



**EVALUASI WAKTU DAN BIAYA PROYEK PEMBANGUNAN
MENARA MASJID ASSA'I DI MUARA ENIM MENGGUNAKAN
CPM DAN PERT PADA CV. SAMUDRA KARYA GRC**

SKRIPSI

Dibuat Oleh:

Riski Nurhidayat

021115427

**PROGRAM STUDI MANAJEMEN
FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS
UNIVERSITAS PAKUAN
BOGOR
MEI 2022**

**EVALUASI WAKTU DAN BIAYA PROYEK PEMBANGUNAN
MENARA MASJID ASSA'I DI MUARA ENIM MENGGUNAKAN
CPM DAN PERT PADA CV. SAMUDRA KARYA GRC**

SKRIPSI

Diajukan, sebagai salah satu syarat dalam mencapai gelar Sarjana Manajemen,
Program Studi Manajemen, Fakultas Ekonomi Universitas Pakuan.

Mengetahui,



Dekan Fakultas Ekonomi

(Dr. Hendro Sasongko, Ak., MM., CA)

Ketua Program Studi Manajemen

(Prof. Dr. Yohanes Indrayono, Ak.,
MM)

**EVALUASI WAKTU DAN BIAYA PROYEK PEMBANGUNAN
MENARA MASJID ASSA'I DI MUARA ENIM MENGGUNAKAN
CPM DAN PERT PADA CV. SAMUDRA KARYA GRC**

SKRIPSI

Telah disidangkan dan dinyatakan lulus pada hari : Selasa, 30 Mei 2022

Riski Nurhidayat

021115427

Menyetujui,

Ketua Sidang



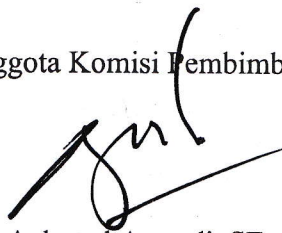
(Tutus Rully SE.,MM)

Ketua Komisi Pembimbing



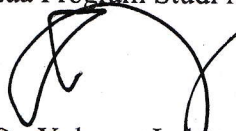
(Jaenudin, SE., M.M)

Anggota Komisi Pembimbing



(Dion Achmad Armadi, SE., MSi)

Diketahui,
Ketua Program Studi Manajemen



(Prof. Dr. Yohanes Indrayono, Ak., MM)

LAMPIRAN KEPUTUSAN REKTOR UNIVERSITAS PAKUAN

NOMOR : /KEP/REK/IX/2020

TENTANG : PERNYATAAN PELIMPAHAN KEKAYAAN INTELEKTUAL

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Riski Nurhidayat

NPM : 021115427

Judul Skripsi : EVALUASI WAKTU DAN BIAYA PROYEK PEMBANGUNAN
MENARA MASJID ASSA'I DI MUARA ENIM MENGGUNAKAN
CPM DAN PERT PADA CV. SAMUDRA KARYA GRC

Dengan ini saya menyatakan bahwa Paten dan Hak Cipta dari produk skripsi di atas adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun.

Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karyawan yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka dibagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan Paten, Hak Cipta dari karya tulis saya kepada Universitas Pakuan.

Bogor, 31 Mei 2022



Riski Nurhidayat

021115427

© Hak Cipta milik Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Pakuan, 2022 Hak Cipta Dilindungi Undang-undang No. 28 Tahun 2014

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan yang wajar Fakultas Ekonom dan Bisnis Universitas Pakuan.

Dilarang mengumumkan dan atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis dalam bentuk apapun tanpa seizin Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Pakuan

ABSTRAK

Sejalan dengan pertumbuhan ekonomi bangsa Indonesia pertumbuhan pembangunan di berbagai sektor berkembang sangat pesat. Banyak pihak swasta dan pemerintah melakukan pembangunan. Pelaksana proyek harus mampu menerapkan manajemen proyek dalam setiap proyek yang ditangani. Keberhasilan atau kegagalan dalam penyelesaian proyek tergantung dari perencanaan, penjadwalan dan pengendalian proyek yang dikelola secara efektif dan efisien. Penjadwalan proyek membantu mengidentifikasi hubungan yang harus didahulukan di antara aktivitas, serta menunjukkan perkiraan biaya dan waktu yang realistis untuk setiap aktivitas.

Berdasarkan penelitian diatas maka metode penelitian yang digunakan adalah CPM. CPM (Critical Path Methode) membuat asumsi bahwa waktu aktivitas yang diketahui dengan pasti sehingga hanya di perlukan satu faktor waktu untuk tiap aktivitas CPM yang lebih valid dalam menghitung waktu percepatan.

Hasil penelitian dengan penambahan 2 jam kerja waktu penyelesaian dapat dipersingkat menjadi 49 hari . Sedangkan jika dengan penambahan waktu 3 jam kerja waktu dapat dipersingkat menjadi 45 hari

Dengan menggunakan metode CPM akan mempermudah CV. Samudra Karya GRC dalam menentukan jalur kritis yang dapat membantu perusahaan mengantisipasi terjadinya jeda waktu yang lebih besar dari perkiraan perusahaan dalam pembangunan masjid. Dengan metode crash duration dan cost duration dalam kebijakan perusahaan akan membantu mempercepat waktu pengerjaan menara masjid, meskipun biaya yang diperlukan menjadi bertambah besar.

Kata kunci: Penjadwalan proyek, *Critical Path Method (CPM)* , *Crash Duration*, Biaya Percepatan, *Total Cost Slope*.

PRAKATA

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayat serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi dengan judul **“EVALUASI WAKTU DAN BIAYA PROYEK PEMBANGUNAN MENARA MASJID ASSA’I DI MUARA ENIM MENGGUNAKAN CPM DAN PERT PADA CV. SAMUDRA KARYA GRC.”**

Maksud dan tujuan pembuatan skripsi ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan Pendidikan Strata Satu pada Program Studi Manajemen Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Pakuan Bogor.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis menyadari masih belum mendekat kesempurnaan, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan koreksi dan saran yang sifatnya membangun sebagai bahan masukan yang bermanfaat demi perbaikan dan peningkatan diri dalam bidang ilmu pengetahuan. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih sebanyak-banyaknya kepada :

1. Ibu tercinta Isnarti dan Bapak Lasmanto serta keluarga besar yang telah memberikan do’a, motivasi dan dukungan baik secara moril maupun materil.
2. Bapak Prof. Dr. H. Bibin Rubini, M, Pd selaku Rektor Universitas Pakuan.
3. Bapak Dr. Hendro Sasongko, Ak., MM., CA selaku Dekan Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Pakuan.
4. Bapak Prof. Dr. Yohanes Indrayono, Ak., MM., CA selaku Prodi Manajemen Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Pakuan.
5. Bapak Jaenudin, SE., MM selaku ketua Komisi Pembimbing dan Bapak Dion Achmad Armadi, SE., MSi. Selaku anggota Komisi Pembimbing yang telah mengarahkan serta memberikan saran selama penyusunan demi perbaikan penulisan skripsi.
6. Seluruh Dosen pengajar Program Studi Manajemen Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Pakuan yang telah memberikan banyak ilmu serta pengalaman yang sangat berharga dan bermanfaat bagi penulis.
7. Seluruh staff Tata Usaha dan Karyawan Perpustakaan di Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Pakuan.
8. Kepada seluruh teman-teman DPR (Dibawah Pohon Rindang) yang tak pernah lelah memberikan inspirasi, semangat dan motivasi.
9. Teman-teman kelas K Manajemen angkatan 2015 di Program Studi

Manajemen, Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Pakuan

10. Kepada Ryandi, Manarul Hidayat dan Hary Hermansyah yang selalu memberikan masukan dan pandangan baik
11. Kepada Jamal dan Fauzy yang selalu menjadi tempat berkeluh kesah dan berbagi canda ria.
12. Kepada Tri Iswandi dan Eka yang telah memberikan semangat dan motivasi, dalam mencari inspirasi.
13. Serta pihak-pihak yang telah mendo'akan yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan kontribusi positif bagi semua pihak yang berkepentingan dan semoga Allah SWT membalas semua amal dan kebaikan kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini. Amin.

Bogor, 15 Mei 2022

Riski Nurhidayat

DAFTAR ISI

JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN DAN PERNYATAAN TELAH DISIDANGKAN.....	iii
LEMBAR PELIMPAHAN HAK CIPTA	iv
LEMBAR HAK CIPTA	v
ABSTRAK	vi
PRAKATA	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang penelitian	1
1.2 Identifikasi dan perumusan masalah.....	10
1.2.1 Identifikasi masalah	10
1.2.2 Rumusan masalah.....	10
1.3 Maksud dan tujuan penelitian.....	10
1.3.1 Maksud peneltian	10
1.3.2 Tujuan penelitian.....	10
1.4 Kegunaan penelitian.....	11
1.4.1 Kegunaan praktis.....	11
1.4.2 Kegunaan akademis	11
BAB IITINJAUAN PUSTAKA.....	12
2.1 Manajemen operasional	12
2.1.1 Pengertian manajemen operasi.....	12
2.1.2 Fungsi manajemen operasi.....	12
2.1.3 Ruang lingkup manajemen operasi	13
2.2 Penjadwalan	15
2.2.1 Definisi penjadwalan.....	15

2.2.2	Penjadwalan proyek.....	16
2.2.3	Tujuan penjadwalan.....	17
2.2.4	Manfaat penjadwalan.....	17
2.3	Network planning.....	17
2.3.1	Definisi <i>network planning</i>	17
2.3.2	Metode dalam <i>network planning</i>	18
2.3.3	Simbol-simbol dan ketentuan dalam <i>network planning</i>	18
2.3.4	Hubungan antar simbol dan kegiatan	19
2.3.5	Metode penjadwalan <i>critical path method (cpm)</i>	21
2.3.6	Jalur kritis (<i>critical path</i>).....	22
2.4	Program Evaluation and Review Technique (PERT)	24
2.5	Three Time Estimates in PERT	24
2.6	Analisa biaya dalam proyek.....	24
2.6.1	Biaya proyek.....	24
2.6.2	Percepatan proyek (<i>project crashing</i>)	26
2.7	Penelitian sebelumnya dan kerangka pemikiran	28
2.7.1	Penelitian sebelumnya	28
2.7.2	Kerangka pemikiran	33
2.8	Konstelasi penelitian	36
BAB III	METODE PENELITIAN	37
3.1	Jenis penelitian	37
3.2	Objek penelitian, unit analisis, dan lokasi penelitian	37
3.2.1	Objek penelitian.....	37
3.2.2	Unit analisis	37
3.2.3	Lokasi penelitian	37
3.3	Jenis dan pengumpulan data penelitian.....	37
3.4	Operasionalisasi variabel	37
3.5	Metode pengumpulan data.....	38
3.6	Metode pengolahan/analisis data.....	38
BAB IV	HASIL PENELITIAN	45
4.1	Gambaran umum lokasi penelitian	45
4.1.1	Kegiatan dan perkembangan usaha	45

4.1.2 Struktur organisasi	45
4.1.3 Fungsi dan tanggung jawab karyawan	46
4.1.4 Visi dan misi perusahaan	46
4.2 Pembahasan dan interpretasi hasil penelitian	47
4.2.1 Pelaksanaan penjadwalan pada CV. Samudra karya GRC	47
4.2.2 Penerapan penjadwalan menggunakan metode <i>critical path method</i> (cpm)	49
4.2.3 Penerapan Penjadwalan Menggunakan Metode PERT	54
4.2.4 Analisis crash duration	58
4.2.5 Perhitungan biaya <i>crashing</i>	63
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	68
5.1 Kesimpulan.....	68
5.2 Saran	68
DAFTAR PUSTAKA.....	69
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	71

