalah perencanaan raw material, membeli kebutuhan raw material dan distribusi kebutuhan raw material. Pada gambar 4.10 dapat diketahui bahwa terdapat kegiatan yang dapat dikategorikan sebagai pekerjaan seri maupun paralel sekaligus. Misalnya pada kegiatan perencanaan raw material dan bahan proyek bila dikelompokkan dengan kegiatan penentuan pembangunan konstruksi proyek merupakan kegiatan yang dapat dikerjakan secara paralel. Sedangkan apabila kegiatan perencanaan raw material dan bahan proyek dikelompokkan dengan kegiatan membeli kebutuhan raw material dan distribusi kebutuhan raw material merupakan pekerjaan paralel. Oleh karena itu pekerjaan-pekerjaan pada proyek tersebut tidak dapat dirinci dan dikelompokkan kedalam kegiatan seri-paralel.



Gambar 4. 11 Identifikasi Pekerjaan Seri-Paralel pada Sub Pekerjaan Perencanaan Proyek.

4.5.5 Pengidentifikasi Lintasan Kritis

Menurut Levin dan Kirkpatrick (1972), metode Jalur Kritis (*Critical Path Method* - CPM) yaitu metode untuk merencanakan dan mengawasi suatu proyek dengan analisa jaringan kerja untuk mengoptimalkan biaya total proyek melalui pengurangan atau percepatan waktu penyelesaian total proyek yang bersangkutan.



Gambar 4.12. Jalur Lintasan Kritis

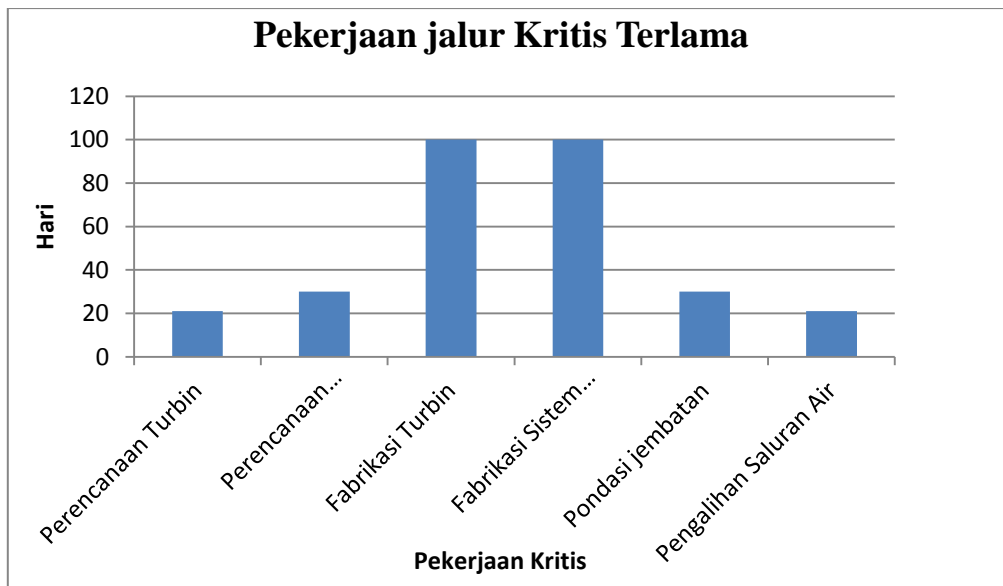
Dalam metode CPM (*Critical Path Method*) dikenal dengan adanya jalur kritis, yaitu jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama. Penentuan lintasan kritis dapat dicari dengan menggunakan program *Ms. Project 2007*. Gambar 4.12 merupakan hasil penjadwalan yang dilakukan pada *Ms. Project 2007*. Batang diagram yang berwarna merah merupakan kegiatan yang termasuk dalam jalur lintasan kritis. Dari analisa tersebut didapatkan 25 pekerjaan yang termasuk kedalam lintasan kritis. Adapun kegiatan-kegiatan yang berada pada lintasan kritis sebagai berikut:

Tabel 4. 3 Daftar Kegiatan Jalur Kritis

No	Nama Kegiatan	No	Nama Kegiatan
1	Suvey Potensi	14	Pekerjaan Penggalian Tanah
2	Pengukuran Kedalaman kanal	15	Pembuatan Pondasi Jembatan
3	Survey debit aliran air	16	Pemasangan Besi Tulangan Jembatan
4	Penentuan lokasi proyek	17	Pengecoran Jembatan
5	Penentuan pembangunan konstruksi proyek	18	Pemasangan Turbin Pada Jembatan
6	Pemilihan Teknologi	19	Instalasi System MPPT
7	Perencanaan Turbin	20	Instalasi System Rectifier
8	Perencanaan Transmisi Mekanis	21	Instalasi System Stabilizer
9	Perencanaan Instalasi PLTMH	22	Instalasi System Trafo
10	Fabrikasi Turbin	23	Instalasi System Baterai
11	Fabrikasi System Mekanis Turbin	24	Inspeksi Instalasi Elektrical

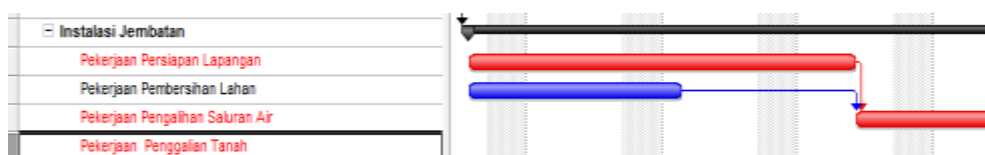
12	Pengiriman Turbin	25	Uji Coba PLTMH
13	Pekerjaan Persiapan Lapangan		
14	Pekerjaan Pengalihan Aliran Air		

Dari 25 pekerjaan kritis yang telah didapatkan ada beberapa pekerjaan kritis yang memiliki rentang waktu telama yaitu : perencanaan turbin, perencanaan mekanis turbin, fabrikasi turbin, fabrikasi mekanis turbin, pembuatan pondasi jembatan dan pengalihan saluran air. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.12.



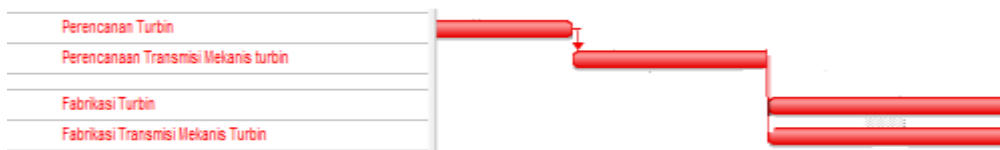
Gambar 4. 13. Pekerjaan Jalur Kritis Terlama

Penentuan jalur kritis dimaksudkan untuk mengetahui pekerjaan-pekerjaan yang dapat menyebabkan penundaan penyelesaian waktu proyek. Pada gambar 4.14 diketahui apabila kegiatan persiapan lahan tertunda, maka penyelesaian kegiatan pekerjaan pengalihan air dan pekerjaan penggalian tanah juga akan mengalami keterlambatan waktu penyelesaian, dikarenakan pekerjaan pengalihan saluran air dan pekerjaan penggalian tanah merupakan pekerjaan yang dilakukan secara seri dan harus ada *prodesesornya*.



Gambar 4. 14 Lintasan Kritis Pada Pekerjaan Jembatan

Sementara pada gambar 4.15 dapat dilihat bahwa pada pekerjaan perencanaan turbin jika dalam perencanaan turbin mengalami keterlambatan, maka proses fabrikasi turbin juga akan mengalami keterlambatan karena belum selesainya desain turbin serta rancangan transmisi mekanis yang direncanakan. Jika fabrikasi turbin mengalami keterlambatan, maka proses pengirimannya juga akan mengalami penundaan pengiriman sehingga hal tersebut juga akan terjadi pada kegiatan-kegiatan proyek setelahnya, sehingga penyelesaian proyek secara keseluruhan akan mengalami keterlambatan penyelesaian. Sedangkan apabila suatu pekerjaan tidak termasuk jalur kritis, maka kegiatan tersebut jika mengalami keterlambatan tidak berakibat pada pekerjaan setelahnya, kecuali apabila keterlambatan kegiatan tersebut melebihi waktu penyelesaian jalur kritis yang telah ditentukan.



Gambar 4. 15. Lintasan Kritis Pada Perencanaan Turbin

Proyek dapat dipercepat penyelesaiannya, bila pekerjaan-pekerjaan yang ada pada lintasan kritis dapat dipercepat. Dapat diketahui pada Gambar 4.14 apabila kegiatan kritis tersebut diselesaikan lebih cepat, maka kegiatan selanjutnya bisa dikerjakan lebih awal. Hal ini akan menyebabkan kegiatan-kegiatan selanjutnya dapat dimulai dan diselesaikan lebih cepat dari waktu yang telah dijadwalkan. Sedangkan pekerjaan yang bukan termasuk lintasan kritis memiliki kelonggaran waktu dalam penyelesaiannya. Misalkan pada gambar 4.14 dapat diketahui bahwa pekerjaan pembersihan lahan memiliki kelonggaran waktu sebesar 7 hari. Dengan kata lain pekerjaan tersebut diperbolehkan mengalami keterlambatan selama 7 hari dan maksimal diselesaikan sebelum kegiatan pekerjaan selanjutnya dimulai.

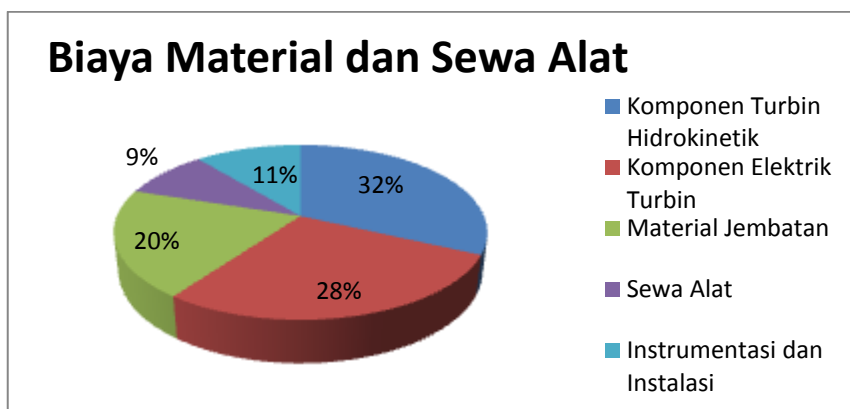
4.6 Analisa Biaya

Dalam hal pembangunan, analisa biaya menjadi sangat penting dikarenakan estimasi biaya tersebut digunakan untuk memperkirakan jumlah anggaran yang akan digunakan dalam pembangunan tersebut. Rencana anggaran biaya merupakan perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan proyek pembangunan. Anggaran biaya pada suatu bangunan yang sama akan berbeda-beda di masing-masing daerah, hal ini disebabkan perbedaan harga satuan bahan dan upah tenaga kerja. Ada dua faktor yang berpengaruh terhadap penyusunan anggaran biaya suatu bangunan yaitu faktor teknis dan non teknis. Faktor teknis antara lain berupa ketentuan-ketentuan dan persyaratan yang harus dipenuhi dalam pelaksanaan pembangunan serta gambar-gambar konstruksi bangunan. Sedangkan faktor non teknis berupa harga-

harga bahan bangunan dan upah tenaga kerja. Dalam melakukan estimasi anggaran biaya proyek ada 2 hal dilakukan dengan mempertimbangkan biaya langsung dan biaya tidak langsung.

4.6.1 Biaya Langsung

Biaya langsung adalah semua biaya yang langsung berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan konstruksi di lapangan. Biaya-biaya yang dikelompokkan dalam biaya langsung adalah biaya bahan atau material, biaya pekerja atau upah dan biaya peralatan (equipment).