DAFTAR TABEL

TABEL 1. 1 JADWAL AWAL YANG DIRENCANAKAN	3
TABEL 1. 2 JADWAL AWAL YANG DIRENCANAKAN	3
TABEL 1. 3 PEMASANGAN RANGKA.....	4
TABEL 1. 4PEMASANGAN PANEL.....	4
TABEL 1. 5 FINISHING	4
TABEL 1. 6 PENGECATAN	5
TABEL 1. 7 HASIL AKHIR JADWAL PEMBANGUNAN.....	5
TABEL 1. 8 PEKERJAAN AWAL.....	6
TABEL 1. 9 PEMASANGAN RANGKA.....	6
TABEL 1. 10 PEMASANGAN PANEL GRC	6
TABEL 1. 11 FINISHING.....	7
TABEL 1. 12 PENGECATAN.....	7
TABEL 1. 13 BIAYA YANG DIRENCANAKAN.....	8
TABEL 1. 14 BIAYA REALISASI.....	9
TABEL 2. 1 Koefisien Penurunan Produktivitas Kerja Jam Lembur (Jam).....	27
TABEL 2. 2 PENELITIAN TERDAHULU	28
Tabel 3. 1Tabel Operasional Variabel.....	38
TABEL 3. 2 TABEL DATA URUTAN KEGIATAN	38
TABEL 3. 3 TABEL HITUNGAN MAJU DAN HITUNGAN MUNDUR.....	41
TABEL 3. 4 TABEL PERHITUNGAN SLACK.....	41
TABEL 3. 5 ESTIMASI WAKTU PADA METODE PERT	42
TABEL 3. 6 KOEFISIEN PENURUNAN PRODUKTIVITAS KERJA JAM LEMBUR (JAM).....	43
Tabel 4. 1 Jadwal Awal yang Direncanakan... ..	47
TABEL 4. 2 HASIL AKHIR JADWAL PEMBANGUNAN.....	48
TABEL 4. 3 BIAYA YANG DIRENCANAKAN	48
TABEL 4. 4 BIAYA REALISASI	49
TABEL 4. 5 DATA URUTAN KEGIATAN	50
TABEL 4. 6 HASIL PERHITUNGAN ES-EF DAN LS-LF.....	52
TABEL 4. 7 TABEL PERHITUNGAN SLACK.....	53
TABEL 4. 8 HASIL ANALISA JALUR KRITIS CPM	53
TABEL 4. 9 ESTIMASI WAKTU PADA METODE PERT	55
TABEL 4. 10 NILAI WAKTU YANG DIHARAPKAN	56
TABEL 4. 11 HASIL PERHITUNGAN PERT.....	57
TABEL 4. 12 HASIL PERHITUNGAN DURASI DIPERCEPAT DENGAN PENAMBAHAN 2 JAM LEMBUR	63
TABEL 4. 13HASIL PERHITUNGAN DURASI DIPERCEPAT DENGAN PENAMBAHAN 3 JAM LEMBUR	63
TABEL 4. 14 HASIL PERHITUNGAN BIAYA CRASHING DENGAN PENAMBAHAN 2 JAM LEMBUR	66

TABEL 4. 15 HASIL PERHITUNGAN BIAYA CRASHING DENGAN PENAMBAHAN 3 JAM LEMBUR.....	66
TABEL 4. 16 COST SLOPE PENAMBAHAN JAM KERJA.....	67

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR 2. 1 HUBUNGAN KEGIATAN	19
GAMBAR 2. 2 HUBUNGAN KEGIATAN	20
GAMBAR 2. 3 HUBUNGAN KEGIATAN	20
GAMBAR 2. 4 HUBUNGAN KEGIATAN	20
GAMBAR 2. 5 HUBUNGAN KEGIATAN	20
GAMBAR 2. 6 HUBUNGAN KEGIATAN	21
GAMBAR 2. 7 HUBUNGAN KEGIATAN	23
GAMBAR 2. 8 KONSTELASI PENELITIAN	36
GAMBAR 3. 1 JARINGAN KERJA	39
GAMBAR 3. 2 TABEL HITUNGAN MAJU DAN HITUNGAN MUNDUR	41
GAMBAR 3. 3 TABEL PERHITUNGAN SLACK	41
GAMBAR 4. 1 STRUKTUR ORGANISASI	45
GAMBAR 4. 2 JARINGAN KERJA	50
GAMBAR 4. 3 HITUNGAN MAJU DAN HITUNGAN MUNDUR METODE CPM	51
GAMBAR 4. 4 JALUR KRITIS METODE CPM.....	54
GAMBAR 4. 5 PERHITUNGAN MAJU DAN MUNDUR METODE PERT	57
GAMBAR 4. 6 JALUR KRITIS METODE PERT	58

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang penelitian

Sejalan dengan pertumbuhan ekonomi bangsa Indonesia, pertumbuhan pembangunan di berbagai sektor berkembang sangat pesat. Banyak pihak swasta dan pemerintah melakukan pembangunan. Kegiatan pembangunan ini berupa proyek-proyek, misalnya proyek pembangunan tempat usaha, proyek gudang, proyek konstruksi, proyek infrastruktur, proyek pembangunan suatu produk, proyek radio telekomunikasi, dan lain-lain. Adanya pembangunan proyek, di harapkan mampu meningkatkan ekonomi di berbagai sektor.

Sebuah proyek meliputi tugas-tugas tertentu yang di rancang secara khusus dengan hasil dan waktu yang telah di tentukan terlebih dahulu dan dengan keterbatasan sumber daya. Adanya batas waktu dalam penyelesaian proyek menimbulkan masalah bagi pelaksana proyek. Karena keberhasilan proyek di lihat dari ketetapan waktu dalam menyelesaikan proyek tersebut.

Pelaksanaan sebuah proyek dapat ditemukan kegiatan-kegiatan yang sangat kompleks, saling ketergantungan dan penting. Untuk mengatur dan mengelola kegiatan-kegiatan itu perlu adanya suatu manajemen proyek yang baik. Manajemen proyek adalah semua perencanaan, pelaksanaan, pengendalian dan koordinasi suatu proyek dari awal (gagasan) hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek secara tepat biaya dan tepat mutu.

Menurut Heizer dan Render (2015), menyatakan manajemen proyek memiliki tiga fase. Perencanaan, dalam tahap ini menentukan tujuan mendefinisikan proyek dan pengorganisasian tim. Penentuan jadwal berhubungan dengan manusia, uang dan pasokan untuk aktivitas-aktivitas tertentu dan mengaitkan aktivitas dengan yang lain. Pengendalian bertujuan untuk mengawasi sumber daya, kualitas dan anggaran.

Pelaksana proyek harus mampu menerapkan manajemen proyek dalam setiap proyek yang ditangani. Keberhasilan atau kegagalan dalam penyelesaian proyek tergantung dari perencanaan, penjadwalan dan pengendalian proyek yang dikelola secara efektif dan efisien. Namun, masih banyak penyelesaian proyek yang tidak di kelola secara efektif dan efisien. Hal ini mengakibatkan waktu penyelesaian proyek terlambat, biaya proyek meningkat dan kinerja menurun. Keterlambatan penyelesaian proyek sangat erat hubungannya dengan biaya dan waktu. Semakin mundur penyelesaian proyek maka biaya yang dibutuhkan semakin besar, dan membutuhkan waktu yang lebih lama. Oleh karena itu, peran manajemen proyek sangat penting guna meminimalkan kegagalan dalam menyelesaikan suatu proyek.

Penyelesaian proyek pada umumnya memiliki batas waktu, artinya proyek harus diselesaikan sebelum atau tepat pada waktu yang telah ditentukan. Pelaksana proyek membuat jadwal proyek dengan mengurutkan dan membagi waktu untuk setiap

aktivitas proyek. Penjadwalan proyek adalah tantangan yang sulit bagi manajer operasi. Pelaksana proyek harus memutuskan berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk setiap aktivitas proyek, dan menghitung berapa banyak orang serta bahan yang diperlukan pada tiap tahap proyek. Namun di lapangan, masih banyak mengalami keterlambatan waktu tidak sesuai dengan jadwal. Ada banyak faktor yang menyebabkan tersebut, yaitu perubahan sistem politik, cuaca, ketergantungan buruh, kegagalan konstruksi, ketergantungan pihak lain, dan lain sebagainya.

Menurut Heizer dan Render (2017), menyatakan bahwa penjadwalan proyek memiliki beberapa tujuan diantaranya adalah, untuk menunjukkan hubungan masing-masing pekerjaan dengan pekerjaan yang lain dan untuk keseluruhan proyek. Untuk mengidentifikasi tingkat hubungan antara pekerjaan. Untuk mendorong pengaturan terhadap realistis waktu dan perkiraan biaya untuk setiap pekerjaan. Untuk membantu menjadi lebih baik menggunakan pekerja, uang dan material dengan mengidentifikasi lintasan kritis dalam proyek

Penjadwalan proyek membantu menunjukkan hubungan setiap aktivitas dengan aktivitas lainnya terhadap keseluruhan proyek, mengidentifikasi hubungan yang harus didahulukan di antara aktivitas, serta menunjukkan perkiraan biaya dan waktu yang realistis untuk setiap aktivitas.

Proses pelaksanaan pekerjaan berjalan dengan lancar dan efisien, alokasi waktu yang disediakan untuk masing-masing pekerjaan harus direncanakan sesuai dengan jangka waktu yang disediakan. Oleh karena itu pelaksana proyek membuat rencana kerja yang berisi urutan waktu pekerjaan yang dirancang sedemikian rupa, sehingga kemungkinan antara bagian pekerjaan yang satu dengan pekerjaan yang lainnya dapat dikerjakan terlebih dahulu, bersamaan atau hanya bisa dilakukan secara berurutan.

Selain kualitas, perlu adanya ketepatan waktu dalam penyelesaian proyek dengan melakukan pengendalian waktu, seperti jadwal pekerjaan atau rapat *monitoring*. Setiap keterlambatan pelaksanaan dari jadwal rencana, perlu dibuatkan rencana ulang. Dalam pengawasan dan pengendalian waktu pada proyek ini mengacu pada jadwal rencana pekerjaan yang telah direncanakan sebelumnya. Walaupun terjadi sedikit perubahan dalam pelaksanaannya, dikarenakan berbagai macam faktor di lapangan. Salah satu solusi yang dapat digunakan untuk perencanaan, penjadwalan dan pengawasan manajemen proyek adalah dengan metode CPM. CPM (*Critical Path Methode*) membuat asumsi bahwa waktu aktivitas yang diketahui dengan pasti sehingga hanya di perlukan satu faktor waktu untuk tiap aktivitas. Salah satu keuntungan CPM yaitu, berguna untuk formulasi, penjadwalan, dan mengelola berbagai kegiatan disemua pekerjaan konstruksi, karena menyediakan jadwal yang dibangun secara empiris.

Menurut Heizer dan Render (2015), menyatakan metode CPM (*Critical Path Method*) adalah jalur waktu terpanjang yang melalui suatu jaringan. Proyek merupakan sistem yang paling banyak dipergunakan di antara sistem lain yang menggunakan prinsip pembentukan jaringan dengan CPM, jumlah waktu yang

dibutuhkan untuk menyelesaikan berbagai tahap suatu proyek dianggap diketahui dengan pasti, demikian pula dengan sumber yang digunakan dan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek. CPM adalah model manajemen proyek yang mengutamakan biaya sebagai objek yang di analisis.

CV. Samudra Karya merupakan salah satu perusahaan yang berada di Kecamatan Cimanggis, Kota Depok dan telah berdiri sejak 2008. CV. Samudra Karya ini bergerak dalam bidang konstruksi bangunan. Berdasarkan hasil wawancara dan penelitian dengan pemilik perusahaan, diketahui bahwa selama ini CV. Samudra Karya GRC dalam menentukan waktu dan biaya yang dibutuhkan hanya berdasarkan pengalaman. Perusahaan seringkali mendapatkan masalah dalam waktu penyelesaian proyek karena waktu penyelesaian tidak sesuai dengan waktu yang telah ditentukan sebelumnya. Hal ini akan berdampak buruk bagi perusahaan, di antaranya memperburuk citra perusahaan yang terkesan tidak mampu menyelesaikan proyek sesuai kontrak yang telah disepakati. Selain itu perusahaan akan mengeluarkan biaya yang lebih banyak dengan tidak tepatnya waktu penyelesaian proyek.

Penelitian ini merupakan studi terhadap data penjadwalan proyek konstruksi bangunan milik CV.SAMUDRA KARYA yaitu proyek konstruksi bangunan “Menara masjid Assa’I di Muara Enim”.

Tabel 1. 1 Jadwal Awal yang Direncanakan

No	Kegiatan	September				Oktober			
		1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Pekerjaan awal	■							
2.	Pemasangan rangka		■	■	■				
3.	Pemasangan panel GRC			■	■	■	■		
4.	<i>Finishing</i>					■	■	■	■
5.	Pengecatan							■	■

Sumber : Data Perusahaan 2020

Berikut data perincian jadwal awal yang direncanakan oleh perusahaan.