Gambar 4. 16 Biaya Material dan Sewa Alat

Biaya material adalah salah satu komponen biaya yang terbesar dalam suatu proyek dimana persinya dapat mencapai 50-60% dari total nilai proyek. Biaya tersebut berasal dari material yang dibeli ataupun peralatan yang disewa untuk kebutuhan bangunan. Dalam hal ini biaya material yang dibutuhkan untuk membangun PLTMH tersebut adalah Rp. Rp1.201.860.000,00 atau sekitar 60% dari total biaya yang dibutuhkan dalam pembangunan PLTMH. Dari total jumlah biaya material dan sewa alat tersebut komponen turbin hidrokinetik adalah komponen yang memiliki harga paling tinggi yaitu sebesar Rp. 374.000.000,00 atau sekitar 32% dari total biaya material dan sewa alat tersebut. Prosentase biaya dapat dilihat pada gambar 4.13. Sedangkan untuk lebih jelasnya mengenai rincian biaya material tersebut dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Biaya material dan komponen

No	Nama Material / Komponen	Satuan	Harga Satuan	Jumlah	Volum	Total Harga
1	Komponen Turbin Hidrokinetik					
	Composite material	Paket	Rp45.000.000,00	3		Rp135.000.000,00
	Shaft, joining, bearing & accessories	Paket	Rp25.000.000,00	3		Rp75.000.000,00
	Besi Solid plate & bar	Paket	Rp18.000.000,00	3		Rp54.000.000,00
	Transmission material	Paket	Rp18.000.000,00	3		Rp54.000.000,00
	Cat & Anti fouling	Paket	Rp10.000.000,00	3		Rp30.000.000,00
	Torque meter	buah	Rp18.000.000,00	1		Rp18.000.000,00
	Tachometer	buah	Rp8.000.000,00	1		Rp8.000.000,00
2	Komponen Elektrik					
	Ne magnet	unit	Rp76.800.000,00	3		Rp230.400.000,00
	Wiring	paket	Rp35.000.000,00	2		Rp70.000.000,00
	Casing	unit	Rp6.000.000,00	3		Rp18.000.000,00
	Tools & accessories	paket	Rp20.000.000,00	1		Rp20.000.000,00
3	Instrumentasi dan Kontrol	Paket	Rp55.000.000,00	1		Rp55.000.000,00
4	Pembuatan Jembatan					
	Mobilisasi alat/material		Rp25.000.000,00	1		Rp25.000.000,00
	Persiapan lokasi/lahan		Rp22.000.000,00	1		Rp22.000.000,00
	Pengecoran pondasi turbin		Rp76.000.000,00	1		Rp76.000.000,00

No	Nama Material / Komponen	Satuan	Harga Satuan	Jumlah	Volum	Total Harga
	Pekerjaan bangunan batu		Rp95.000.000,00	1		Rp95.000.000,00
	Pintu air		Rp8.500.000,00	1		Rp8.500.000,00
	Tools & accessories		Rp15.000.000,00	1		Rp15.000.000,00
5	Generator Housing		Rp9.000.000,00	3		Rp27.000.000,00
6	Kabel dan Instalasi		Rp55.000.000,00	1		Rp55.000.000,00
7	Sewa Alat					
	- Inverter	unit/bulan	Rp2.000.000,00	1	8	Rp16.000.000,00
	- power analyzer	unit/bulan	Rp3.000.000,00	1	8	Rp24.000.000,00
	- tachometer	unit/bulan	Rp1.000.000,00	1	8	Rp8.000.000,00
	- torque meter	unit/bulan	Rp1.500.000,00	1	8	Rp12.000.000,00
	- PC Drafter	unit/bulan	Rp700.000,00	2	8	Rp5.600.000,00
	- escavator	unit/jam	Rp160.000,00	1		Rp26.880.000,00
	- Bulldozer	unit/jam	Rp110.000,00	1		Rp18.480.000,00
				Total		Rp1.201.860.000,00

Sedangkan biaya tenaga kerja langsung adalah semua pekerja yang terlibat langsung dalam suatu pekerjaan pembangunan konstruksi. Upah tenaga kerja langsung diperlakukan sebagai biaya tenaga kerja langsung dan diperhitungkan langsung sebagai unsur biaya produksi. Perhitungan upah tenaga kerja langsung dapat dihitung menggunakan upah biaya per pekerja dikalikan dengan lama waktu kerjanya. Upah biaya pekerja mengambil dari HPSK kota Surabaya. Dari hasil perhitungan tersebut didapatkan total biaya tenaga kerja langsung sebesar Rp. 238.880.000,00 atau sekitar 12,3% dari total biaya yang dibutuhkan dalam pembangunan PLTMH ini. Untuk lebih jelasnya mengenai perhitungan biaya kerja langsung dapat dilihat pada tabel 4.5 berikut :

Tabel 4. 5 Biaya kerja Langsung

Biaya Pekerjaan Jembatan

No	Jenis Pekerja	Jumlah	Durasi 15 hari	Bulan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Total
1	Mandor	1	120		120	OH	Rp19.750,00	Rp2.370.000,00
2	Tukang	5	120		600	OH	Rp15.250,00	Rp9.150.000,00
3	Pekerja	6	120		720	OH	Rp12.375,00	Rp8.910.000,00
4	tukang las	3	120		360	OH	Rp15.250,00	Rp5.490.000,00
							Total	Rp25.920.000,00

Jasa Pekerjaan Jembatan

No	Jenis Pekerja	Jumlah	Durasi Jam /Bln	Bulan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Total
1	Mandor	1	176	4	704	OJ	Rp19.750,00	Rp13.904.000,00
2	Operator alat	2	176	4	1408	OJ	Rp19.750,00	Rp27.808.000,00
3	Tukang Bangunan	4	176	4	2816	OJ	Rp15.250,00	Rp42.944.000,00
4	Pekerja	6	176	4	4224	OJ	Rp12.375,00	Rp52.272.000,00
5	Instalator	3	176	3	1584	OJ	Rp17.500,00	Rp27.720.000,00
6	Pembantu instalator	6	176	3	3168	OJ	Rp15.250,00	Rp48.312.000,00
							Total	Rp212.960.000,00
							Total Biaya Kerja Langsung	Rp238.880.000,00

4.6.2 Biaya Tidak Langsung

Biaya tak langsung adalah semua biaya proyek yang tidak secara langsung berhubungan dengan konstruksi di lapangan tetapi biaya ini harus ada dan tidak dapat dilepaskan dari biaya proyek tersebut. Biaya-biaya yang termasuk dalam biaya tak langsung adalah biaya overhead, biaya tenaga kerja tidak langsung, biaya tak terduga (*contingencies*), keuntungan/profit dan pajak.

Biaya overhead (*overhead costs*) adalah biaya produksi yang tidak termasuk dalam biaya bahan baku maupun biaya tenaga kerja langsung. Biaya *overhead* pada proyek ini bisa dihitung dari biaya tenaga kerja tak langsung, serta biaya administrasi seperti biaya paten dari pembangunan tersebut.

Tenaga kerja tidak langsung adalah tenaga kerja yang bekerja untuk memperlancar proses produksi dan tidak terlibat dalam proses produksi. Pekerja tidak langsung memiliki tugas penting untuk bisa memperlancar proses produksi meskipun mereka tidak bersentuhan langsung dengan kegiatan produksi ataupun kegiatan pembangunan konstruksi. Berikut pada tabel 4.6 adalah tenaga kerja tidak langsung dalam pembangunan PLTMH ini.

Tabel 4. 6 Tenaga Kerja Tidak Langsung

No	Jenis Pekerja	Jumlah
1	Tim Leader	1
2	Tim Ahli	3
3	Teknisi	1
4	Bendahara	1
5	Sekretaris	1
6	Pembantu Lapangan	4

Dalam proyek pembangunan PLTMH ini biaya tenaga kerja tidak langsung menghabiskan biaya sebesar Rp. 401.760.000,00 atau sekitar 20% dari biaya total pembangunan proyek PLTMH. Biaya terbesar dari tenaga kerja tidak langsung adalah biaya yang digunakan untuk membayar upah tenaga ahli yang berjumlah tiga orang yaitu sebesar Rp. 162.000.000,00 atau sekitar 40% dari total biaya tenaga kerja tidak langsung. Untuk lebih jelasnya mengenai perhitungan biaya kerja tidak langsung dapat dilihat pada tabel 4.7.

Sedangkan untuk biaya overhead dihitung dari biaya bahan bakar sewa alat seperti *bulldozer* dan *escavator* serta biaya paten terhadap desain Turbin Hidro kinetik. Pada proyek pembangunan ini sewa diperhitungkan selama 21 hari. Bahan bakar yang dibutuhkan dalam 1 hari kerja selama 8 jam adalah 160 liter. Sedangkan harga bahan bakar industry per liter adalah Rp.12.000,00, sehingga total biaya bahan bakar yang dikeluarkan untuk *bulldozer* dan *escavator* adalah Rp 80.640.000,00. Sementara untuk mematenkan desain turbin hidro kinetic memerlukan biaya sebesar

Rp. 25.000.000,00. Jadi total biaya yang dibutuhkan untuk biaya overhead adalah sebesar Rp. 105.640.000,00 atau sekitar 5,4% dari total biaya pembangunan PLTMH. Untuk lebih jelasnya mengenai perhitungan biaya overhead dapat dilihat pada tabel 4.8 sebagai berikut :

Tabel 4. 7 Biaya Kerja Tidak Langsung

No	Jenis Pekerja	Jumlah	Durasi Jam /Bln	bln	Volume	Satuan	Harga Satuan	Total
1	Tim Leader	1	70	18	1260	OJ	Rp60.000,00	Rp75.600.000,00
	total	1						
2	Tim Ahli							
	a. Ahli Bangunan Air	1	60	18	1080	OJ	Rp50.000,00	Rp54.000.000,00
	b. Ahli Teknik Elektro	1	60	18	1080	OJ	Rp50.000,00	Rp54.000.000,00
	c. Ahli Teknik Mesin	1	60	18	1080	OJ	Rp50.000,00	Rp54.000.000,00
	total	3						
3	Teknisi	1	50	18	900	OJ	Rp40.000,00	Rp36.000.000,00
4	Bendahara	1		18		OB	Rp420.000,00	Rp7.560.000,00
5	Sekretaris	1		18		OB	Rp300.000,00	Rp5.400.000,00
6	Pembantu Lapangan dan Drafter	4	20	18	1440	OH	Rp80.000,00	Rp115.200.000,00
							Total	Rp401.760.000,00

Tabel 4. 8 Biaya Overhead

No	Biaya Overhead	Jumlah	Durasi/ jam	Lama Hari	Volume	satuan	Harga Perliter	Total
1	Biaya Bahan Bakar Alat							
	- Escavator	1	160	21	3360	OJ	Rp12.000	Rp40.320.000,00
	- Bull dozer	1	160	21	3360	OJ	Rp12.000	Rp40.320.000,00
2	Biaya Paten PLTMH	1						Rp25.000.000,00
							Total	Rp105.640.000,00

4.7 Perbandingan Biaya

Dari analisa biaya yang telah disebutkan sebelumnya, biaya terbesar pada pembangunan PLTMH ini adalah biaya langsung yaitu sebesar Rp. 1.440.740.000,00 atau 74% dari biaya total pembangunan. Dari analisa biaya langsung tersebut didapatkan biaya terbesar terdapat pada bagian pembelian material komponen dan sewa alat yaitu sebesar Rp. 1.201.860.000,00. Sedangkan untuk biaya tenaga kerja langsung sebesar Rp.238.880.000,00.

Sementara untuk biaya tidak langsung pembangunan PLTMH ini adalah sebesar Rp. 507.400.000,00 atau sekitar 25% dari biaya total pembangunan PLTMH. Yang terdiri dari biaya tenaga kerja tidak langsung dan biaya overhead. Biaya tenaga kerja tidak langsung menghabiskan dana sebesar Rp. 401.760.000,00. Sedangkan biaya overhead yang terdiri dari biaya paten dan biaya bahan bakar sewa alat yaitu sebesar Rp. 105.640.000,00. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.14 berikut :



Gambar 4. 17 Perbandingan Biaya

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN

5.2 Kesimpulan

Dari hasil analisa yang telah dilakukan penulis mengenai Estimasi waktu dan analisa biaya mengenai pembangunan pembangkit listrik tenaga mikro hidro di kanal PLTU Paiton dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari hasil analisa yang telah dilakukan oleh penulis diketahui bahwa Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro ini memanfaatkan aliran air dari kanal PLTU Paiton untuk dijadikan tenaga listrik. Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro ini ada 3 hal utama yang perlu diperhitungkan secara matang dalam pembangunannya yaitu : desain turbin, system transmisi turbin dan system monitoring dan kontrol turbin.
2. Dari hasil analisa yang telah dilakukan sebelumnya mengenai penjadwalan dan estimasi waktu pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro ini didapatkan 3 sub-pekerjaan dalam pembangunannya yaitu : Work Preparation, Instalasi dan Finishing. Total waktu yang dibutuhkan dalam mengerjakan ketiga sub-pekerjaan tersebut adalah 392 hari.
3. Dengan menggunakan metode Critical Path Metode dalam merencanakan penjadwalan dapat diketahui bahwa pada pembangunan pembangkit listrik tenaga mikro hidro ini terdapat 25 pekerjaan yang termasuk dalam jalur kritis.
4. Total biaya pembangunan pembangkit listrik tenaga mikro hidro yang ada di kanal PLTU Paiton yaitu sebesar Rp. 1.948.140.000,00. Dari total biaya tersebut dapat dibedakan menjadi 2 yaitu : biaya langsung dan biaya tidak langsung. Total biaya langsung yang dibutuhkan sebesar Rp. 1.440.740.000,00 sedangkan untuk biaya tidak langsung sebesar Rp. 507.400.000,00.