1. Jadwal awal pekerjaan awal

Tabel 1. 2 Jadwal Awal yang Direncanakan

No	Kegiatan	September						
		1	2	3	4	5	6	7
1.	Pembelian alat-Alat	08.00-16.00						Libur
2.	Mobilisasi Pekerja		08.00-16.00	08.00-16.00				Libur
3.	Mengukur struktur lapangan				08.00-16.00			Libur
4.	Marking & Leveling lokasi					08.00-16.00	08.00-16.00	Libur

2. Jadwal awal pemasangan rangka awal

Tabel 1. 3 Pemasangan Rangka

No	Kegiatan	September									
		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	pemasangan scaffolding	08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00							
2	set up rangka bawah			08.00-16.00							
3	pemasangan bracket & rangka bawah			08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00					
4	set up rangka atas							08.00-16.00			
5	pemasangan bracket & rangka atas							08.00-16.00		08.00-16.00	08.00-16.00
6	pemasangan rangka mahkota										08.00-16.00

3. Jadwal awal pemasangan panel GRC

Tabel 1. 4Pemasangan Panel

No	Kegiatan	September													Oktober				
		18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5
1	pemasangan anti petir	08.00-16.00																	
2	pemasangan panel mahkota		08.00-16.00																
3	set up panel bagian atas				08.00-13.00														
4	pemasangan panel bagian atas				08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00								
5	set up panel bagian bawah												08.00-16.00						
6	pemasangan panel bagian bawah												08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00		08.00-16.00

4. Jadwal awal finishing

Tabel 1. 5 Finishing

No	Kegiatan	Oktober																
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
1.	Finishing mahkota	08.00-16.00	08.00-16.00				Libur									Libur		
2.	Finishing panel atas			08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00	Libur	08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00					Libur		
3.	Finishing panel bawah						Libur						08.00-16.00	08.00-16.00	Libur	08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00

5. Jadwal awal pengecatan

Tabel 1. 6 Pengecatan

No	Kegiatan	Oktober							
		22	23	24	25	26	27	28	29
1.	Pengecatan warna dasar	08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00	Libur				
2.	Pengecatan warna keseluruhan			08.00-16.00	Libur	08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00

Penjadwalan yang direncanakan oleh perusahaan CV. Samudra Karya GRC menunjukkan proyek akan selesai dalam waktu kurang lebih dua bulan. Pada pengerjaan awal diperkirakan selesai dalam waktu satu minggu. Pemasangan rangka diperkirakan selesai dalam waktu dua minggu dan dengan waktu bersamaan bisa menyelesaikan pemasangan panel GRC dalam waktu tiga minggu. Proses *finishing* bisa selesai dalam waktu tiga minggu. Selanjutnya bisa menyelesaikan pengecatan dalam waktu dua minggu.

Perencanaan awal dari penjadwalan yang dibuat oleh perusahaan yang sudah disepakati sejak awal sebelum berjalannya pekerjaan dapat dilihat pada tabel 1.1. Namun yang terjadi proyek pembangunan mengalami kemunduran dalam penyelesaiannya, hal ini bisa berdampak buruk terhadap perusahaan yang berakibat pengeluaran biaya dan bahan material lebih tinggi.

Tabel 1. 7 Hasil Akhir Jadwal Pembangunan

No	Kegiatan	September				Oktober				November			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Pekerjaan awal	■											
2.	Pemasangan rangka		■	■	■								
3.	Pemasangan panel GRC			■	■	■	■	■	■				
4.	<i>Finishing</i>							■	■	■	■		
5.	Pengecatan										■	■	■

Sumber : Data Perusahaan 2020

Berikut jadwal akhir proyek yang terjadi.

1. Jadwal akhir pekerjaan awal

Tabel 1. 8 Pekerjaan Awal

No	Kegiatan	September						
		1	2	3	4	5	6	7
1.	Pembelian alat-alat	08.00-16.00						Libur
2.	Mobilisasi pekerja		08.00-16.00	08.00-16.00				Libur
3.	Mengukur struktur lapangan				08.00-16.00			Libur
4.	Marking & Leveling lokasi					08.00-16.00	08.00-16.00	Libur

2. Pemasangan rangka

Tabel 1. 9 Pemasangan Rangka

No	Kegiatan	September									
		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	pemasangan scaffolding	08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00							
2	set up rangka bawah			08.00-16.00							
3	pemasangan bracket & rangka bawah			08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00					
4	set up rangka atas						08.00-16.00				
5	pemasangan bracket & rangka atas						08.00-16.00		08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00
6	pemasangan rangka mahkota										08.00-16.00

3. Pemasangan panel GRC

Tabel 1. 10 Pemasangan Panel GRC

No	Kegiatan	September													Oktober																
		18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1	pemasangan anti petir	08.00-16.00	08.00-16.00	Libur						Libur							Libur							Libur							
2	pemasangan panel mahkota			Libur	08.00-16.00	08.00-16.00				Libur							Libur							Libur							
3	set up panel bagian atas			Libur		08.00-16.00				Libur							Libur						Libur								
4	pemasangan panel bagian atas			Libur		08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00	Libur	08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00	Libur						Libur								
5	set up panel bagian bawah			Libur						Libur							Libur	08.00-16.00					Libur								
6	pemasangan panel bagian bawah			Libur						Libur							Libur	08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00	Libur	08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00	

4. Finishing

Tabel 1. 11 Finishing

No	Kegiatan	Oktober											November																		
		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
1.	Finishing mahkota	08.00-16.00	08.00-16.00	Libur							Libur									Libur										Libur	
2.	Finishing panel atas			Libur	08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00	Libur	08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00	Libur												Libur	
3.	Finishing panel bawah			Libur							Libur								08.00-16.00	Libur	08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00	Libur	08.00-16.00	

5. Pengecatan

Tabel 1. 12 Pengecatan

No	Kegiatan	November							
		11	12	13	14	15	16	18	19
1.	Pengecatan warna Dasar	08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00			Libur		
2.	Pengecatan warna Keseluruhan			08.00-16.00	08.00-16.00	08.00-16.00	Libur	08.00-16.00	08.00-16.00

Tabel 1.2 di atas dapat dilihat bahwa pada proyek CV. Samudra Karya GRC terjadi kemunduran dari jadwal yang telah ditentukan sebelumnya. Pada pengerjaan awal selesai dalam waktu minggu pertama. pada pemasangan rangka dapat diselesaikan dalam minggu ke tiga. Pada pemasangan panel dapat diselesaikan pada minggu ke tujuh. Proses *finishing* selesai pada minggu ke sepuluh. Dan pengecatan selesai pada minggu ke sebelas.

Tabel 1.1 merupakan jadwal kerja yang sudah disepakati dalam pembangunan. Namun pada kenyataan yang terjadi di lapangan, pengerjaan proyek melebihi durasi waktu yang sudah di tentukan di awal. Masalah ini bisa dilihat dari tabel 1.1 dan 1.2 bahwa pemasangan panel GRC dan *finishing* mengalami kemunduran waktu yang sangat panjang. Hal ini dikarenakan cuaca yang kurang mendukung untuk pemasangan panel GRC dan *finishing*, jadi harus menunggu waktu yang tepat untuk di lakukan pemasangan panel GRC dan *finishing* ini.

Data perencanaan anggaran biaya pemasangan pada proyek Cv. Samudra Karya yang telah di hitung sebelumnya :

Tabel 1. 13 Biaya yang Direncanakan

No	Kegiatan	Aktivitas	Durasi (Hari)	Anggaran Biaya (Rp)
1.	Pekerjaan Awal			
	Pekerjaan Awal	A	7	Rp. 13.000.000
2.	Pemasangan Rangka			
	Material dan Pemasangan Scaffolding	B	3	Rp. 29.000.000
	Pemasangan Rangka Bawah	C	3	RP. 6.000.000
	Pemasangan Rangka Atas	D	5	Rp. 9.000.000
3.	Pemasangan Panel GRC			
	Pemasangan Panel GRC bagian Atas	E	10	Rp. 18.000.000
	Pemasangan Anti Petir	F	1	Rp. 4.000.000
	Pemasangan Panel GRC bagian Bawah	G	7	Rp. 10.000.000
4.	Finishing			
	Finishing	H	16	Rp. 10.000.000
5.	Pengecatan			
	Pengecatan Dasar	I	3	Rp. 6.000.000
	Pengecatan Full	J	6	Rp. 10.500.000
	TOTAL		61	Rp. 115.500.000

Sumber : Data Perusahaan 2020

Berdasarkan data yang telah direncanakan oleh perusahaan CV. Samudra Karya dapat diperoleh total biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan sebesar Rp. 115.500.000 untuk menyelesaikan proyek nya.

Data realisasi biaya pemasangan GRC yang dimiliki oleh CV. Samudra Karya GRC.

Tabel 1. 14 Biaya Realisasi

No	Kegiatan	Aktivitas	Durasi (Hari)	Anggaran Biaya (Rp)
1.	Pekerjaan Awal			
	Pekerjaan Awal	A	7	Rp. 13.000.000
2.	Pemasangan Rangka			
	Material dan Pemasangan Scaffolding	B	3	Rp. 29.000.000
	Pemasangan Rangka Bawah	C	3	RP. 6.000.000
	Pemasangan Rangka Atas	D	5	Rp. 9.000.000
3.	Pemasangan Panel GRC			
	Pemasangan Panel GRC bagian Atas	E	15	Rp. 24.000.000
	Pemasangan Anti Petir	F	2	Rp. 7.500.000
	Pemasangan Panel GRC bagian Bawah	G	12	Rp. 17.000.000
4.	Finishing			
	Finishing	H	23	Rp. 17.750.000
5.	Pengecatan			
	Pengecatan Dasar	I	3	Rp. 6.000.000
	Pengecatan Full	J	6	Rp. 10.500.000
	TOTAL		79	Rp. 139.750.000

Sumber : Data Perusahaan 2020

Kenyataan di lapangan biaya pemasangan yang terjadi pada proyek yang dimiliki CV. Samudra Karya GRC lebih dari perencanaan anggaran biaya yang telah diperkirakan oleh perusahaan.

Perusahaan dapat menginginkan proyek selesai lebih awal dari rencana semula namun karena faktor eksternal seperti cuaca yang tidak baik, atau proyek memiliki perkembangan yang buruk sehingga implementasi proyek tidak seperti yang di rencanakan sehingga kemajuan proyek lebih lambat.

CPM (*Critical Path Methode*) membuat asumsi bahwa waktu aktivitas yang diketahui dengan pasti sehingga hanya diperlukan satu faktor waktu untuk tiap aktivitas. Salah satu keuntungan CPM yaitu, berguna untuk formulasi, penjadwalan, dan mengelola berbagai kegiatan di semua pekerjaan konstruksi, karena menyediakan jadwal yang dibangun secara empiris.

Mengantisipasi adanya keterlambatan penyelesaian konstruksi, saya akan menghitung ulang penjadwalan proyek yang bertujuan agar proyek dapat terselesaikan dengan waktu yang sudah ditentukan dalam perjanjian awal, mengingat kasus yang sering terjadi yaitu dengan adanya keterlambatan penyelesaian proyek pembangunan. Penjadwalan akan dilakukan dengan menggunakan metode analisis jaringan kerja CPM dengan cara analisis jalur kritis. Hasil yang diharapkan dengan menggunakan

metode ini, pembangunan Menara Masjid dapat terselesaikan dengan tepat waktu serta tidak ada kemunduran dalam penyelesaiannya.

Penerapan metode CPM diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi perusahaan dalam mengambil keputusan, terutama dalam menentukan penjadwalan pada proyek yang akan dikerjakan. Agar tepat dan dapat mengefisiensikan biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan.

Berdasarkan latar belakang di atas, saya tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul **“EVALUASI WAKTU DAN BIAYA PROYEK PEMBANGUNAN MENARA MASJID ASSA’I DI MUARA ENIM MENGGUNAKAN CPM DAN PERT PADA CV. SAMUDRA KARYA GRC”**.

1.2 Identifikasi dan perumusan masalah

1.2.1 Identifikasi masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka masalah yang bisa di dapat pada CV. Samudra Karya GRC, yaitu :

1. Proyek mengalami keterlambatan diduga karena pekerjaan tidak berjalan dengan baik sesuai jadwal yang telah ditentukan.
2. Keterlambatan penyelesaian proyek diduga menyebabkan total biaya meningkat

1.2.2 Rumusan masalah

Berdasarkan permasalahan yang diteliti, maka penulis dapat merumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana penjadwalan proyek yang dilaksanakan pada CV. Samudra Karya GRC ?
2. Bagaimana penyelesaian proyek dengan metode CPM pada CV. Samudra Karya GRC ?

1.3 Maksud dan tujuan penelitian

1.3.1 Maksud peneltian

Maksud dilakukannya penelitian ini adalah melakukan analisis penjadwalan dan biaya pada proyek dengan menggunakan metode CPM, menyimpulkan hasil penelitian serta memberikan alternatif yang dapat mengendalikan permasalahan yang terjadi pada penjadwalan dan biaya proyek CV. Samudra Karya.

1.3.2 Tujuan penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui penjadwalan dan biaya proyek yang dilaksanakan oleh perusahaan CV. Samudra Karya
2. Untuk mengetahui penjadwalan proyek dengan menggunakan metode CPM agar diperoleh waktu dan biaya yang optimal.

1.4 Kegunaan penelitian

1.4.1 Kegunaan praktis

Kegunaan Praktik. yaitu untuk membantu memecahkan masalah dan mengantisipasi masalah yang ada pada lokasi yang di teliti, yang dapat berguna bagi pengambilan keputusan manajemen dan sebagai sarana yang tepat guna melatih diri dalam bidang penelitian dan pengamatan, serta penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan pemikiran dan menjadi rekomendasi kepada CV. Samudra Karya GRC agar bisa memberikan perusahaan berupa informasi tentang bagaimana penjadwalan dengan menggunakan metode CPM (*Critical Project Method*).

1.4.2 Kegunaan akademis

Kegunaan Teoritik. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan tambahan pengetahuan dan wawasan dalam pengaplikasian teori yang telah diperoleh dalam dunia nyata mengenai manajemen operasional khususnya mengenai penjadwalan serta memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang ekonomi manajemen operasi atau penjadwalan pada khususnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Manajemen operasional

2.1.1 Pengertian manajemen operasi

Penulis mengutip beberapa pendapat menurut para ahli mengenai manajemen operasi sebagai berikut :

Menurut P. Tampubolon (2018), bahwa manajemen operasional di definisikan sebagai manajemen proses konversi dengan bantuan fasilitas seperti : tanah, tenaga kerja, modal dan manajemen masukan (*input*) yang diubah menjadi keluaran yang diinginkan berupa barang atau jasa dimana manajer dapat melakukannya dengan pendekatan *classical*, *behavioral* dan model-model yang di analisis dengan ilmu manajemen.

Menurut Assauri (2016), bahwa manajemen operasi adalah manajemen dari bagian suatu organisasi yang bertanggung jawab untuk kegiatan produksi barang atau jasa.

Menurut Heizer and Render (2016) dalam buku *Operations Management : Sustainability and Supply Chain Management* bahwa “*Operations Management is the set of activities that creates value in the form of goods and services by transforming input into outputs*”.

Menurut Handoko (2013) dalam buku dasar Manajemen Produksi dan Operasi menyatakan bahwa : Manajemen operasi merupakan usaha-usaha pengelolaan secara optimasi penggunaan sumber daya (atau sering disebut faktor-faktor produksi) tenaga kerja, mesin-mesin, peralatan dan sebagainya dalam proses transformasi bahan mentah dan tenaga kerja menjadi berbagai produk atau jasa

Menurut Kumalaningrum, Kusumawati, dan Hardani (2011) dalam buku Manajemen Operasi menyatakan bahwa : Manajemen Operasi terikat erat dengan proses yaitu aktivitas-aktivitas mendasar yang di gunakan oleh berbagai organisasi untuk melakukan pekerjaan dan mencapai tujuan untuk memproduksi barang dan jasa yang di gunakan orang setiap harinya.

Berdasarkan pendapat para ahli di atas bahwa manajemen operasi adalah sebagai suatu serangkaian proses atau kegiatan dalam menciptakan barang dan jasa melalui perencanaan. Pengkoordinasian dan pengendalian dengan mengintegrasikan sumber daya yang di miliki secara efektif dan efisien untuk menjadi sebuah hasil yang di gunakan dalam berbagai kebutuhan manusia.

2.1.2 Fungsi manajemen operasi

Beberapa fungsi manajemen operasi menurut para ahli sebagai berikut :

Menurut Haming dan Nurnajamuddin (2014) dalam buku yang berjudul Manajemen Produksi Modern edisi tiga ada lima fungsi manajemen operasional yaitu :

1. Mengarahkan organisasi atau perusahaan untuk menghasilkan keluaran sesuai yang di harapkan oleh pasar.
2. Mengarahkan organisasi atau perusahaan untuk dapat menghasilkan keluaran secara efisien.
3. Mengarahkan organisasi atau perusahaan untuk mampu menghasilkan nilai tambah atau manfaat yang semakin besar.
4. Mengarahkan organisasi atau perusahaan untuk dapat menjadi pemenang dalam setiap kegiatan persaingan.
5. Mengarahkan organisasi atau perusahaan agar keluaran yang dihasilkan atau disediakan semakin digandrungi oleh pelanggannya.

Sedangkan fungsi manajemen operasi menurut Assauri (2008) dalam buku yang berjudul. Manajemen Produksi dan Operasi ada empat fungsi manajemen operasi yaitu :

1. Proses pengolahan, merupakan metode atau teknik yang digunakan untuk masukan (impas).
2. Jasa-jasa penunjang, merupakan sarana yang berupa pengorganisasian yang perlu untuk penetapan teknik dan metode yang akan dijalankan, sehingga proses pengolahan dapat dilaksanakan secara efektif dan efisien.
3. Perencanaan, merupakan penetapan keterkaitan dan pengorganisasian dari kegiatan produksi atau operasi 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.

Berdasarkan pendapat para ahli, penulis menyimpulkan bahwa fungsi manajemen operasi adalah dasar untuk menentukan tujuan proses pengolahan barang dan jasa, merencanakan fasilitas dan penggunaan sumber daya produksi, serta melakukan pengendalian atau pengawasan terhadap kegiatan proses produksi untuk mengarahkan dan menjamin prosedur yang telah di tetapkan sehingga berjalan sesuai dengan yang diharapkan.

2.1.3 Ruang lingkup manajemen operasi

Penulis mengutip beberapa pendapat menurut para ahli mengenai ruang lingkup manajemen operasi sebagai berikut :

Menurut K. Starr yang diterjemahkan oleh P. Tampubolon (2018) bahwa ruang lingkup manajemen operasi mencakup perancangan atau penyiapan sistem produksi dan operasi, serta pengoperasiannya dari sistem produksi dan operasi. Pembahasan dalam perancangan atau desain dari sistem produksi dan operasi meliputi :

1. Seleksi dan rancangan atau desain hasil produksi (produk)
Kegiatan produksi dan operasi harus dapat menghasilkan suatu produk berupa barang atau jasa secara efektif dan efisien, serta dengan mutu atau

kualitas yang baik. Oleh karena itu setiap kegiatan produksi dan operasi harus dimulai dari penyeleksian dan perancangan produk yang akan dihasilkan. Kegiatan ini harus diawali dengan kegiatan-kegiatan penelitian atau riset, serta pengembangan produk yang sudah ada. Berdasarkan hasil riset dan pengembangan produk ini, selanjutnya akan diseleksi dan diputuskan produk apa yang dihasilkan dan bagaimana desain dari produk tersebut. Penyeleksian dan perancangan produk diperlukan penerapan konsep-konsep standarisasi, *simplifikasi* dan *spesialisasi*. Perlu dikaji hubungan timbal balik yang erat antara seleksi produk dan rancangan produk dengan kapasitas produk dan operasi.

2. Seleksi perancangan proses dan peralatan.

Setelah produk di desain, maka kegiatan yang harus dilakukan untuk merealisasikan usaha untuk menghasilkan usahanya adalah menentukan jenis proses yang akan dipergunakan serta peralatannya. Kegiatan ini harus dimulai dari penyeleksian dan pemilihan akan jenis proses yang akan dipergunakan, yang tidak terlepas dari produk yang akan dihasilkan. Kegiatan selanjutnya adalah menentukan teknologi dan peralatan yang akan dipilih dalam pelaksanaan kegiatan produksi tersebut. Penyeleksian dan penentuan peralatan dipilih tidak hanya mencakup mesin dan peralatan tetapi juga mencakup bangunan dan lingkungan kerja.

3. Pemilihan lokasi perusahaan dan unit produksi.

Kelancaran produksi dan operasi perusahaan sangat dipengaruhi oleh kelancaran mendapatkan sumber – sumber bahan dan masukan (*input*), serta ditentukan pula oleh kelancaran dan biaya penyampaian atau suplai produk yang dihasilkan (*output*) berupa barang jadi atau jasa ke pasar. Oleh karena itu untuk menjamin kelancaran produksi, sangat penting untuk mempertimbangkan faktor pemilihan lokasi, jarak, kelancaran dan biaya pengangkutan dari bahan baku produksi (*input*), serta biaya pengangkutan barang jadi ke pasar

4. Rancangan tata letak (*layout*) dan arus kerja atau proses.

Kelancaran dalam proses produksi dan operasi ditentukan pula oleh salah satu faktor yang terpenting di dalam perusahaan atau unit produksi yaitu rancangan tata letak (*layout*) dan arus kerja atau proses. Rancangan tata letak harus mempertimbangkan beberapa faktor, kerja optimalisasi dari waktu pergerakan dalam proses, kemungkinan kerusakan yang terjadi karena pergerakan dalam proses akan meminimalisasi biaya yang timbul dari pergerakan dalam proses atau *material handling*

5. Rancangan desain tugas pekerjaan.

Rancangan desain tugas pekerjaan merupakan bagian yang integral dari rancangan sistem. Organisasi kerja harus disusun dalam melaksanakan fungsi produksi dan operasi karena organisasi kerja sebagai dasar pelaksanaan tugas pekerjaan, merupakan alat atau wadah kegiatan yang

hendaknya dapat membantu pencapaian tujuan perusahaan atau unit produksi dan operasi tersebut. Rancangan tugas pekerjaan harus merupakan salah satu kesatuan dari *human engineering* dalam rangka untuk menghasilkan rancangan kerja yang optimal.

6. Strategi produksi dan operasi serta pemilihan kapasitas.

Sebenarnya rancangan sistem produksi dan operasi harus disusun dengan landasan strategi produksi dan operasi yang disiapkan terlebih dahulu. Strategi produksi dan operasi harus terdapat pernyataan tentang maksud dan tujuan dari produksi dan operasi, serta misi kebijakan-kebijakan dasar atau kunci untuk lima bidang yaitu, proses, kapasitas, persediaan, tenaga kerja dan mutu atau kualitas. Semua hal tersebut merupakan landasan bagi penyusunan strategi produksi dan operasi sehingga di tentukanlah pemilihan kapasitas yang akan dijalankan dalam bidang produksi dan operasi.

Menurut Rusdiana (2014) , bahwa terdapat tiga aspek yang berkaitan dalam ruang lingkup manajemen operasi yaitu :

- 1 Aspek struktural, yaitu aspek yang memperlihatkan konfigurasi komponen yang membangun sistem manajemen operasi dan interaksinya.
- 2 Aspek fungsional, yaitu aspek yang berkaitan dengan manajemen serta organisasi komponen struktural ataupun interaksinya mulai dari perencanaan penerapan, pengendalian dan perbaikan agar diperoleh kinerja yang optimum.
- 3 Aspek lingkungan, memberikan dimensi lain pada sistem manajemen operasi yang berupa pentingnya memperhatikan perkembangan dan kecenderungan yang terjadi diluar sistem.

Berdasarkan ruang lingkup manajemen operasi menurut para ahli di atas dapat disimpulkan bahwa ruang lingkup manajemen operasi pada dasarnya mencakup seluruh proses pengoperasian dan persiapan sistem yang dimulai dari menentukan perencanaan hasil produk yang diinginkan, pemilihan langkah kerja yang sesuai, pemilihan lokasi yang tepat, mengatur tata letak (*layout*) yang efektif dan desain tugas pekerjaan terencana strategi produksi dengan pemilihan kapasitas yang tepat.

2.2 Penjadwalan

2.2.1 Definisi penjadwalan

Dalam buku *Operations Management* yang ditulis oleh William J Stevenson (2012) penjadwalan adalah kegiatan menetapkan waktu penggunaan peralatan, fasilitas, dan kegiatan manusia dalam suatu organisasi atau perusahaan. Penjadwalan pasti ada dalam sebuah perusahaan maupun organisasi. Contohnya yaitu perusahaan manufaktur yang melakukan penjadwalan operasi, hal ini berarti penjadwalan dilakukan untuk mengembangkan para karyawan, peralatan, biaya, dan pemeliharaan. Dalam suatu pengambilan keputusan, keputusan penjadwalan adalah langkah terakhir pada proses transformasi sebelum adanya *output*. Banyak keputusan tentang sistem desain operasi yang telah dibuat sebelum keputusan penjadwalan. Seperti halnya kapasitas, desain

barang dan jasa, seleksi peralatan, pelatihan karyawan, dan perencanaan agregat. Penjadwalan harus ada dan ditentukan oleh banyak keputusan lainnya

Berikut ini dijelaskan pengertian-pengertian penjadwalan yang dikemukakan oleh para ahli, antara lain :Menurut Krajewski dan Ritzman dalam Murdifi dan Mahfud Nurjamuddin (2012) menyebutkan bahwa pada dasarnya “penjadwalan adalah pelaksanaan dan penyelesaian suatu aktivitas pengerjaan spesifik”.

Menurut Russel dan Taylor serta Buffa dan Sarin dalam Murdifi Haming dan Mahfud Najamuddin, (2012).“penjadwalan adalah penentuan tenaga kerja, peralatan dan fasilitas yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pembuatan suatu produk atau jasa tertentu”.

Sedangkan menurut William J. Stevenson dan Sum Chee Chuong (2014) menyebutkan bahwa “penjadwalan adalah penggunaan waktu dari penggunaan perlengkapan, fasilitas dan aktivitas manusia dalam sebuah organisasi”.

Dari ketiga pendapat para ahli tersebut dapat dikatakan bahwa penjadwalan merupakan kegiatan pengalokasian sumber daya yang dimiliki suatu organisasi untuk menjalankan kegiatan operasi organisasi tersebut. Dengan adanya penjadwalan maka perusahaan akan mendapatkan gambaran mengenai kegiatan yang akan dilaksanakan sehingga perusahaan dapat memperkirakan mengenai kebutuhan waktu penyelesaian dan biaya yang dikeluarkan.