5.2 Saran

Setelah dilakukan penelitian tentang perencanaan estimasi waktu dan biaya pembangunan pembangkit listrik mikro hidro kinetic di kanal PLTU Paiton, saran yang bisa disampaikan sebagai berikut :

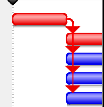
1. Untuk penelitian selanjutnya perlu adanya optimasi tentang estimasi waktu dan biaya pembangunan pembangkit listrik mikro hidro kinetic di kanal PLTU Paiton dapat menggunakan skenario-skenario untuk mendapatkan waktu, biaya dan mutu pekerjaan yang paling efektif.
2. Untuk perusahaan, dalam melakukan pembangunan harus diperhatikan lintasan kritis kegiatan, karena jika terjadi keterlambatan kegiatan yang termasuk dalam lintasan kritis maka semua pekerjaan setelahnya dapat mengalami keterlambatan.

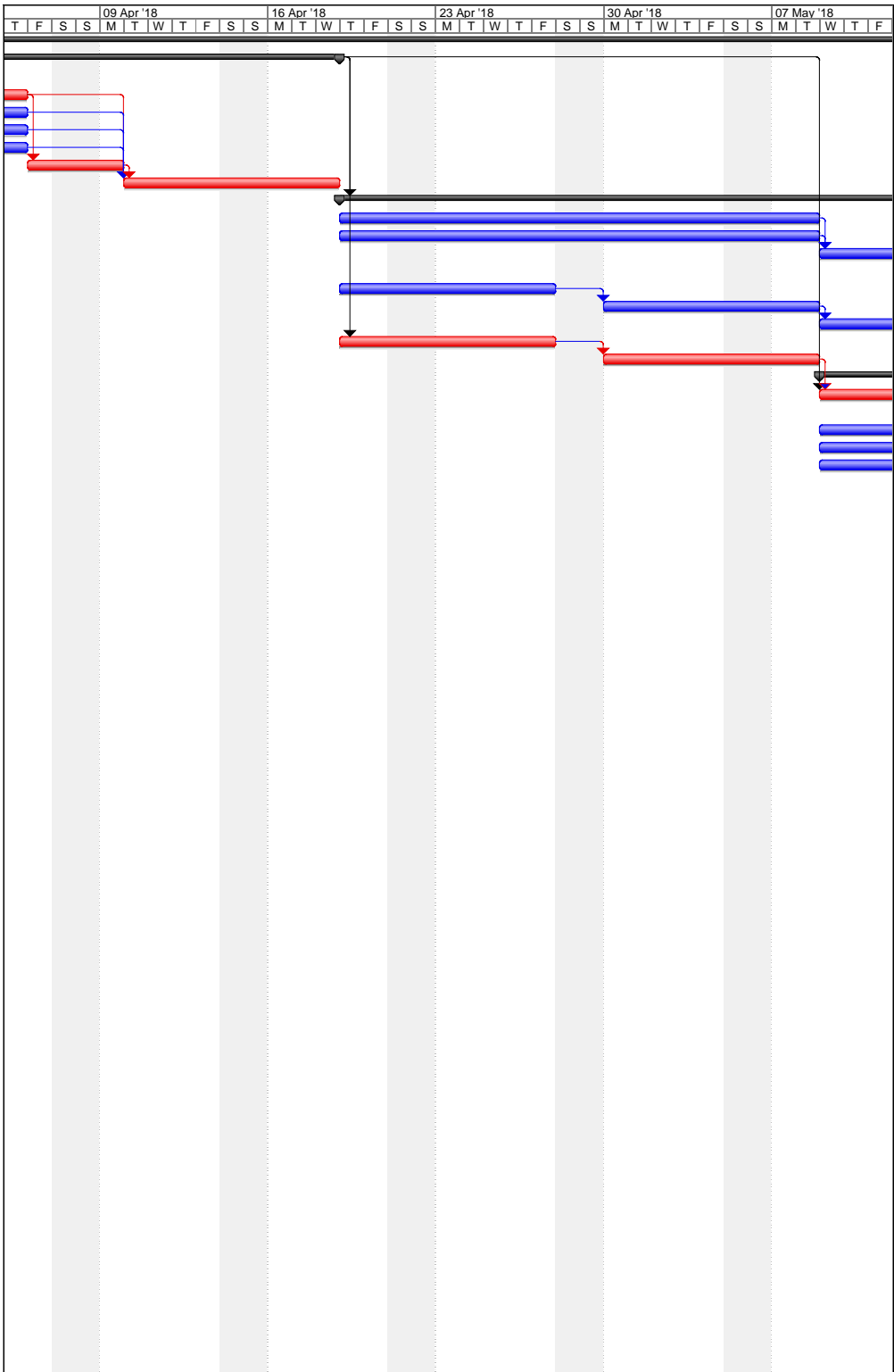
DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. R. Kresnawan, "PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO DENGAN TINGGI JATUH AIR KURANG DARI 3 METER," p. 8.
- [2] Y. R. Pasalli and A. B. Rehiara, "Design Planning of Micro-hydro Power Plant in Hink River," *Procedia Environ. Sci.*, vol. 20, pp. 55–63, 2014.
- [3] I. Ahraf, "ANALISIS HIDROLIKA DAN FINANSIAL PLTM TINGGI TEKAN RENDAH PADA BENDUNG GERAK SUNGAI SERAYU," p. 7.
- [4] Sudargana dan R. G. K. Yuniarso, "ANALISA PERANCANGAN TURBIN DARRIEUS PADA HYDROFOIL NACA 0015 DARI KARAKTERISTIK CL DAN CD PADA VARIASI BLADET SERANG MENGGUNAKAN REGRESI LINIER PADA MATLAB," <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/rotasi>, vol. 14, p. 8.
- [5] F. HATOMI, "ANALISIS CFD TURBIN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ARUS LAUT PADA KAPASITAS 1.2 KW," p. 87, 2012.
- [6] A. H. Muhamad, A. L. Had, and W. Terti, "STUDI EKSPERIMENTAL PERANCANGAN TURBIN AIR TERAPUNG TIPE HELICAL BLADES," vol. 12, pp. 165–168, 2009.
- [7] R. Y. DC, I. A. Santoso, M. Sc, M. Phil, and I. S. Arief, "Analisa Pengaruh Perubahan Pitch Dan Chord Terhadap Efisiensi Gorlov Turbine Dengan Menggunakan CFD," vol. 2, no. 1, p. 5, 2013.
- [8] J. Heizer, B. Render, and C. Munson, *Operations management: sustainability and supply chain management*, Twelfth edition. Boston: Pearson, 2017.
- [9] P. S. Ramadhan, "FUNGSI PENJADWALAN MANAJEMEN PROYEK DALAM MEMBANGUN SISTEM INFORMASI BERBASIS WEB DALAM KEGIATAN PENDAFTARAN SISWA BARU," vol. 16, no. 1, p. 8, 2017.
- [10] R. Arifudin, "OPTIMASI PENJADWALAN PROYEK DENGAN PENYEIMBANGAN BIAYA MENGGUNAKAN KOMBINASI CPM DAN ALGORITMA GENETIKA," *J. Masy. Inform.*, vol. 2, no. 4, Mar. 2012.
- [11] I. G. K. Sudipta, "STUDI MANAJEMEN PROYEK TERHADAP SUMBER DAYA PADA PELAKSANAAN PROYEK KONSTRUKSI (Studi Kasus: Pembangunan Villa Bali Air)," vol. 17, no. 1, p. 11, 2013.
- [12] Suparno, "PERENCANAAN DAN PENJADWALAN PROYEK PADA PEMBANGUNAN GEDUNG," p. 12, 2010.
- [13] E. I. A. Lester, "Work Breakdown Structures," in *Project Management, Planning and Control*, Elsevier, 2017, pp. 53–59.
- [14] J. Taylor, *The project management workshop*. New York: AMACOM, 2001.