2.2.2 Penjadwalan proyek

Penjadwalan proyek adalah aktivitas untuk menentukan setiap tahap pekerjaan yang berkaitan dengan sumber daya yang dibutuhkan oleh proyek, yang meliputi jumlah tenaga kerja, biaya dan besarnya kebutuhan perbekalan untuk kegiatan tertentu dan yang berkaitan dengan kegiatan lainnya, Sofjan Assauri (2016). Penjadwalan proyek mencakup dan meliputi urutan waktu pekerjaan dan pengaturan waktu untuk kegiatan proyek secara menyeluruh. Dalam penjadwalan proyek, seorang manajer proyek akan memutuskan berapa lama setiap pekerjaan proyek akan dilaksanakan.

Penjadwalan proyek dapat digambarkan secara terpisah untuk tenaga kerja sesuai dengan keterampilan masing-masing seperti manajemen, teknisi dan pengadaan logistik. Teknik penjadwalan yang baik tergantung pada volume pekerjaan, pengoperasian, dan seluruh pekerjaan yang kompleks. Terdapat kriteria penjadwalan yang baik, yaitu :

1. Waktu penyelesaian pekerjaan dapat diminimalisasi, harus evaluasi dengan menentukan rata-rata waktu penyelesaian tiap pekerjaan.
2. Penggunaan fasilitas dapat dimaksimalkan dengan mengevaluasi penentuan persentase waktu pemanfaatan fasilitas.
3. Persediaan bahan dalam proses dapat diminimalisasi dengan cara mengevaluasi penentuan jumlah rata-rata tugas pekerjaan dalam sistem dengan persediaan dalam proses itu kuat. Semakin sedikit jumlah pekerjaan dalam sistem, maka akan dapat memperbesar tingkat persediaan.

4. Waktu tunggu pengguna atau pelanggan dapat diminimalisasi dengan mengevaluasi penentuan jumlah rata-rata jumlah hari keterlambatan.

2.2.3 Tujuan penjadwalan

Penjadwalan untuk meminimalkan waktu proses yaitu waktu tunggu langganan, dan tingkat persediaan. Penjadwalan juga bertujuan untuk penggunaan yang efektif dan efisien dari fasilitas, tenaga kerja, serta peralatan. Penjadwalan disusun dengan mempertimbangkan berbagai keterbatasan yang ada. Penjadwalan yang baik akan memberikan dampak positif, yaitu rendahnya biaya serta waktu operasional.

Menurut William J. Stevenson dan Sum Chee Chuong (2014) mengemukakan bahwa “Tujuan dari penjadwalan untuk mencapai *trade-off* antar sasaran yang saling bertentangan, yang meliputi penggunaan yang efisien terhadap staf, perlengkapan, dan fasilitas, serta minimalisasi waktu tunggu pelanggan, persediaan, dan waktu proses”.

2.2.4 Manfaat penjadwalan

Dalam Penjadwalan yang baik tentu saja terdapat manfaat yang menghasilkan keuntungan bagi perusahaan. Menurut Jay Heizer dan Barry Render (2015) mengemukakan akan manfaat penjadwalan adalah sebagai berikut:

1. Dengan *Scheduling* yang efektif, perusahaan menggunakan assetnya dengan efektif dan menghasilkan kapasitas modal yang di investasikan menjadi lebih besar, yang sebaliknya akan mengurangi biaya.
2. *Scheduling* menambah kapasitas dan fleksibilitas yang terkait memberikan waktu pengiriman yang lebih cepat dan dengan demikian pelayanan kepada pelanggan menjadi baik.
3. Keuntungan yang ketiga dari bagusnya penjadwalan adalah keunggulan kompetitif dengan pengiriman yang bisa diandalkan.

2.3 Network planning

2.3.1 Definisi network planning

Untuk dapat menyelesaikan suatu proyek, perusahaan harus mempunyai perencanaan serta penjadwalan yang tepat. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari terjadinya permasalahan-permasalahan yang mungkin timbul pada saat proses penyelesaian. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menghindari atau mengatasi permasalahan keterlambatan tersebut adalah dengan menggunakan *Network Planning*. Adapun pendapat dari beberapa ahli tentang *Network Planning* adalah sebagai berikut :

Menurut Irham Fahmi (2014), “Jaringan kerja merupakan suatu kondisi dan situasi yang dihadapi oleh seorang manajer dengan menempatkan analisis pada segi waktu (*time*) dan biaya (*cost*) sebagai latar belakang (*background*) dalam setiap membuat keputusan, khususnya keputusan yang berkaitan dengan jaringan”.

Menurut Budi Harsanto (2013), “*Network Planning* atau jaringan kerja adalah alat penjadwalan proyek yang cocok digunakan pada proyek berukuran kecil, menengah atau besar”.

Menurut Nurhayati (2010), “Jaringan Kerja adalah suatu alat yang digunakan untuk merencanakan, menjadwalkan, dan mengawasi kemajuan dari suatu proyek”.

Sedangkan menurut Muhardi (2011), “*Network Planning* adalah suatu perencanaan dan pengendalian proyek yang menggambarkan hubungan ketergantungan antara setiap pekerjaan yang di gambarkan dalam diagram *Network*”.

2.3.2 Metode dalam network planning

Dalam perencanaan jaringan kerja (*Network Planning*) terdapat beberapa teknik yang digunakan sesuai dengan kondisi perusahaan. Enam teknik jaringan kerja tersebut adalah sebagai berikut :

1. Metode diagram grafik (*Chart Method Diagram*) digunakan untuk perencanaan dan pengendalian proyek dalam bentuk diagram grafik.
2. Teknik manajemen jaringan (*Network Management Technique*) digunakan untuk perencanaan dan pengendalian proyek berbasis teknologi informasi (IT).
3. Prosedur dalam penilaian program (*Program Evaluation Procedure*) digunakan untuk merencanakan, mengendalikan, dan menilai kemajuan suatu program.
4. Analisis jalur kritis (*Critical Path Analysis*) digunakan untuk penjadwalan dan mengendalikan sumber daya proyek.
5. Metode jalur kritis (*Critical Path Method*) digunakan untuk menjadwalkan dan mengendalikan proyek yang sudah pernah dikerjakan sehingga data, waktu dan biaya setiap unsur kegiatan telah diketahui oleh evaluator.
6. Teknik menilai dan meninjau kembali (*Program Evaluation and Review Technique*) digunakan pada perencanaan dan pengendalian proyek yang belum pernah dikerjakan.

Penggunaan nama tadi tergantung dibidang mana hal tadi digunakan, umumnya yang sering dipakai CPM (*Critical Path Method*) dan PERT (*Program Evaluation and Review Technique*), misalnya ; CPM (*Critical Path Method*) digunakan dibidang kontraktor, PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) dibidang *Research and Design*. Walaupun demikian keduanya mempunyai konsep yang hampir sama

2.3.3 Simbol-simbol dan ketentuan dalam network planning

Network diagram merupakan visualisasi proyek atau produksi berdasarkan *Network Planning*. *Network* diagram berupa jaringan kerja yang berisi lintasan-lintasan kegiatan dan urutan-urutan peristiwa yang ada selama penyelenggaraan proyek atau penyelesaian produksi. *Network* diagram dapat digunakan sebagai alat bantu perusahaan dalam penyelenggaraan proyek atau penyelesaian produksi. Dalam

menggambarkan suatu *network* digunakan tiga buah simbol menurut Tjutju Tarliah Dimiyati dan Ahmad Dimiyati (2011), adalah sebagai berikut :

1. \longrightarrow Anak Panah = *arrow*, menyatakan sebuah kegiatan atau aktivitas. Kegiatan disini didefinisikan sebagai hal yang memerlukan *duration* (jangka waktu tertentu) dalam pemakaian sejumlah *resource* (sumber tenaga, peralatan, material biaya). Baik panjang maupun kemiringan anak panah ini sama sekali tidak mempunyai arti. Jadi tidak perlu menggunakan skala. Kepala anak panah menjadi pedoman arah tiap kegiatan, yang menunjukkan bahwa suatu kegiatan dimulai dari permulaan dan berjalan maju sampai akhir dengan arah dari kiri ke kanan.
2. \bigcirc Lingkaran Kecil = *node*, menyatakan sebuah kejadian atau peristiwa atau event. Kejadian (*event*) disini didefinisikan sebagai ujung atau pertemuan dari suatu atau berapa kegiatan.
3. $-----\longrightarrow$ Anak panah terputus-putus, menyatakan kegiatan semu atau *dummy*. *Dummy* disini berguna untuk membatasi mulainya kegiatan. Seperti halnya kegiatan biasa, panjang dan kemiringan *dummy* ini juga tidak berarti apa-apa sehingga tidak perlu berskala. Bedanya dengan kegiatan biasa ialah bahwa *dummy* tidak mempunyai *duration* (jangka waktu tertentu) karena tidak memakai atau menghabiskan sejumlah *resources*.

Dalam pelaksanaannya, simbol-simbol ini digunakan dengan mengikuti aturan-aturan sebagai berikut :

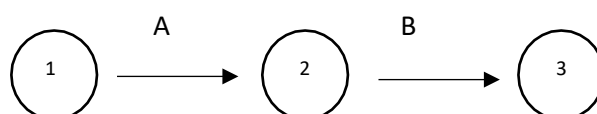
1. Diantara dua *event* yang sama, hanya boleh digambarkan satu anak panah.
2. Nama suatu aktivitas dinyatakan dengan huruf atau dengan nomor *event*.
3. Aktivitas harus mengalir dari *event* bernomor rendah ke *event* bernomor tinggi.
4. Diagram hanya memiliki sebuah inisial *event* dan sebuah terminal *event*.

2.3.4 Hubungan antar simbol dan kegiatan

Untuk dapat menggambar dan membaca *network* diagram yang menyatakan logika ketergantungan, perlu diketahui hubungan antar simbol dan kegiatan yang ada dalam sebuah proyek atau penyelesaian produksi tersebut. Adapun hubungan atau ketergantungan antar simbol dan kegiatan menurut Tjutju Tarliah Dimiyati dan Ahmad Dimiyati (2011), dinyatakan sebagai berikut :

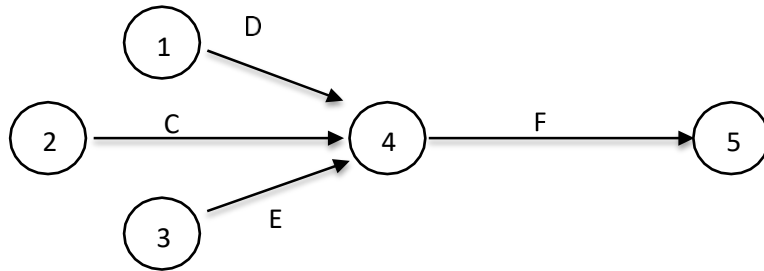
Jika kegiatan A harus diselesaikan dahulu sebelum kegiatan B dapat dimulai, maka hubungan antara kedua kegiatan tersebut dapat digambarkan sebagai berikut :

1. Kegiatan A bisa juga ditulis (1,2) dan kegiatan B (2,3)



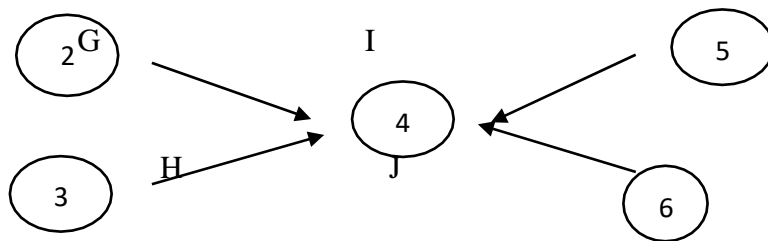
Gambar 2. 1 Hubungan Kegiatan

2. Jika kegiatan C, D, dan E harus selesai sebelum kegiatan F dapat dimulai, maka:



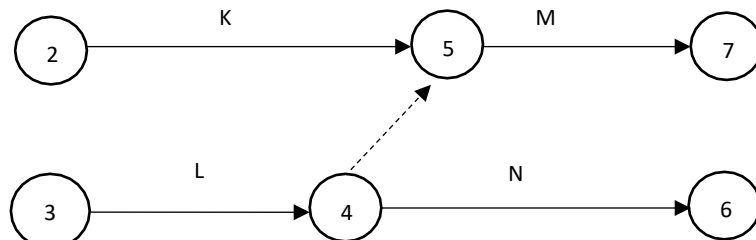
Gambar 2. 2 Hubungan Kegiatan

3. Jika kegiatan G dan H harus selesai sebelum kegiatan I dan J maka :



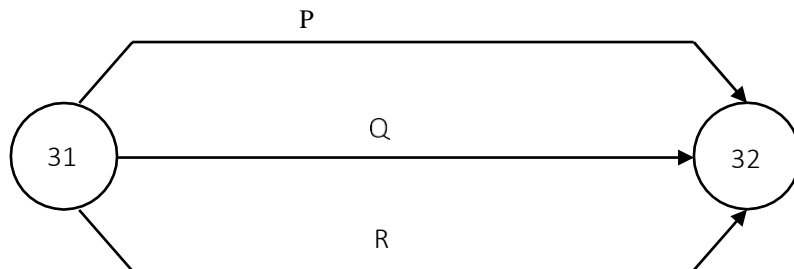
Gambar 2. 3 Hubungan Kegiatan

4. Jika kegiatan K dan L harus selesai sebelum kegiatan M dapat dimulai, tetapi kegiatan N sudah boleh dimulai bila kegiatan L sudah selesai, maka :