LAMPIRAN

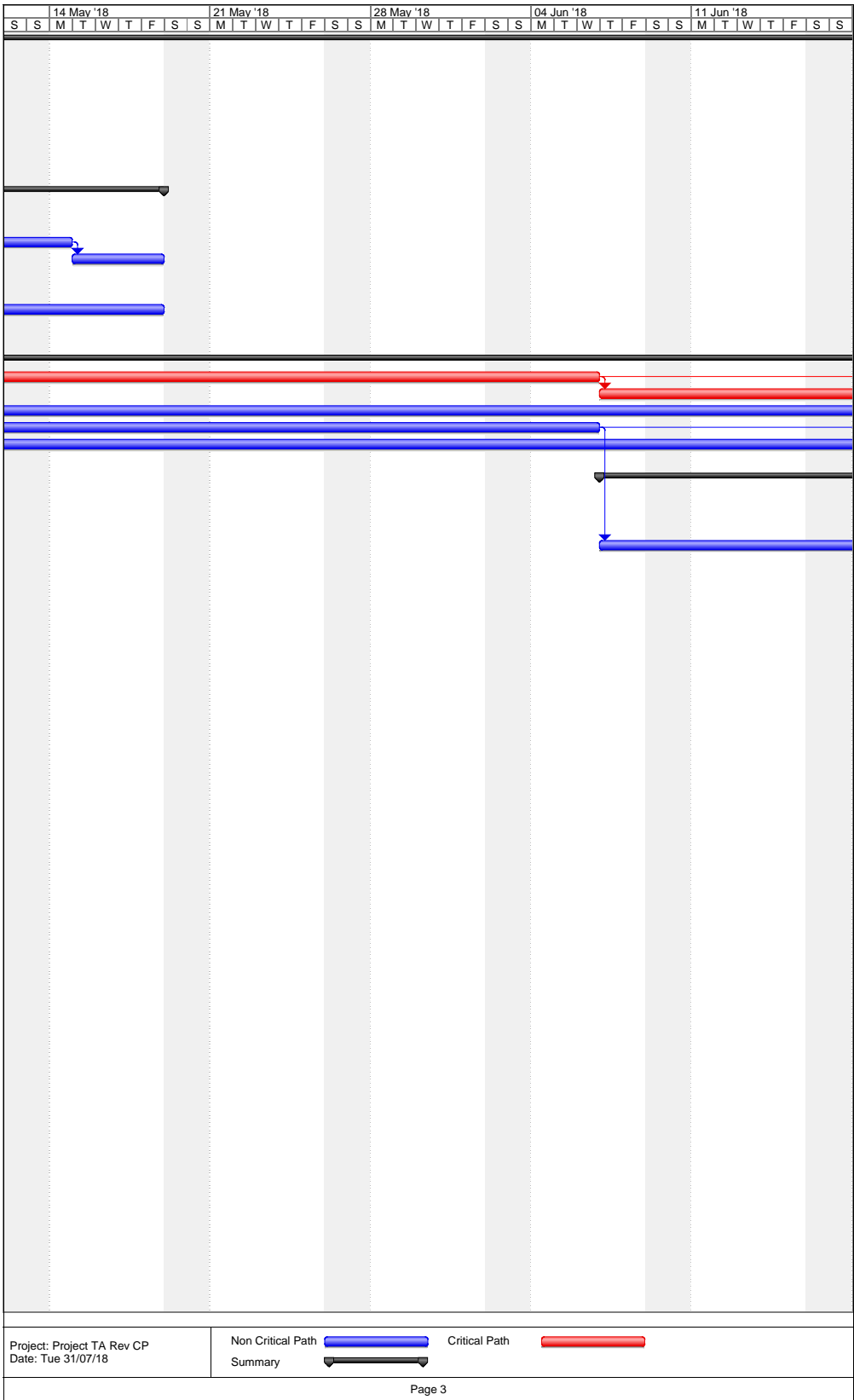
ID	Task Name	WBS	Duration	Start	Finish	ID	02 Apr '18			
							S	M	T	W
1	Work Preparation	1	192 days	Mon 02/04/18	Tue 25/12/18	1				
2	Pemilihan Lokasi Proyek	1.1	13 days	Mon 02/04/18	Wed 18/04/18	2				
3	Survey potensi	1.1.1	2 days	Mon 02/04/18	Tue 03/04/18	3				
4	Pengukuran Kedalaman Kanal	1.1.2	2 days	Wed 04/04/18	Thu 05/04/18	4				
5	Pengukuran panjang kanal	1.1.3	2 days	Wed 04/04/18	Thu 05/04/18	5				
6	Pengukuran Diameter kanal	1.1.4	2 days	Wed 04/04/18	Thu 05/04/18	6				
7	Survey Laju Aliran Air	1.1.5	2 days	Wed 04/04/18	Thu 05/04/18	7				
8	Survey debit aliran air	1.1.6	2 days	Fri 06/04/18	Mon 09/04/18	8				
9	Penentuan Lokasi Proyek	1.1.7	7 days	Tue 10/04/18	Wed 18/04/18	9				
10	Perencanaan Proyek	1.2	22 days	Thu 19/04/18	Fri 18/05/18	10				
11	Perencanaan Penjadwalan dan Biaya Proyek	1.2.1	14 days	Thu 19/04/18	Tue 08/05/18	11				
12	Perencanaan Volume pekerjaan dan kebutuhan tenaga kerja	1.2.2	14 days	Thu 19/04/18	Tue 08/05/18	12				
13	Pembagian Jobdesk tenaga kerja	1.2.3	4 days	Wed 09/05/18	Mon 14/05/18	13				
14	Pembentukan tim pelaksana	1.2.4	4 days	Tue 15/05/18	Fri 18/05/18	14				
15	Perencanaan raw material alat dan bahan proyek	1.2.5	7 days	Thu 19/04/18	Fri 27/04/18	15				
16	Membeli kebutuhan raw material alat dan bahan proyek	1.2.6	7 days	Mon 30/04/18	Tue 08/05/18	16				
17	Distribusi kebutuhan raw material alat dan bahan proyek	1.2.7	8 days	Wed 09/05/18	Fri 18/05/18	17				
18	Penentuan pembangunan konstruksi proyek	1.2.8	7 days	Thu 19/04/18	Fri 27/04/18	18				
19	Pemilihan Teknologi	1.2.9	7 days	Mon 30/04/18	Tue 08/05/18	19				
20	Desain	1.3	58 days	Wed 09/05/18	Fri 27/07/18	20				
21	Perencanaan Turbin	1.3.1	21 days	Wed 09/05/18	Wed 06/06/18	21				
22	Perencanaan Transmisi Mekanis turbin	1.3.2	30 days	Thu 07/06/18	Wed 18/07/18	22				
23	Perencanaan Transmisi Elektrik Turbin	1.3.3	30 days	Wed 09/05/18	Tue 19/06/18	23				
24	Perencanaan Monitoring dan Kontrol	1.3.4	21 days	Wed 09/05/18	Wed 06/06/18	24				
25	Perencanaan Konstruksi Jembatan	1.3.5	30 days	Wed 09/05/18	Tue 19/06/18	25				
26	Perencanaan Instalasi PLTMH	1.3.6	7 days	Thu 19/07/18	Fri 27/07/18	26				
27	Fabrikasi	1.4	137 days	Thu 07/06/18	Fri 14/12/18	27				
28	Fabrikasi Turbin	1.4.1	100 days	Mon 30/07/18	Fri 14/12/18	28				
29	Fabrikasi Transmisi Mekanis Turbin	1.4.2	100 days	Mon 30/07/18	Fri 14/12/18	29				
30	Fabrikasi Transmisi elektrik Turbin	1.4.3	30 days	Wed 20/06/18	Tue 31/07/18	30				
31	Fabrikasi Sistem Kontrol	1.4.4	30 days	Thu 07/06/18	Wed 18/07/18	31				
32	Fabrikasi Blok Jembatan	1.4.5	60 days	Wed 20/06/18	Tue 11/09/18	32				
33	Pengiriman Material	1.5	105 days	Wed 01/08/18	Tue 25/12/18	33				
34	Pengiriman Turbin	1.5.1	7 days	Mon 17/12/18	Tue 25/12/18	34				
35	Pengiriman Sistem Elektrik dan Kontrol	1.5.2	7 days	Wed 01/08/18	Thu 09/08/18	35				
36	Pengiriman Blok Jembatan	1.5.3	7 days	Wed 12/09/18	Thu 20/09/18	36				
37	Instalasi PLTMH	2	156 days	Mon 14/01/19	Mon 19/08/19	37				
38	Instalasi Jembatan	2.1	121 days	Mon 14/01/19	Mon 01/07/19	38				
39	Pekerjaan Persiapan Lapangan	2.1.1	14 days	Mon 14/01/19	Thu 31/01/19	39				
40	Pekerjaan Pembersihan Lahan	2.1.2	7 days	Mon 14/01/19	Tue 22/01/19	40				
41	Pekerjaan Pengalihan Saluran Air	2.1.3	21 days	Fri 01/02/19	Fri 01/03/19	41				
42	Pekerjaan Penggalian Tanah	2.1.4	14 days	Mon 04/03/19	Thu 21/03/19	42				
43	Pembuatan Pondasi Jembatan	2.1.5	30 days	Fri 22/03/19	Thu 02/05/19	43				
44	Pembuatan Pondasi Turbin	2.1.6	30 days	Fri 22/03/19	Thu 02/05/19	44				
45	Pemasangan Besi Tulangan Jembatan	2.1.7	19 days	Fri 03/05/19	Wed 29/05/19	45				
46	Pengecoran Jembatan	2.1.8	2 days	Thu 30/05/19	Fri 31/05/19	46				
47	Pemasangan Turbin Pada Jembatan	2.1.9	21 days	Mon 03/06/19	Mon 01/07/19	47				
48	Instalasi Turbin	2.2	7 days	Mon 01/04/19	Tue 09/04/19	48				
49	Konstruksi Turbin	2.2.1	7 days	Mon 01/04/19	Tue 09/04/19	49				
50	Instalasi Transmisi Mekanik	2.3	28 days	Wed 10/04/19	Fri 17/05/19	50				
51	instalasi Poros	2.3.1	7 days	Wed 10/04/19	Thu 18/04/19	51				
52	Instalasi Kopling	2.3.2	7 days	Fri 19/04/19	Mon 29/04/19	52				
53	Instalasi Gearbox	2.3.3	7 days	Tue 30/04/19	Wed 08/05/19	53				
54	Instalasi Brake Turbin	2.3.4	7 days	Thu 09/05/19	Fri 17/05/19	54				
55	Instalasi Transmisi Elektrik	2.4	66 days	Mon 20/05/19	Mon 19/08/19	55				
56	Instalasi Generator	2.4.1	7 days	Mon 20/05/19	Tue 28/05/19	56				
57	Instalasi Sistem MPPT	2.4.2	7 days	Tue 02/07/19	Wed 10/07/19	57				
58	Instalasi Sistem Rectifier	2.4.3	7 days	Thu 11/07/19	Fri 19/07/19	58				
59	Instalasi Sistem Stabilizer	2.4.4	7 days	Mon 22/07/19	Tue 30/07/19	59				
60	Instalasi Trafo	2.4.5	7 days	Wed 31/07/19	Thu 08/08/19	60				
61	Instalasi Sistem Baterai	2.4.6	7 days	Fri 09/08/19	Mon 19/08/19	61				
62	Instalasi Pengkabelan	2.4.7	30 days	Wed 29/05/19	Tue 09/07/19	62				
63	Instalasi Sistem Monitoring dan Kontrol	2.5	59 days	Wed 29/05/19	Mon 19/08/19	63				
64	Instalasi Panel Monitor Generator	2.5.1	7 days	Wed 29/05/19	Thu 06/06/19	64				
65	Instalasi Panel Monitor Tegangan Combiner	2.5.2	7 days	Mon 22/07/19	Tue 30/07/19	65				
66	Instalasi Panel Monitor Tegangan Boost Converter	2.5.3	7 days	Wed 31/07/19	Thu 08/08/19	66				
67	Instalasi Panel Monitor Tegangan Output Converter	2.5.4	7 days	Fri 09/08/19	Mon 19/08/19	67				
68	Instalasi Panel Monitor Tegangan Stabilizer	2.5.5	7 days	Wed 31/07/19	Thu 08/08/19	68				
69	Instalasi Panel Monitor Tegangan Trafo	2.5.6	7 days	Fri 09/08/19	Mon 19/08/19	69				
70	Finishing	3	108 days	Fri 19/04/19	Tue 17/09/19	70				
71	Inspeksi Instalasi Jembatan	3.1	7 days	Tue 02/07/19	Wed 10/07/19	71				
72	Inspeksi Instalasi Turbin	3.2	21 days	Fri 19/04/19	Mon 20/05/19	72				
73	Inspeksi Instalasi Transmisi Mekanik	3.3	21 days	Mon 20/05/19	Mon 17/06/19	73				
74	Inspeksi Instalasi Electrical	3.4	21 days	Tue 20/08/19	Tue 17/09/19	74				
75	Inspeksi Sistem Kontrol	3.5	14 days	Tue 20/08/19	Fri 06/09/19	75				
76	Ujicoba PLTMH	4	7 days	Wed 18/09/19	Thu 26/09/19	76				

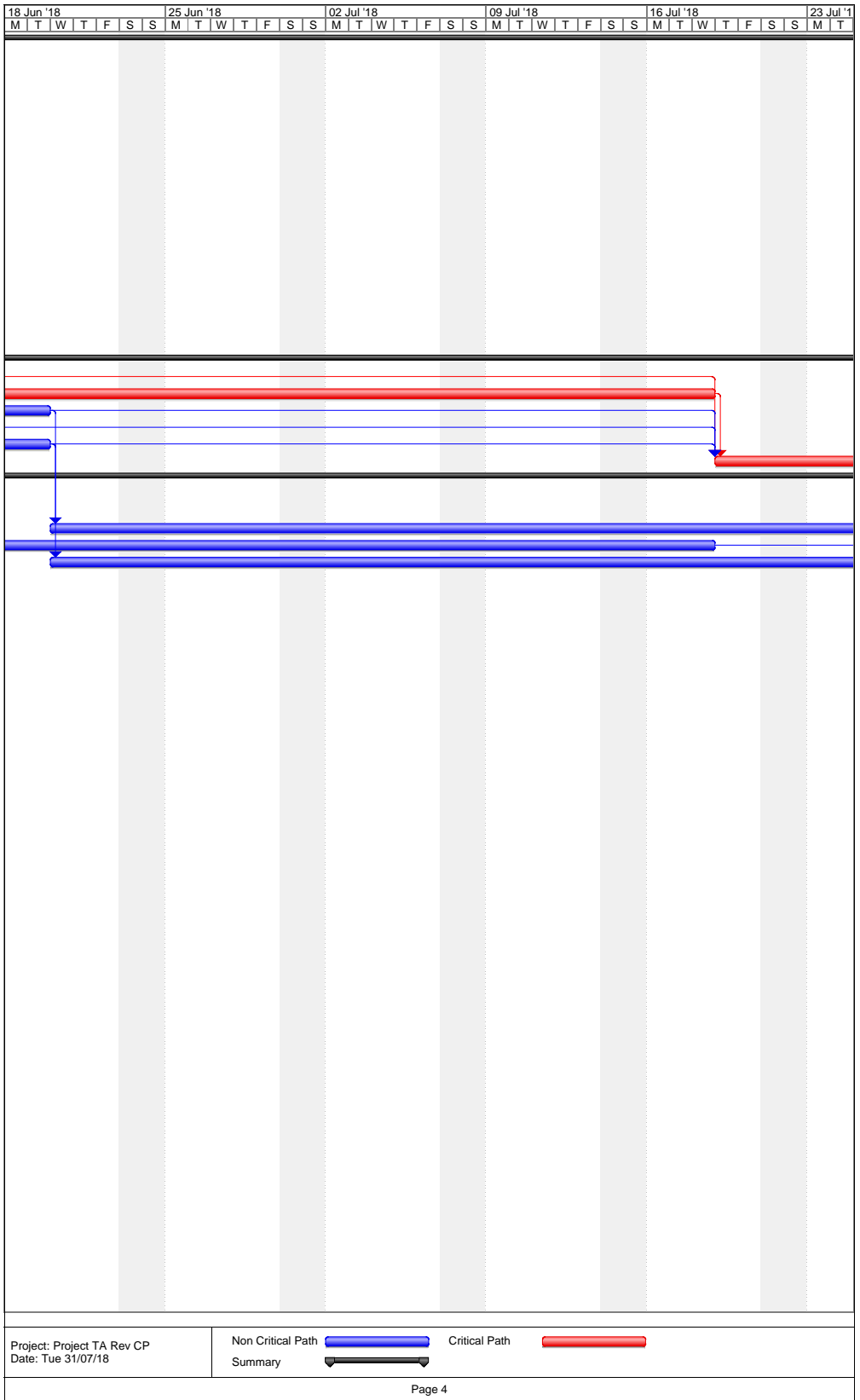


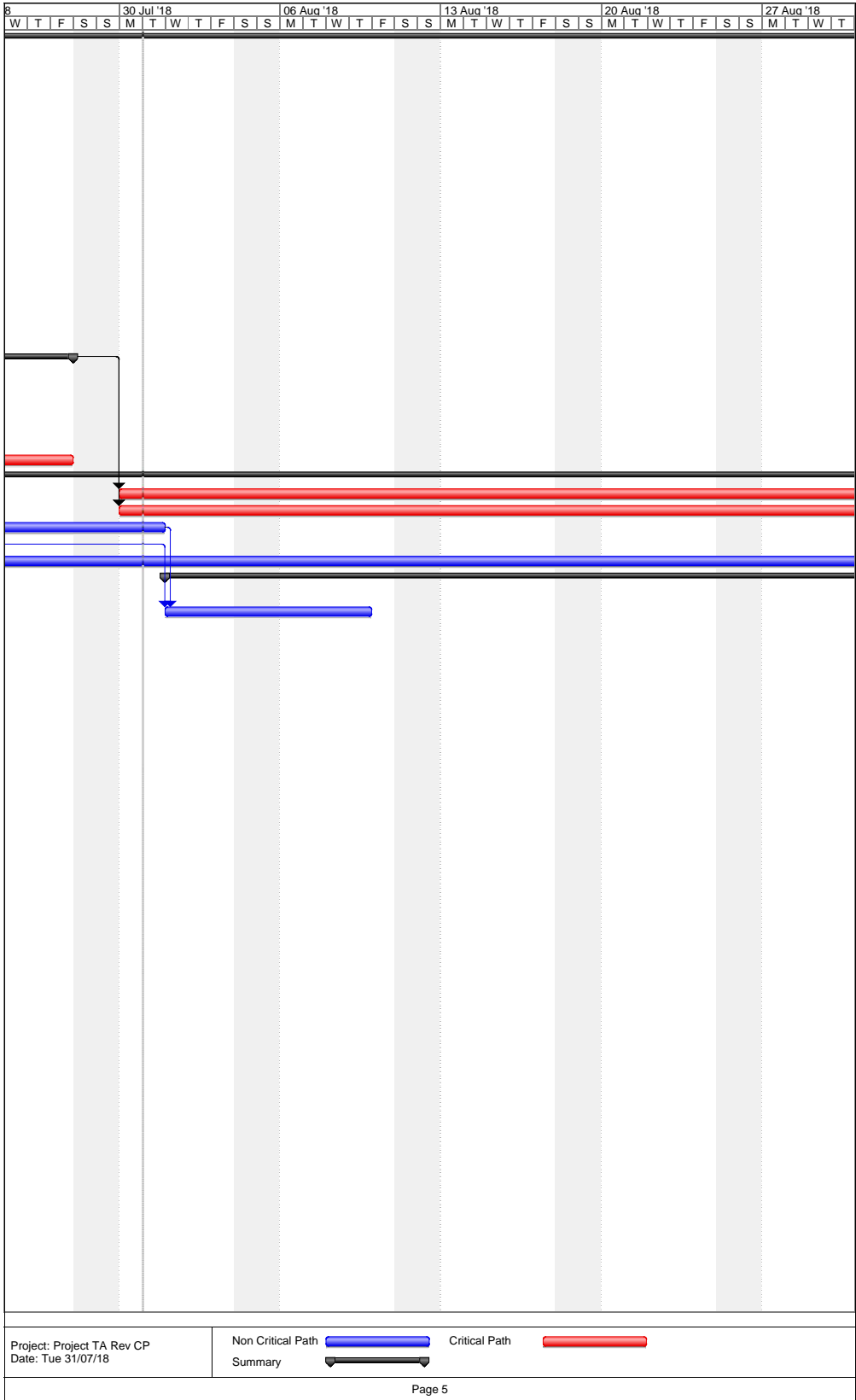


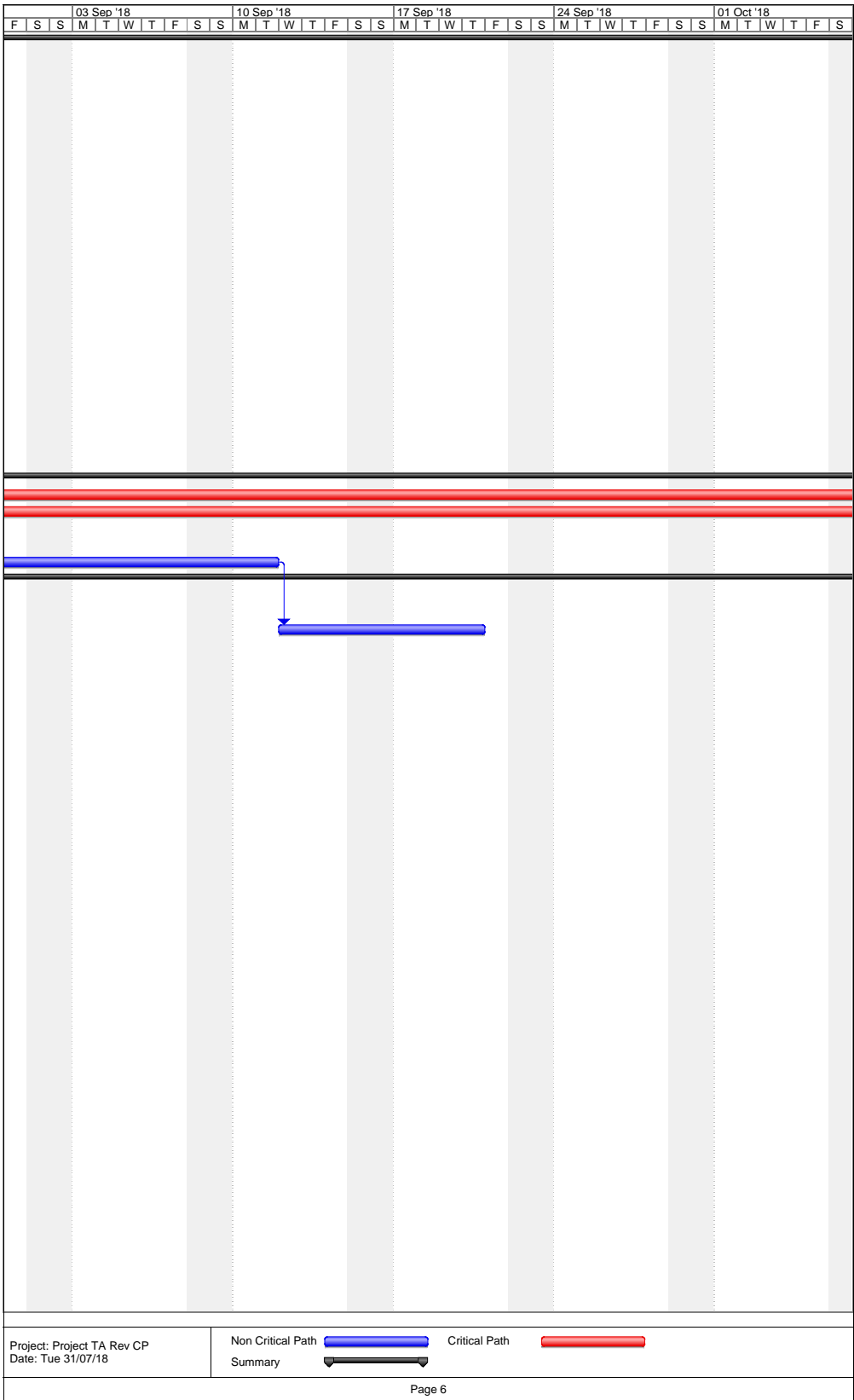
Project: Project TA Rev CP
 Date: Tue 31/07/18