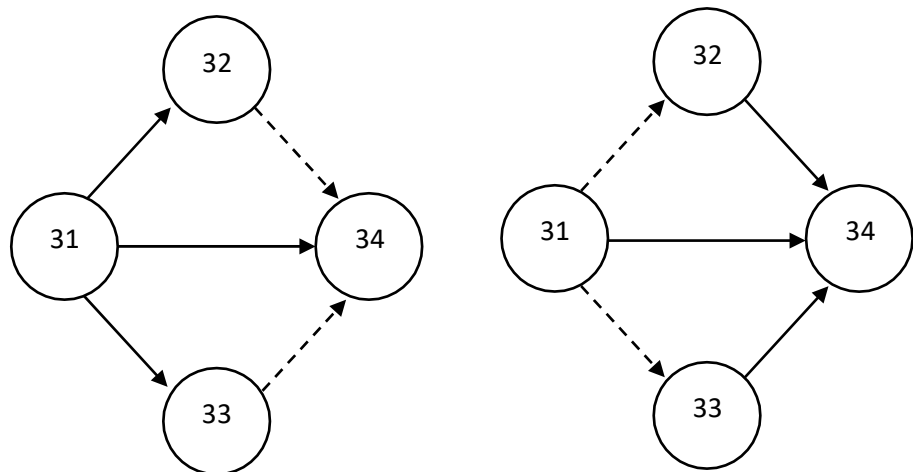
Gambar 2. 4 Hubungan Kegiatan

5. .Jika kegiatan P, Q, dan R mulai dan selesai pada lingkaran kejadian yang sama, maka, kita tidak boleh menggambarkannya sebagai berikut :



Gambar 2. 5 Hubungan Kegiatan

Karena gambar diatas berarti bahwa kegiatan (31, 32) itu adalah kegiatan P atau Q atau R. Untuk membedakan ketiga kegiatan itu masing-masing makan harus digunakan *dummy* sebagai berikut :



Gambar 2. 6 Hubungan Kegiatan

Kegiatan :

P = (31, 32) P = (32, 34)

Q = (31, 34) atau Q = (31, 34)

R = (31, 33) R = (33, 34)

Dalam hal ini tidak menjadi soal dimana saja diletakkannya *dummy-dummy* tersebut, pada permulaan ataupun pada akhir kegiatan tersebut.

2.3.5 Metode penjadwalan *critical path method* (cpm)

Critical Path Method (CPM) atau analisis jaringan kerja merupakan salah satu metode penjadwalan proyek. Dengan menggunakan metode CPM dapat memperkirakan waktu yang dibutuhkan untuk melaksanakan prioritas kegiatan sehingga kegiatan dapat diselesaikan sesuai dengan rencana sebelumnya. Metode CPM lebih dikenal dengan metode jalur kritis untuk merencanakan dan mengkoordinasikan suatu proyek. Metode jalur kritis *Critical Path Method* (CPM) merupakan teknik manajemen proyek yang hanya menggunakan satu faktor waktu per aktivitas Heizer dan Render (2015).

Menurut Haming dan Nurnajamuddin (2011) *Critical Path Method* (CPM) atau metode jalur kritis adalah diagram kerja yang memandang waktu pelaksanaan kegiatan yang ada dalam jaringan bersifat unik (tunggal) dan *deterministic* (pasti), dan dapat diprediksi karena terdapat pengalaman mengerjakan pekerjaan yang sama pada proyek sebelumnya.

Jadi CPM merupakan analisa jaringan kerja yang berusaha mengoptimalkan biaya total proyek melalui pengurangan waktu penyelesaian total proyek yang bersangkutan. Metode CPM menggunakan jalur kritis untuk mengkoordinasikan aktivitas-aktivitas yang terjadi. CPM merupakan metode dengan teknik yang memakai diagram anak panah atau *Activity On Arrow* (AOA), dan dasar logika urutan dalam menyusun urutan kegiatan.

2.3.6 Jalur kritis (*critical path*)

Menurut Adegoke (2011), jalur kritis adalah rantai kegiatan melalui jaringan dan berisi kegiatan yang tidak bisa ditunda. Jalur kritis mempunyai kemungkinan siklus waktu terkecil untuk proses tersebut. Jalur kritis akan memberikan perkiraan siklus waktu.

Menurut Heizer dan Render (2015), Jalur kritis adalah jalur waktu terpanjang yang terdapat diseluruh jaringan. Dalam menentukan analisis jalur kritis, digunakan proses *two-pass* yang terdiri dari *forward pass* (ES dan EF) dan *backward pass* (LS dan LF) untuk menentukan jadwal waktu suatu aktivitas. ES dan EF ditentukan selama *forward pass*. LS dan LF ditentukan selama *backward pass*.

1. ES (*earliest start*) adalah waktu paling awal suatu aktivitas dapat dimulai dengan asumsi semua pendahulunya sudah selesai.
2. EF (*earliest finish*) adalah waktu paling awal suatu aktivitas dapat selesai.
3. LS (*late start*) adalah waktu terakhir suatu aktivitas dapat dimulai sehingga tidak menunda waktu penyelesaian keseluruhan proyek.
4. LF (*late finish*) adalah waktu terakhir suatu aktivitas dapat selesai sehingga tidak menunda waktu penyelesaian suatu proyek.

a. *Forward pass* (perhitungan maju)

Aturan waktu yang mulai paling awal. Sebelum suatu aktivitas dimulai, seluruh aktivitas pendahulunya harus diselesaikan terlebih dahulu.

1. Apabila suatu aktivitas hanya memiliki satu aktivitas pendahulu, ES sama dengan EF dari aktivitas pendahulunya.
2. Jika suatu aktivitas memiliki banyak aktivitas pendahulu yang paling dekat, ES merupakan nilai maksimal dari semua nilai EF dari aktivitas pendahulunya, yaitu:

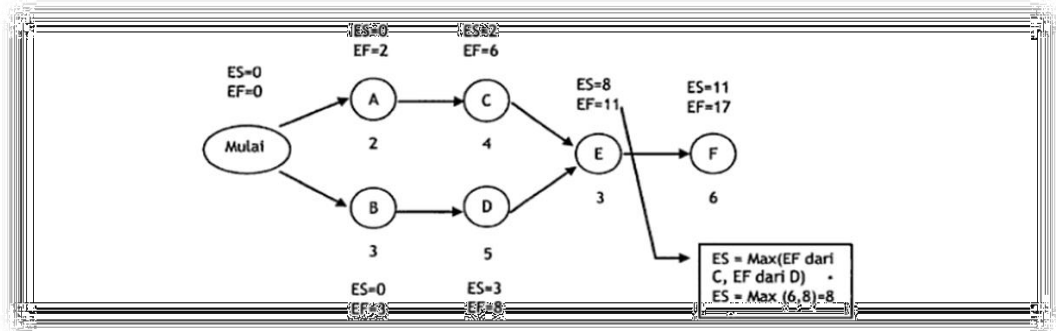
$$ES = \text{Max (EF Semua pendahulu langsung)}$$

Aturan waktu selesai yang paling awal. Waktu selesai yang paling awal (EF) dari suatu aktivitas adalah jumlah waktu yang paling awal mulai (ES) dan waktu aktivitasnya, ditunjukkan sebagai berikut

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

Kecuali aktivitas berikutnya adalah aktivitas gabungan, dalam hal ini dipilih angka *finish* awal (EF) paling besar dari semua aktivitas pendahuluannya.

Contoh :



Gambar 2. 7 Hubungan Kegiatan

Penjelasan:

ES dari A = 0 diperoleh dari EF sebelumnya (mulai) = 0

EF dari A = 2 diperoleh dari ES = 0 + waktu dari A (2)

Apabila ada dua jalur untuk ES, pilihlah EF yang paling maksimum.

b. *Backward pass* (perhitungan mundur)

Aturan waktu selesai paling lambat. Aturan ini didasarkan pada fakta bahwa sebelum suatu aktivitas dapat dimulai, seluruh aktivitas sebelumnya harus diselesaikan terlebih dahulu.

1. Apabila suatu aktivitas adalah aktivitas pendahulu dari hanya satu aktivitas, LF sama dengan LS dari aktivitas yang secara langsung mengikutinya.
2. Apabila sebuah aktivitas adalah pendahulu langsung untuk lebih dari satu aktivitas, maka LF adalah nilai minimal dari semua nilai LS dari seluruh aktivitas yang mengikuti setelahnya, yaitu:

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

Aturan waktu mulai paling lambat. Waktu mulai yang paling lambat (LS) dari suatu aktivitas adalah selisih dari waktu selesai paling lambat LF dan waktu aktivitasnya, yaitu:

$$LS = LF - \text{Waktu Aktivitas}$$

Setelah menghitung waktu paling awal dan waktu paling lambat dari semua aktivitas, maka menemukan waktu longgar (*slack time*) yang dimiliki oleh setiap aktivitas menjadi mudah. *Slack* adalah waktu luang yang dimiliki sebuah aktivitas untuk dapat diundur pelaksanaannya tanpa menyebabkan keterlambatan proyek keseluruhan.

$$\text{Slack} = \text{LS} - \text{ES} \text{ atau } \text{Slack} = \text{LF} - \text{EF}$$

Aktivitas dengan $slack=0$ disebut sebagai aktivitas kritis (*critical activities*) dan berada pada jalur kritis. Jalur (*critical path*) adalah jalur yang tidak terputus melalui jaringan proyek yang::

1. Mulai pada aktivitas pertama proyek.
2. Berhenti pada aktivitas terakhir proyek.
3. Hanya terdiri dari aktivitas-aktivitas proyek.

2.4 Program Evaluation and Review Technique (PERT)

Menurut Heizer, Render and Munson (2017) dalam buku *Operations Management Sustainability and Supply Chain Management Twelfth Edition*, *PERT is a project management technique that employs three times estimates for each activity. These time estimates are used to computed expected values and standard deviations for the activity*

2.5 Three Time Estimates in PERT

Menurut Heizer, Render and Munson (2017) dalam buku *Operations Management Sustainability and Supply Chain Management Twelfth Edition*, *in PERT, we employ a probability distribution based on three time estimates for each activity, as follow :*

- 1) *Optimistic time (a), time an activity will take if everything goes as planned. In estimating this value, there should be only a small probability (say, 1/100) that the activity time will be < a.*
- 2) *Pessimistic time (b), time an activity will take assuming very unfavorable conditions. In estimating this value, there should also be only a small probability (also 1/100) that the activity time will be > b.*
- 3) *Most likely time (m), most realistic estimate of the time required to complete an activity*

2.6 Analisa biaya dalam proyek

2.6.1 Biaya proyek

Selama masa konstruksi, suatu proyek memerlukan berbagai jenis sumber daya (5M) antara lain tenaga kerja (*man*), material, metode (*method*) dan peralatan (*machine*), uang (*money*). Kebutuhan sumber daya akan mempengaruhi masalah keuangan seperti masalah biaya dan pendapatan proyek. Biaya yang digunakan pada proyek adalah biaya total. Total biaya untuk setiap durasi waktu adalah jumlah biaya langsung dan biaya tidak langsung Anastasia Mela (2016).

1. Biaya Langsung (*Direct Cost*)

Biaya langsung adalah semua biaya yang dikeluarkan secara langsung berhubungan erat dengan aktivitas proyek yang sedang berjalan. Biaya langsung akan bersifat sebagai biaya normal apabila dilakukan dengan metode yang efisien dan dalam waktu normal proyek. Biaya untuk durasi

waktu yang dibebankan (*imposed duration date*) akan lebih besar dari biaya untuk durasi waktu yang normal sehingga pengurangan waktu akan menambah biaya dari kegiatan proyek. Total waktu dari semua paket kegiatan dalam proyek menunjukkan total biaya langsung untuk keseluruhan proyek Santosa (2013). Komponen biaya langsung antara lain:

- a. Biaya bahan dan material biaya yang dikeluarkan untuk pembelian bahan dan material yang akan digunakan. Biaya material di suatu tempat mungkin akan berbeda dengan tempat lainnya. Hal ini di pengaruhi oleh kelangkaan material, biaya transportasi dan stok material.
- b. Biaya upah tenaga kerja biaya upah tenaga kerja relatif bervariasi dan tergantung terhadap keahlian dan standar gaji dimana proyek tersebut berada. Upah pekerja ini termasuk jaminan kesehatan dan asuransi kecelakaan kerja.
- c. Biaya alat dalam penggunaan alat pada masa konstruksi perlu dilakukan pertimbangan sebelumnya untuk menyewa atau membeli alat tersebut. Karena dengan suatu analisa dan pertimbangan yang tepat dapat menekan biaya peralatan.
- d. Biaya sub-kontraktor biaya yang akan di keluarkan bila ada bagian pekerjaan yang diserahkan kepada sub-kontraktor. Sub-kontraktor ini bertanggung jawab dan dibayar oleh kontraktor utama.