Non Critical Path  Critical Path 
 Summary 



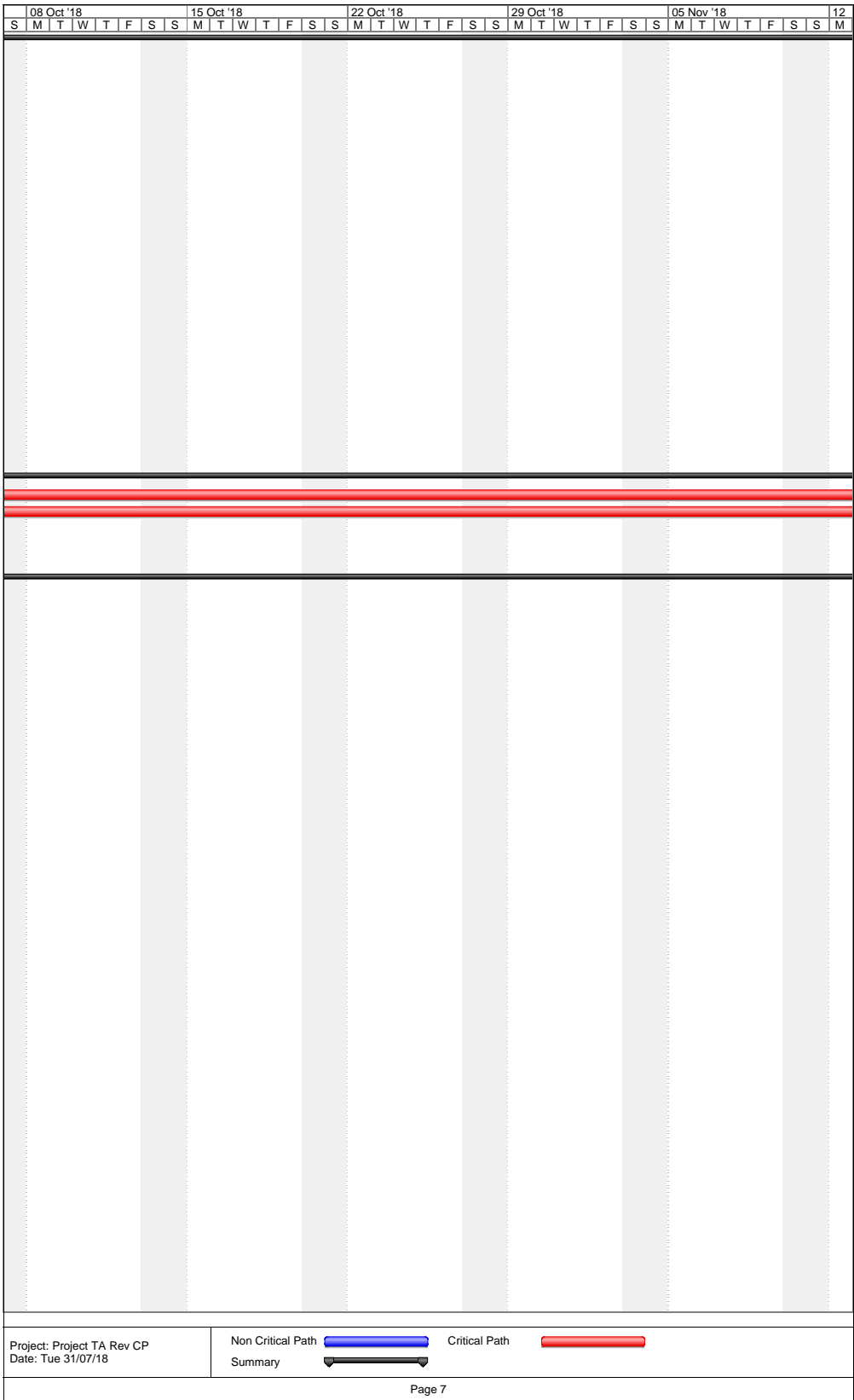


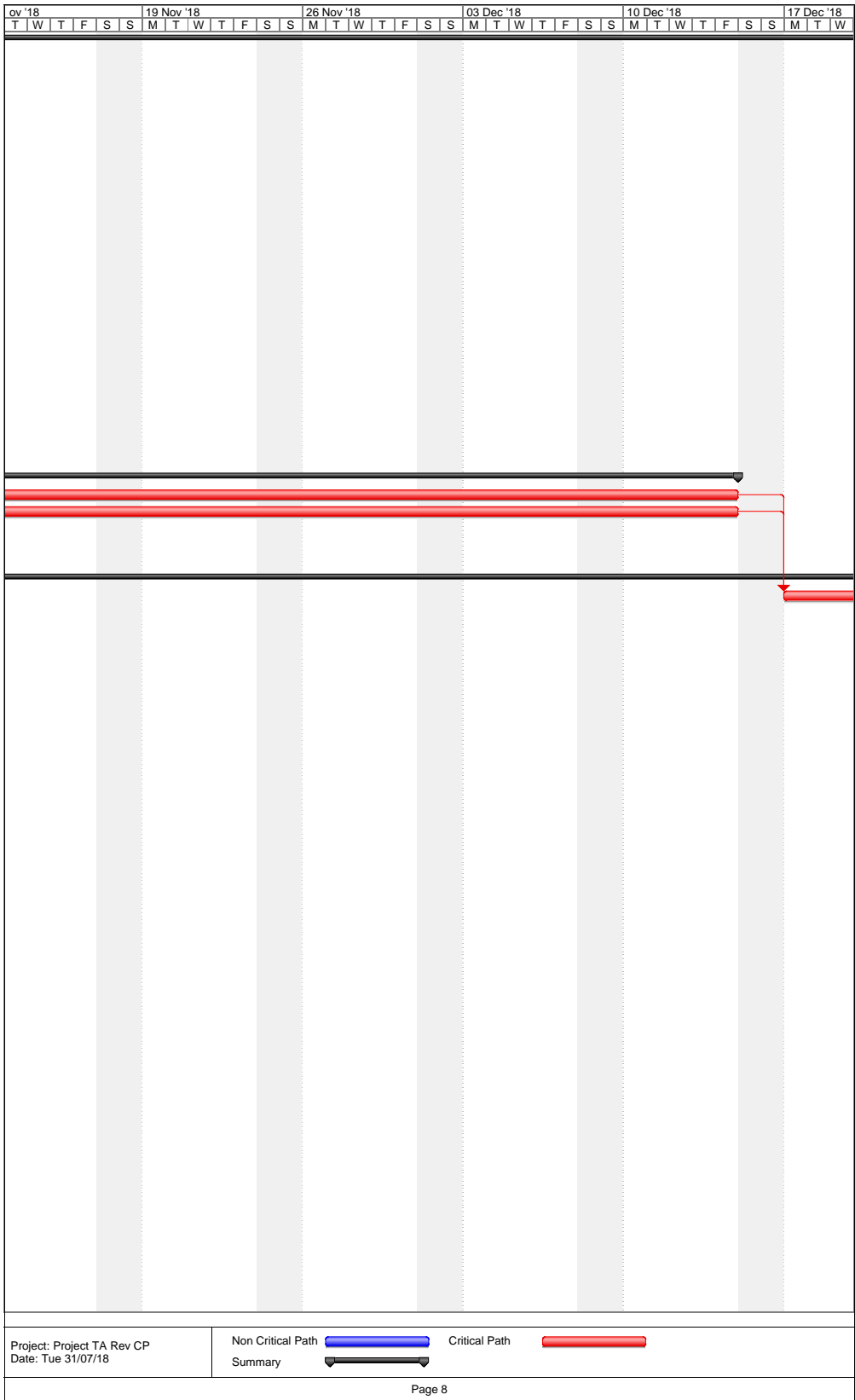




Project: Project TA Rev CP
Date: Tue 31/07/18

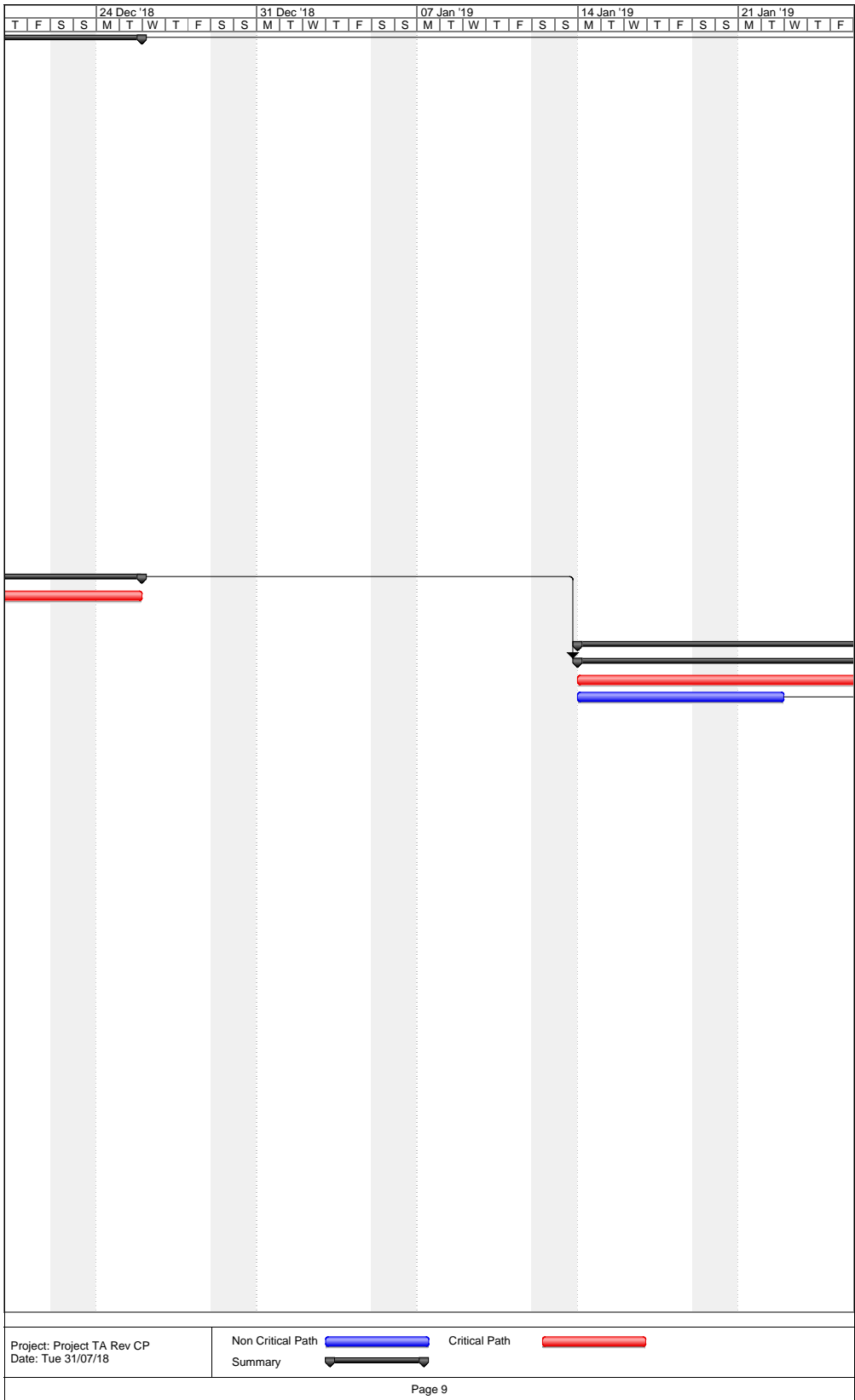
Non Critical Path Critical Path
Summary





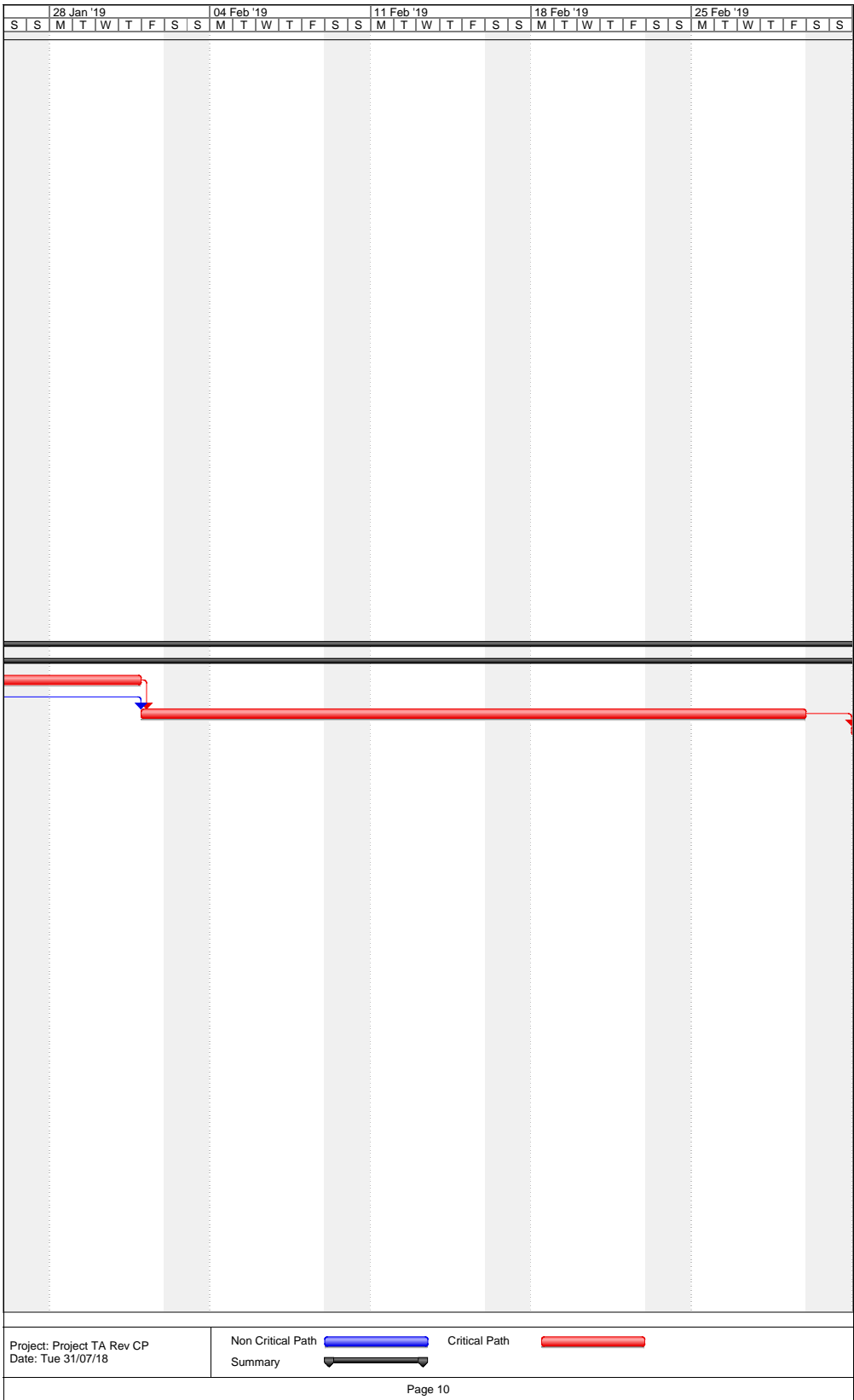
Project: Project TA Rev CP
Date: Tue 31/07/18