2. Biaya tidak langsung (*Indirect Cost*)

Biaya tidak langsung adalah biaya yang diperlukan untuk setiap kegiatan proyek tetapi tidak berhubungan langsung dengan kegiatan yang bersangkutan dan dihitung pada awal proyek sampai akhir proyek konstruksi. Bila pelaksanaan akhir proyek mundur dari waktu yang sudah direncanakan maka biaya tidak langsung ini akan menjadi besar, sehingga keuntungan kontraktor akan berkurang bahkan pada kondisi tertentu akan mengalami kerugian. Menurut Widyatmoko (2008), biaya tidak langsung tersebut meliputi:

- a. Biaya *overhead*
Biaya *overhead* adalah biaya-biaya operasional yang menunjang pelaksanaan pekerjaan selama proyek berlangsung. Biaya ini dikeluarkan untuk fasilitas sementara, operasional petugas, biaya untuk K3 (Kesehatan dan Keselamatan Kerja).
- b. Biaya tidak terduga
Biaya tidak terduga adalah biaya untuk kejadian-kejadian yang memungkinkan akan terjadi ataupun tidak terjadi.
- c. Keuntungan kontraktor yang di rekomendasikan dalam kontrak kerja pada umumnya 10%. Selain itu juga tergantung pada besarnya resiko pekerjaan tersebut, semakin besar risikonya maka akan semakin besarpula keuntungan yang ditetapkan. Bagi kontraktor, keuntungan sangat

dipengaruhi oleh seberapa besar efisiensi yang dapat dilakukan kontraktor yang bersangkutan dengan tidak mengurangi kualitas, spesifikasi dan waktu pelaksanaan proyek.

Total biaya pada proyek penelitian merupakan penjumlahan biaya langsung dan biaya tidak langsung. Biaya untuk durasi waktu yang dibebankan akan lebih besar dari biaya untuk durasi waktu yang normal, sehingga pengurangan waktu akan menambah biaya dari kegiatan proyek. Biaya tidak langsung bersifat berjalan selama proyek, sehingga pengurangan durasi proyek berarti pengurangan dalam biaya tidak langsung Anastasia (2016).

2.6.2 Percepatan proyek (*project crashing*)

Sering dijumpai dalam menyusun *schedule* ditekankan pada penyelesaian pekerjaan secepat mungkin. Hal ini dilakukan dengan berbagai pertimbangan dan alasan. Pada situasi apapun, beberapa atau semua aktivitas yang ada harus dipercepat untuk menyelesaikan proyek dalam batas waktu yang diinginkan. Proses dimana kita memperpendek jangka waktu proyek dengan biaya terendah yang mungkin disebut *crashing proyek* (Heizer dan Render, 2015).

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

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

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

$$\text{Produktivitas Harian} = \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi Normal}}$$

$$\text{Produktivitas Tiap Jam} = \frac{\text{Produktivitas Harian}}{8 \text{ Jam Kerja}}$$

$$\text{Produktivitas Harian Sesudah } \textit{Crash} = (8 \text{ Jam} \times \text{Produktivitas Taiap Jam}) + (a \times b \times \text{Produktivitas Tiap Jam})$$

Tabel 2. 1 Koefisien Penurunan Produktivitas Kerja Jam Lembur (Jam)

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

(Tabel Koefisien Penurunan Produktivitas Kerja Tetap)

Dimana:

a = Lama penambahan jam kerja

b = Koefisien penurunan produktivitas penambahan jam kerja

$$\text{Crash Duration} = \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas sesudah}}$$

$$\text{Crash Cost Tenaga Kerja Per hari} = \frac{\text{Normal Cost Pekerja} + (n \times \text{Biaya Lembur Per Jam})}{\text{Lembur Per Jam}}$$

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

Menurut Heizer dan Render (2014), *Crashing* proyek melibatkan empat langkah berikut:

Hitung biaya *crash* perminggu (atau satuan waktu lain) untuk setiap waktu aktivitas dalam jaringan. Jika biaya *crash* bersifat linier menurut waktu, maka rumus berikut dapat digunakan.

$$\text{Crash cost} = \frac{\text{Crash cost} - \text{normal cost}}{\text{Normal time} - \text{crash time}}$$

Atau

$$\text{Biaya percepatan} = \frac{\text{Waktu Normal}}{\text{Waktu percepatan}} \times \text{Biaya Normal}$$

Dengan menggunakan waktu aktivitas sekarang, temukan jalur kritis pada jaringan proyek, kenali aktivitas kritisnya.

Jika hanya ada jalur kritis, pilihlah aktivitas yang (a) masih dapat dipersingkat dan (b) mempunyai biaya *crash* terkecil per periode. Aktivitas *crash* ini satu periode. Jika terdapat lebih dari satu jalur kritis, maka pilih salah satu setiap jalur kritis sedemikian hingga (a) sehingga aktivitas yang dipilih masih dapat dipersingkat dan (b) biaya *crash* total per periode dari semua aktivitas yang dipilih merupakan biaya

terkecil. *Crash* setiap aktivitas sebanyak stau periode. Perhatikan bahwa aktivitas yang sama mungkin terjadi pada lebih dari satu jalur kritis.

Perbarui semua waktu aktivitas jika batas waktu yang di inginkan telah tercapai berhenti.

2.7 Penelitian sebelumnya dan kerangka pemikiran

2.7.1 Penelitian sebelumnya

Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu

No.	Nama Peneliti, Tahun & Judul Penelitian	Variabel Yang Diteliti	Indikator	Metode Analisis	Hasil Penelitian
1.	Ganesstri padma arianie dan nia budi puspitasari (2017) Perencanaan Manajemen Proyek dalam meningkatkan efisisensi dan efektifitas sumber daya perusahaan	Penjadwalan Efisiensi biaya	Percepatan kegiatan Biaya percepatan	Metode analisis deskriptif Metode observasi	Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa percepatan pelaksanaan proyek Hayyan (<i>crashing</i>) menghasilkan suatu trade off bagi client terhadap biaya waktu yang dibutuhkan. Dengan adanya <i>crashing</i> menimbulkan peningkatan biaya menjadi Rp.50.325.996.- sedangkan total biaya proyek tanpa adanya <i>crashing</i> sebesar Rp.47.525.996.-

No.	Nama Peneliti, Tahun & Judul Penelitian	Variabel Yang Diteliti	Indikator	Metode Analisis	Hasil Penelitian
2.	Moch. Narowi dan Ulfi Pristiana (2016) penelitian analisis penjadwalan proyek untuk mengoptimalkan waktu dan biaya penyelesaian pada PT. Dimensi Arsitektur Indonesia	Penjadwalan, proyek secara optimal Biaya optimal	Waktu setiap pengerjaan Biaya setiap pengerjaan	Metode analisis deskriptif fObservasi langsung Wawancara	Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa penggunaan waktu dan biaya proyek pemeliharaan dan pengecatan Tugu Pahlawan Surabaya yang dikerjakan oleh PT. Dimensi Arsitektur Indonesia selama 62 hari dengan total biaya Rp.182.999.175,03, sedangkan hasil dari evaluasi penggunaan waktu dan biaya yang dilakukan oleh peneliti dengan menggunakan CPM kurun waktu penyelesaian selama 56 hari dengan total biaya Rp.165.289.57.
3.	Dwi Kartikasari (2017) Evaluasi Manajemen waktu proyek menggunakan metode PERT dan CPM pada pengerjaan proyek Reparasi Crane Lampson di PT. MCDERMOTT Indonesia	Waktu Optimal	Penjadwalan proyek keseluruhan Waktu keseluruhan Evaluasi penjadwalan	Metode analisis deskriptif kualitatif Observasi	Hasil dari penelitian menggunakan metode PERT dan CPM ditemukan selisih durasi pengerjaan proyek riil dengan durasi pengerjaan proyek baru dengan menggunakan metode PERT/CPM memberikan durasi 3 hari lebih lama dari durasi kegiatan riil.
4.	Nurul Azizah (2016) Penjadwalan Ulang Proyek Pembangunan Gedung kantor 2 Lantai Menggunakan	Penjadwalan proyek Biaya keseluruhan	Jadwal setiap pengerjaan Waktu masing-masing pengerjaan	Metode Penelitian Deskriptif Metode Observasi	Dari kedua metode yang digunakan dapat dilihat perbedaan utamanya adalah waktu penyelesaian yang berbeda bahwasanya dengan metode CPM yaitu selama 114 hari dan

No.	Nama Peneliti, Tahun & Judul Penelitian	Variabel Yang Diteliti	Indikator	Metode Analisis	Hasil Penelitian
	Metode CPM dan PERT				<p>menggunakan metode PERT yaitu selama 118 hari.</p> <p>Dengan perbandingan kedua metode ini didapatkan hasil bahwa penjadwalan akan menggunakan metode CPM karena lebih cepat dibandingkan menggunakan metode PERT.</p> <p>Dari hasil yang sudah di dapat penjadwalan proyek ini menggunakan CPM karena memiliki total urasi lebih cepat dari metode PERT. Berdasarkan jaringan kerja CPM tersebut dilakukan perhitungan pada jalur kritis total penyelesaian waktu normal yang selama 153 hari menjadi 114 hari dengan kenaikan biaya pada jalur kritis menjadi Rp.430.135.033,-</p>

No.	Nama Peneliti, Tahun & Judul Penelitian	Variabel Yang Diteliti	Indikator	Metode Analisis	Hasil Penelitian
5.	Firdaus Hidayatul Iman, Hadi Wahyono, Eka Bambang Gusminto. (2018) Evaluasi Penjadwalan Waktu Pada Proyek Pembangunan Rumah Tipe 30 Di Istana Tegal Besar Kabupaten Jember dengan Metode CPM	Waktu Optimal Efisiensi biaya	Menyusun waktu setiap kegiatan Menentukan waktu percepatan Menentukan biaya percepatan Biaya keseluruhan	Metode analisis deskriptif Observasi langsung Wawancara	Dari hasil yang telah dilakukan, waktu dan biaya yang dibutuhkan untuk mengerjakan proyek pembangunan rumah tipe 30 di Istana Tegal Besar Jember lebih efisien menggunakan metode <i>network planning</i> . Waktu penyelesaian proyek adalah 68 hari dan perkiraan waktu menggunakan <i>network planning</i> adalah 54 hari, terjadi selisih selama 20 hari. Biaya yang telah dikeluarkan sebesar Rp.43.983.403 sedangkan perkiraan biaya dengan menggunakan <i>network planning</i> sebesar Rp.43.983.403. dari segi biaya penyelesaian proyek tersebut tidak ada perbedaan karena PT. Kinansyah Adi Jaya Land menggunakan system borongan dan rumah tipe 30 sudah bersubsidi dari Pemerintah.

No.	Nama Peneliti, Tahun & Judul Penelitian	Variabel Yang Diteliti	Indikator	Metode Analisis	Hasil Penelitian
6.	Kasid, M.Hermansyah (2018) Analisis Pelaksanaan Penjadwalan Proyek Pembangunan Gedung Clubhouse Dengan Pendekatan CPM dan PERT	Waktu Optimal	Penjadwalan Proyek Keseluruhan Waktu keseluruhan Evaluasi penjadwalan	Metode analisis deskriptif kualitatif Observasi	Optimalisasi waktu penyelesaian proyek didapatkan setelah melakukan perhitungan dengan metode CPM adalah 321 hari lebih cepat dari rencana penyelesaian awal adalah 369 hari, yaitu didapat efisiensi waktu 48 hari. Dengan PERT diperoleh waktu paling cepat proyek diselesaikan adalah 312 hari (kemungkinan 0,22%) dengan efisiensi waktu 57 hari, waktu paling mungkin diselesaikan adalah 325 hari (kemungkinan 49,20%) dengan efisiensi waktu 44 hari, waktu paling lambat diselesaikan adalah 339 hari (kemungkinan 99,87%) dengan efisiensi waktu 30 hari. Sehingga penerapan metode CPM dan PERT adalah sangat penting untuk mengoptimalkan waktu penyelesaian proyek.