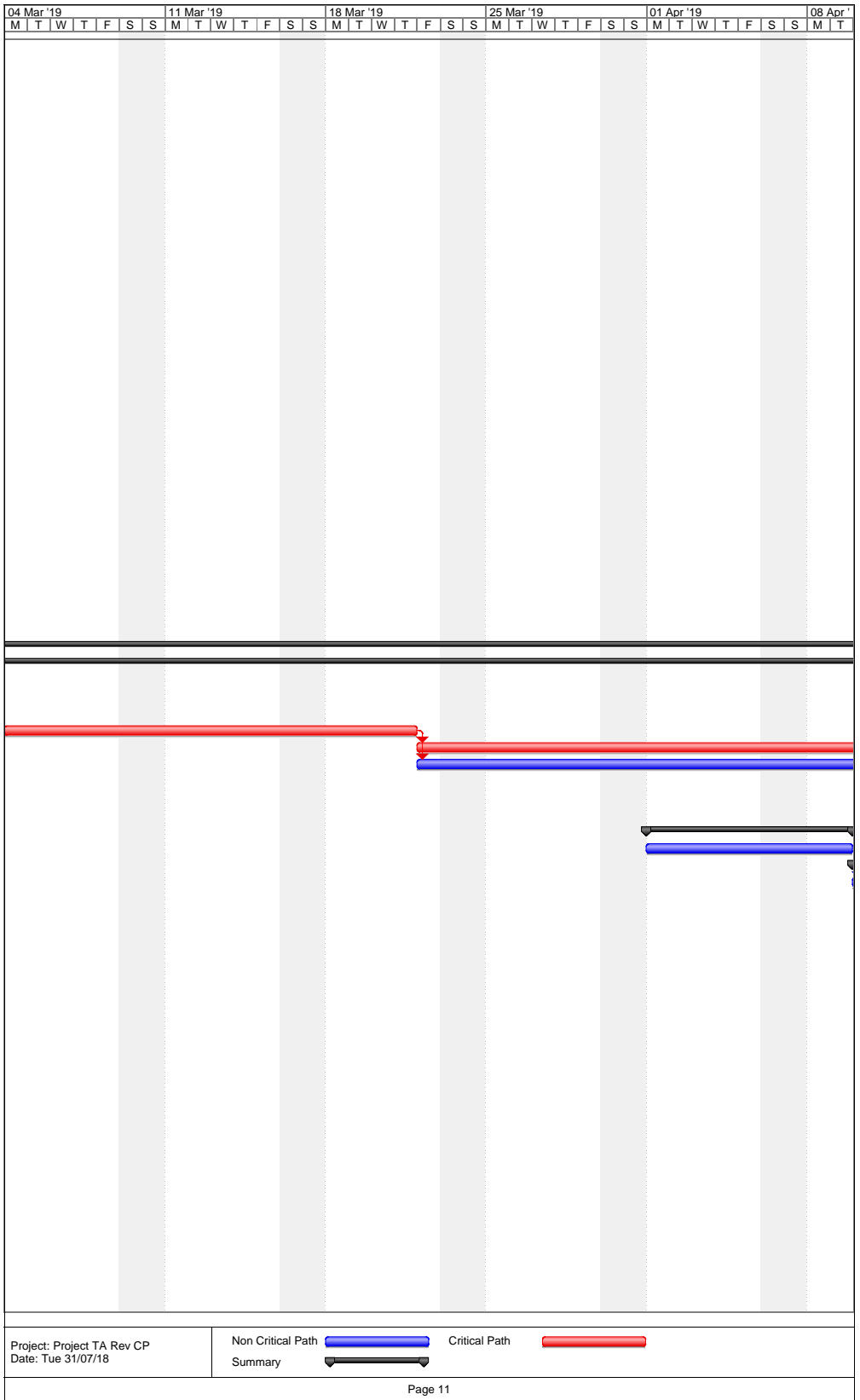
Non Critical Path  Critical Path 
Summary 

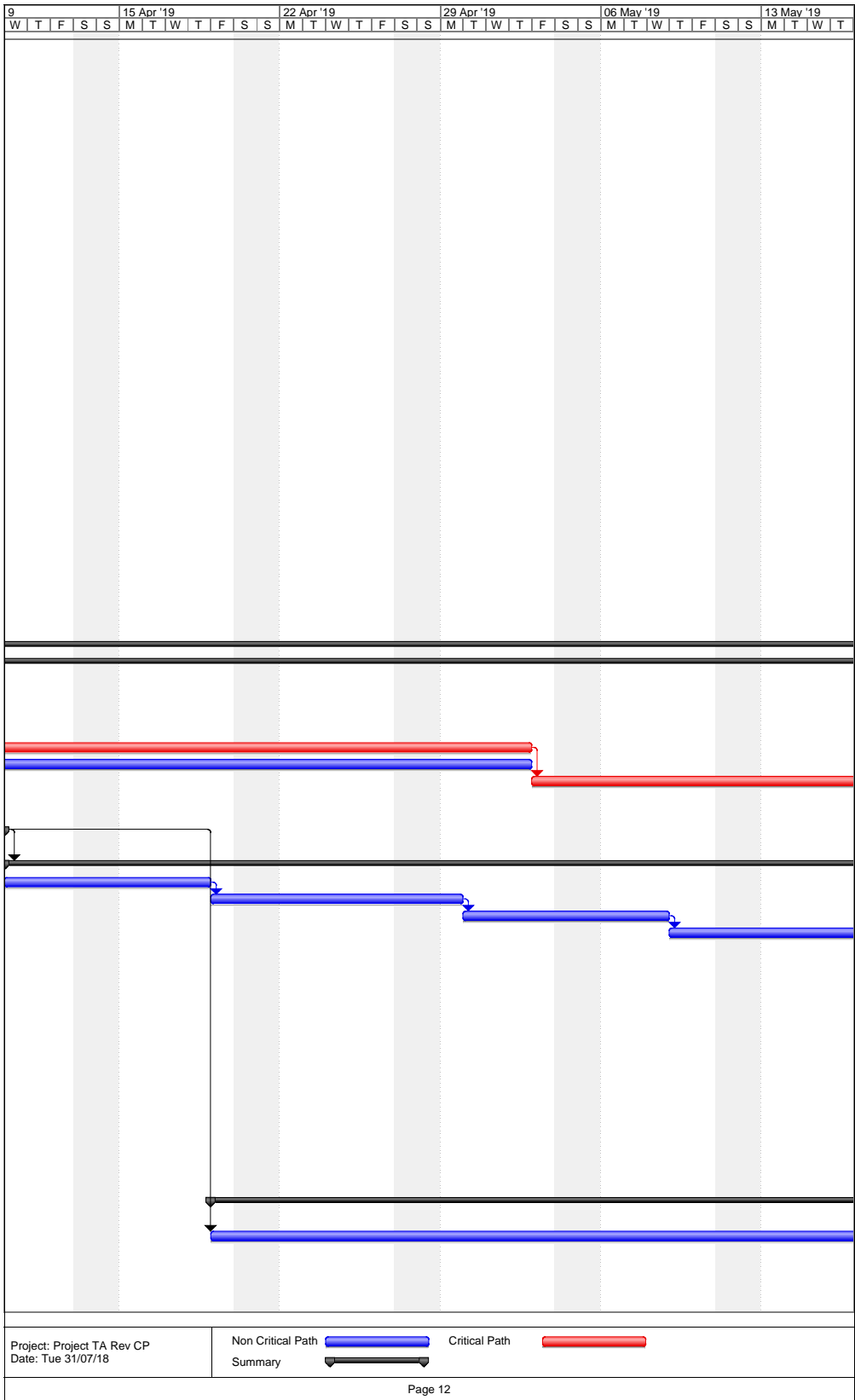


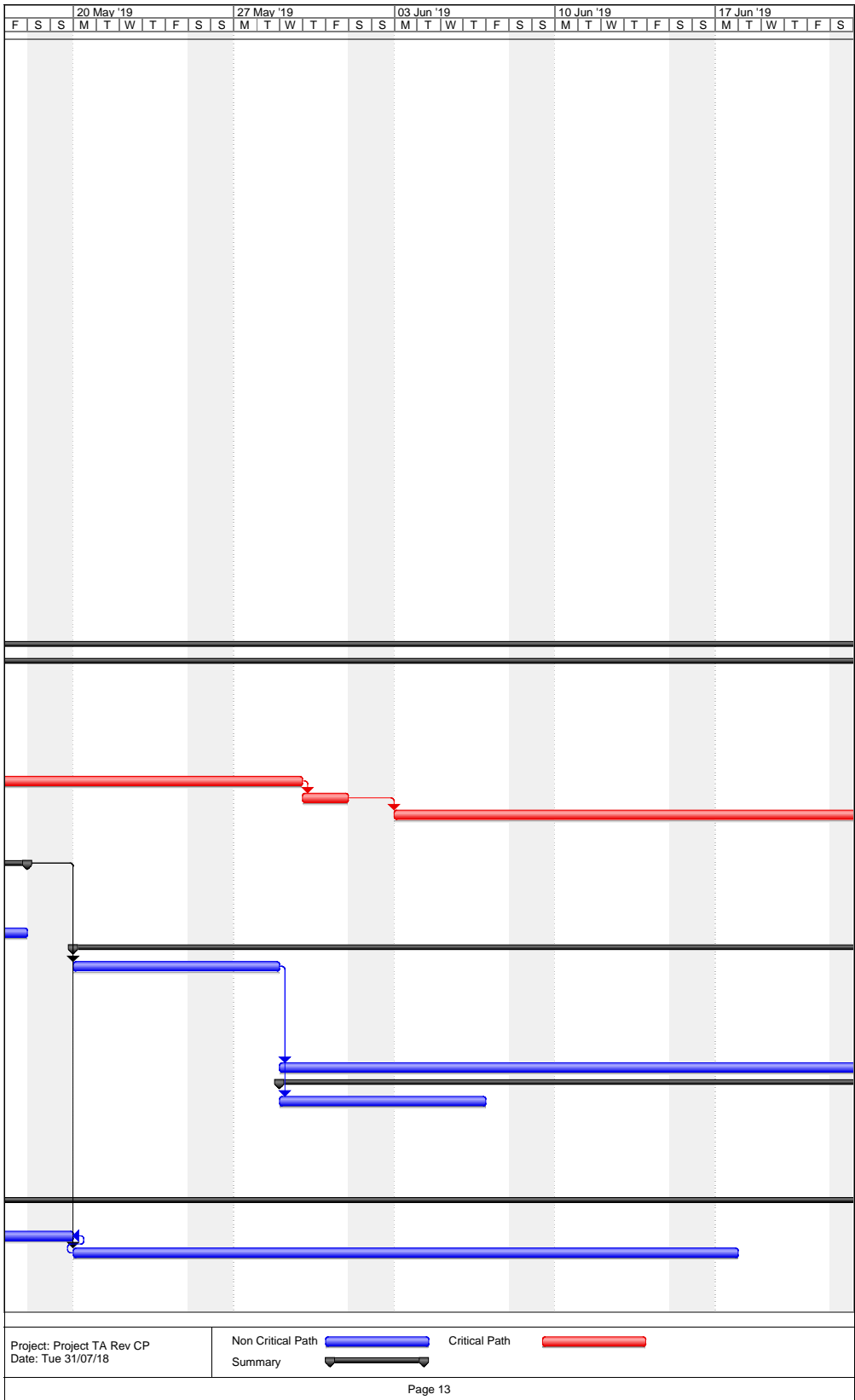
Project: Project TA Rev CP
Date: Tue 31/07/18

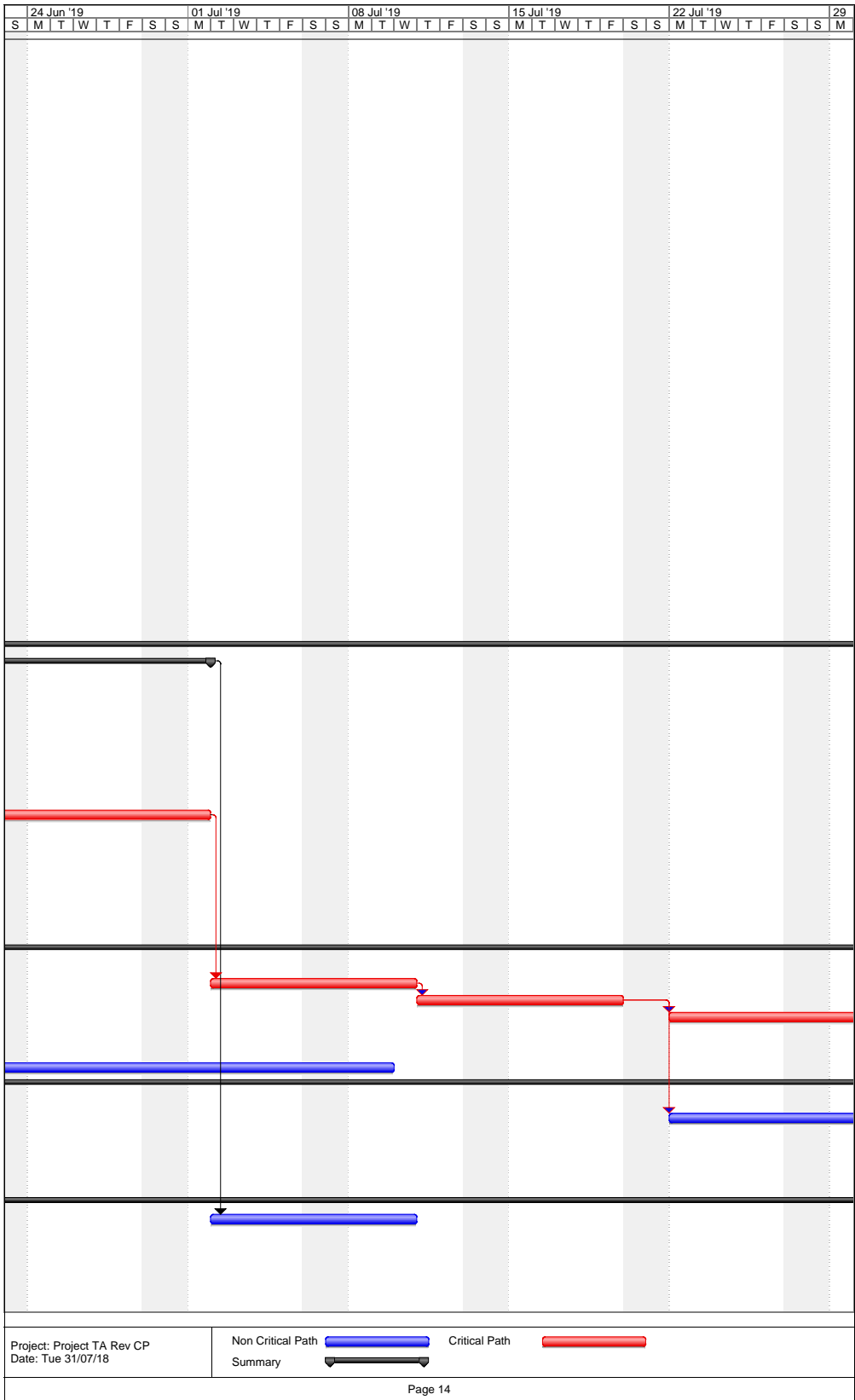
Non Critical Path  Critical Path 
Summary 

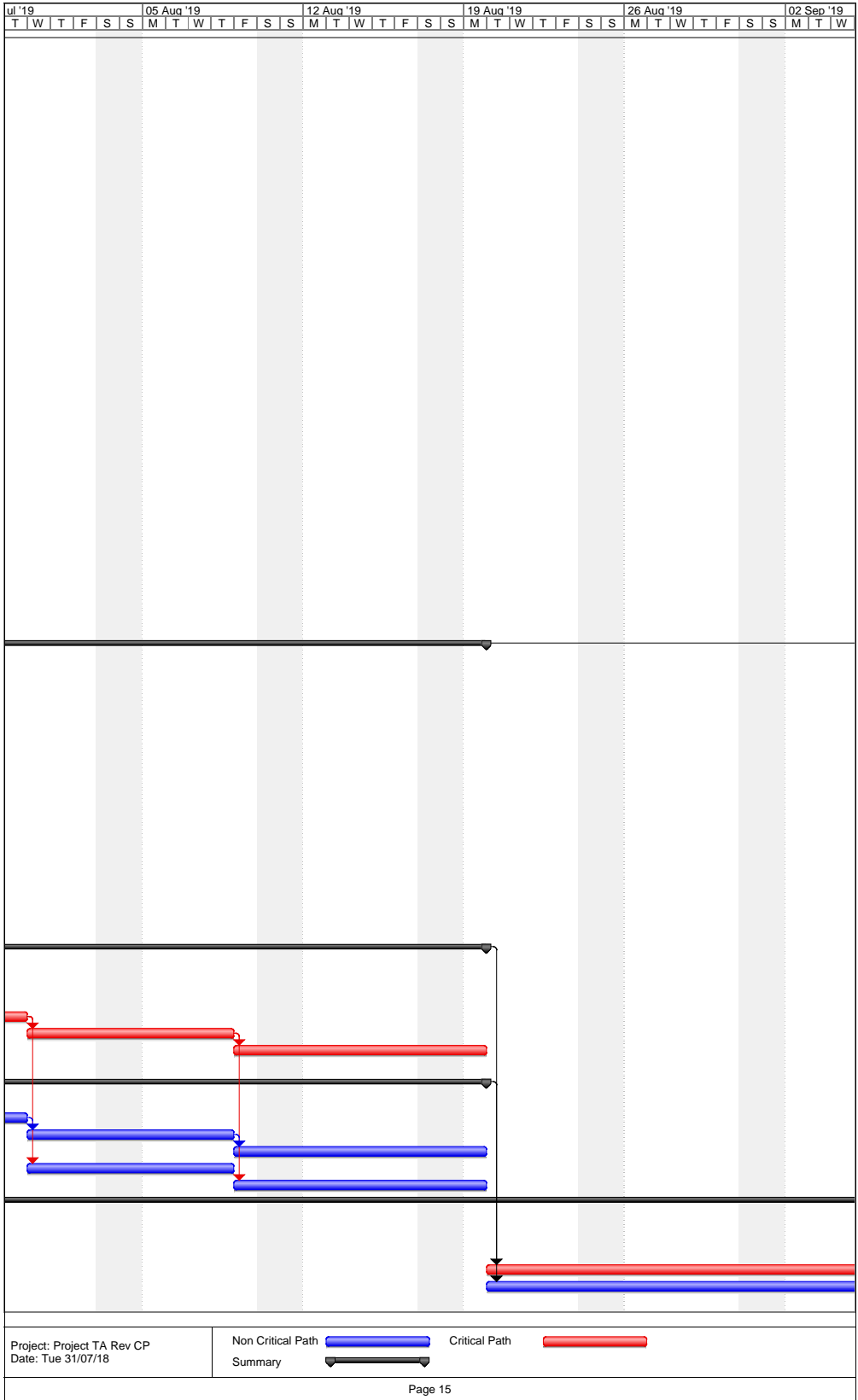


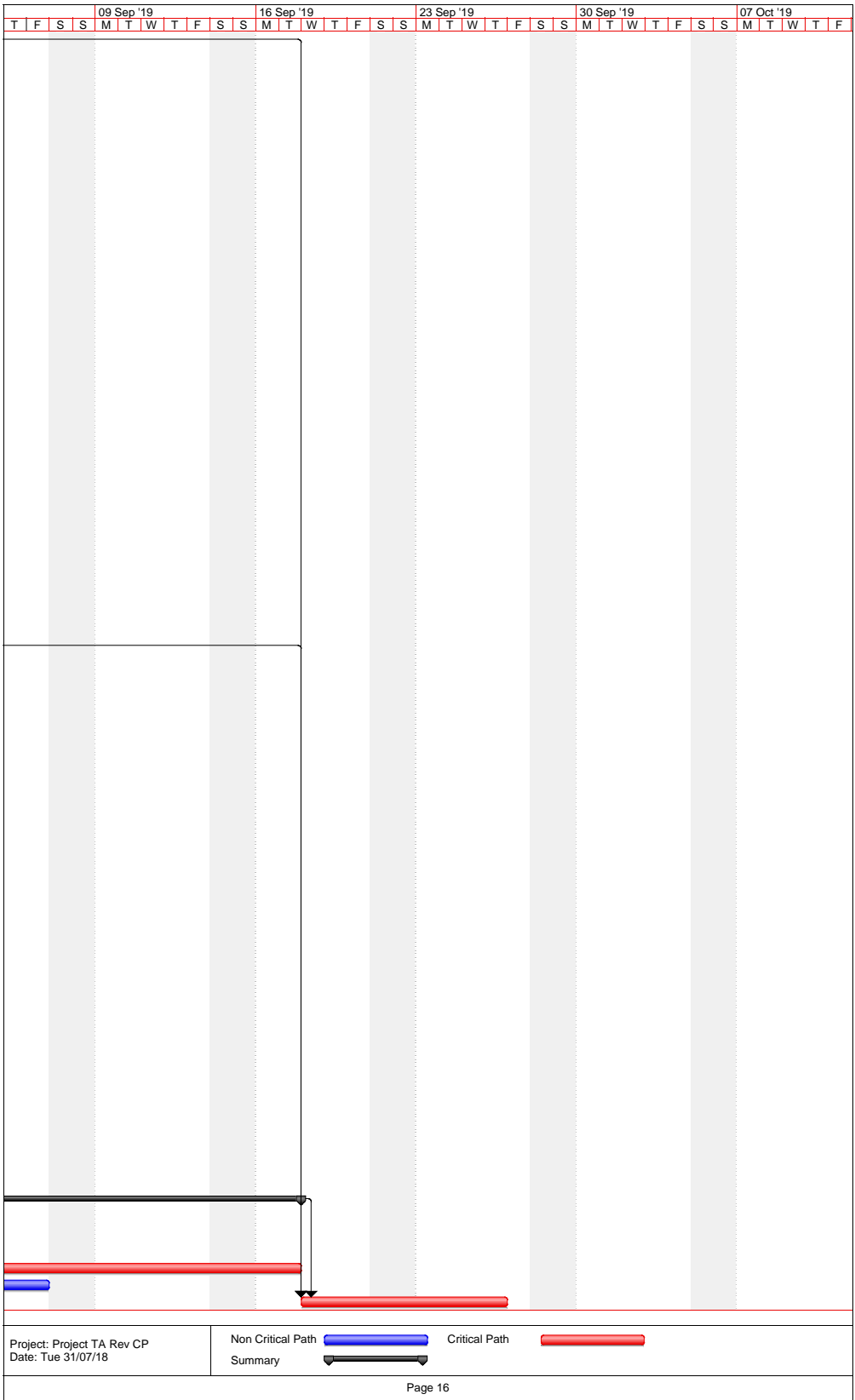












BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di kabupaten Kebumen Provinsi Jawa Tengah, pada 13 Oktober 1995. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan suami istri, Wahyudi Widodo dan Sri Lestyaningsih. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Aisyah Karangayar pada tahun 2001 sampai tahun 2002. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan ke SDN 2 Karanganyar hingga lulus tahun 2008. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan ke SMPN 2 Gombang hingga lulus tahun 2011. Dan berlanjut pada SMAN 1 Kebumen. Setelah lulus dari SMAN 1 Kebumen penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang Strata-1 dan diterima di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya melalui jalur SNMPTN dan terdaftar dengan NRP 04211440000051. Di Departemen Teknik Sistem Perkapalan penulis mengambil bidang studi Marine Electric and Automation System (MEAS) untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Penulis sempat aktif dibebberapa kegiatan akademis maupun non-akademis. Dalam bidang non akademis penulis aktif dalam setiap kegiatan Marine Icon 2017 sebagai panitia Water Bike Contest Marine Icon 2017, Dalam bidang akademis penulis aktif sebagai grader praktikum Turbin Pelton dalam praktikum Mesin Fluida, serta aktif sebagai grader praktikum Motor 1 Fasa Bivilar dalam praktikum Listrik Perkapalan pada tahun ajaran 2017-2018, hingga penulis bisa menyelesaikan pendidikan S1 pada tahun ajaran 2017-2018.