No.	Nama Peneliti, Tahun & Judul Penelitian	Variabel Yang Diteliti	Indikator	Metode Analisis	Hasil Penelitian
7.	Waldi, Bertinus Simanihuruk, Kristina Sembiring (2016) Analisa Penerapan Manajemen Waktu dan Biaya Pada Proyek Pembangunan Hotel BW Luxury Jambi	Durasi waktu optimal Biaya percepatan	Menyusun waktu setiap kegiatan Menentukan waktu percepatan Menentukan biaya percepatan	Metode analisis deskriptif Observasi Wawancara	Dengan menggunakan CPM dapat diketahui jangka waktu proyek yaitu selama 48 minggu kalender dengan jalur kritis yaitu berada pada pekerjaan pemancangan sitepile pondasi dan pekerjaan-pekerjaan pembesian, bekisting dan beton dari Lt. dasar sampai dengan Lt. atap. Dengan menggunakan metode CPM dan perhitungan <i>slope</i> biaya, diketahui bahwa dengan malakukan percepatan proyek menjadi 48 minggu kalender yakni akan meningkatkan biaya pelaksanaan proyek menjadi Rp.29.131.386,988 dengan biaya awal Rp.30.345.194,779. Dan terdapat selisih budget sebesar Rp.1.213.807,791.

Tabel di atas merupakan penelitian terdahulu yang dijadikan data sekunder sebagai referensi, adapun persamaan dari penelitian ini adalah penjadwalan dengan menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM). Perbedaan penelitian ini dengan penelitian diatas adalah subjek yang diteliti serta periode data yang diteliti.

2.7.2 Kerangka pemikiran

Sejalan dengan pertumbuhan ekonomi bangsa Indonesia, pertumbuhan pembangunan di berbagai sektor berkembang sangat pesat. Banyak pihak swasta dan pemerintah melakukan pembangunan. Kegiatan pembangunan ini berupa proyek-proyek, adanya pembangunan proyek diharapkan mampu meningkatkan ekonomi diberbagai sektor. Penyelesaian proyek pada umumnya memiliki batas waktu, artinya

proyek harus diselesaikan sebelum atau tepat pada waktu yang telah ditentukan. Pelaksana proyek membuat jadwal proyek dengan mengurutkan dan membagi waktu untuk setiap aktivitas proyek. Penjadwalan proyek adalah tantangan yang sulit bagi manajer operasi. Pelaksana proyek harus memutuskan berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk setiap aktivitas proyek, dan menghitung berapa banyak orang serta bahan yang diperlukan pada tiap tahap proyek

Penjadwalan proyek membantu menunjukkan hubungan setiap aktivitas dengan aktivitas lainnya dan terhadap keseluruhan proyek, mengidentifikasi hubungan yang harus di dahulukan diantara aktivitas, serta menunjukkan perkiraan biaya dan waktu yang realistis untuk setiap aktivitas.

Menurut Heizer dan Render (2015) Critical Path Method (CPM) atau analisis jaringan kerja merupakan salah satu metode penjadwalan proyek. Dengan menggunakan metode CPM dapat memperkirakan waktu yang dibutuhkan untuk melaksanakan prioritas kegiatan sehingga kegiatan dapat diselesaikan sesuai dengan rencana sebelumnya. Metode CPM lebih dikenal dengan metode jalur kritis untuk merencanakan dan mengkoordinasikan suatu proyek. Metode jalur kritis Critical Path Method (CPM) merupakan teknik manajemen proyek yang hanya menggunakan satu faktor waktu per aktifitas.

Untuk mencari tahu berapa lama durasi sebuah proyek itu akan memakan waktu, maka dilakukan analisis jalur kritis (Critical Path Analysis) untuk jaringan tersebut. Jalur kritis adalah jalur terpanjang dalam suatu jaringan. Untuk menemukan jalur ini dapat menggunakan dua waktu awal dan akhir untuk masing-masing kegiatan waktu tersebut adalah sebagai berikut:

1. Menentukan waktu paling awal (ES) dimana sebuah kegiatan dapat di mulai, dengan asumsi bahwa aktivitas sebelumnya telah selesai.
2. Menentukan waktu paing awal (EF) dimana suatu kegiatan dapat diselesaikan.
3. Menentukan waktu paling lambat (LS) dimana sebuah kegiatan dapat di mulai sehingga tidak menunda waktu penyelesaian proyek.
4. Menentukan waktu paling lambat (LF) dimana suatu kegiatan harus selesai agar tidak menunda waktu penyelesaian proyek.
5. Menentukan Slack (S) atau Float waktu bebas dari segala aktivitas, dimana waktu yang dimiliki oleh sebuah aktivitas dapat diundur, tanpa menyebabkan keterlambatan proyek keseluruhan.

Menurut Heizer, Render and Munson (2017) dalam buku *Operations Management Sustainability and Supply Chain Management Twelfth Edition*, PERT is a project management technique that employs three times estimates for each activity. These time estimates are used to computed expected values and standard deviations for the activity.

Menurut Heizer, Render and Munson (2017) dalam buku *Operations Management Sustainability and Supply Chain Management Twelfth Edition*, in PERT, we employ a probability distribution based on three time estimates for each activity, as follow :

- 1) *Optimistic time (a)*, time an activity will take if everything goes as planned. In estimating this value, there should be only a small probability (say, 1/100) that the activity time will be $< a$.
- 2) *Pessimistic time (b)*, time an activity will take assuming very unfavorable conditions. In estimating this value, there should also be only a small probability (also 1/100) that the activity time will be $> b$.
- 3) *Most likely time (m)*, most realistic estimate of the time required to complete an activity

Pada situasi apapun, beberapa atau semua aktivitas yang ada harus dipercepat untuk menyelesaikan proyek dalam batas waktu yang diinginkan. Proses dimana kita memperpendek jangka waktu proyek dengan biaya terendah yang mungkin disebut crashing proyek (Heizer dan Render, 2015).

Menurut Heizer dan Render (2015), Crashing proyek melibatkan empat langkah berikut:

1. Hitung biaya crash perminggu (atau satuan waktu lain) untuk setiap waktu aktivitas dalam jaringan. Jika biaya crash bersifat linier menurut waktu, maka rumus berikut dapat digunakan.
2. Dengan menggunakan waktu aktivitas sekarang, temukan jalur kritis pada jaringan proyek, kenali aktivitas kritisnya.
3. Jika hanya ada jalur kritis, pilihlah aktivitas yang (a) masih dapat dipersingkat dan (b) mempunyai biaya crash terkecil per periode. Aktivitas crash ini satu periode. Jika terdapat lebih dari satu jalur kritis, maka pilih salah satu setiap jalur kritis sedemikian hingga (a) sehingga aktivitas yang dipilih masih dapat dipersingkat dan (b) biaya crash total per periode dari semua aktivitas yang dipilih merupakan biaya terkecil. Crash setiap aktivitas sebanyak stau periode. Perhatikan bahwa aktivitas yang sama mungkin terjadi pada lebih dari satu jalur kritis.
4. Perbarui semua waktu aktivitas jika batas waktu yang diinginkan telah tercapai berhenti.

Total biaya pada proyek penelitian merupakan penjumlahan biaya langsung dan biaya tidak langsung. Biaya untuk durasi waktu yang dibebankan akan lebih besar dari biaya untuk durasi waktu yang normal, sehingga pengurangan waktu akan menambah biaya dari kegiatan proyek. Biaya tidak langsung bersifat berjalan selama proyek, sehingga pengurangan durasi proyek berarti pengurangan dalam biaya tidak langsung, Anastasia (2016).

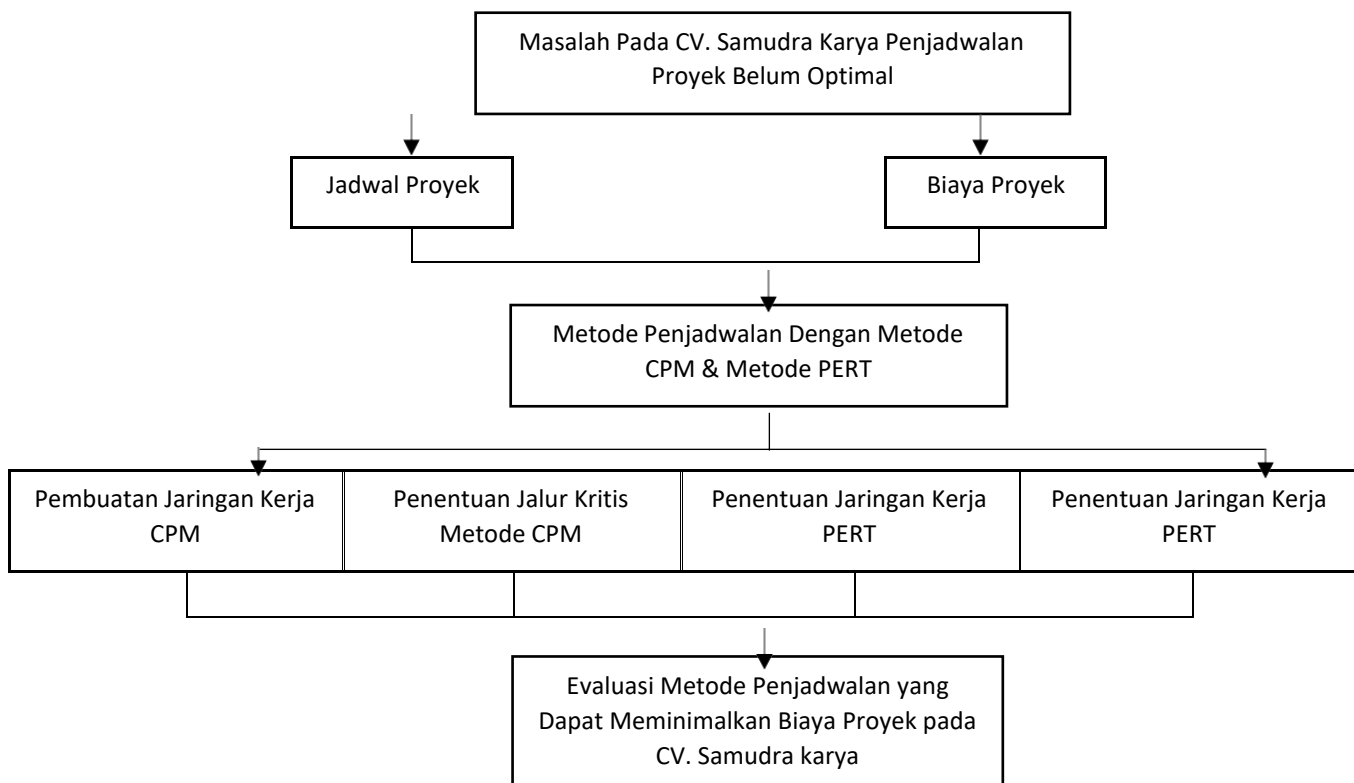
Jika seluruh perhitungan analisis sudah selesai dari semua metode seperti metode analisis jalur kritis, maka langkah terakhir adalah melakukan perhitungan dari

metode tersebut sehingga didapatkan hasil total terkait biaya proyek yang harus dikeluarkan perusahaan.

Hal tersebut didukung oleh penelitian sebelumnya diantaranya, Ganesstri padma arianie dan Nia Budi Puspitasari (2017), Waldi, Bertinus Simanihuruk, Kristina Sembiring (2016), Firdaus Hidayatul Iman, Hadi Wahyono, Eka Bambang Gusminto. (2018). Metode penjadwalan yang digunakan dalam penelitian sebelumnya ini yaitu metode CPM (critical project method) dengan indikator percepatan kegiatan dan biaya percepatan.

2.8 Konstelasi penelitian

Adapun konstelasi penelitian adalah sebagai berikut :



Gambar 2. 8 Konstelasi Penelitian

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah analisis deskriptif yaitu penelitian dengan cara melakukan analisa data yang ada dan dikelola, mengenai analisis penjadwalan proyek dengan metode CPM dan jalur kritis pada CV.Samudra Karya GRC.

3.2 Objek penelitian, unit analisis, dan lokasi penelitian

3.2.1 Objek penelitian

Objek penelitian pada penelitian adalah analisis penjadwalan dan biaya proyek yang bermasalah, yaitu pekerjaan awal, pemasangan rangka, pemasangan panel GRC, *finishing* dan pengecatan dengan indikator tingkat penjadwalan proyek yang telah ditentukan serta biaya yang sudah dianggarkan. Dimana penjadwalan proyek dengan menggunakan metode yang tepat dapat membantu dalam mengendalikan penjadwalan proyek pada perusahaan.

3.2.2 Unit analisis

Unit analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah perusahaan yaitu wawancara supervisor dan estimasi biaya proyek pada CV.Samudra Karya GRC.

3.2.3 Lokasi penelitian

CV. Samudra Karya yang beralamat Jl. Raya Cilangkap Banjaran Pucung Cimanggis Depok.

3.3 Jenis dan pengumpulan data penelitian

Jenis data yang diteliti adalah jenis data kuantitatif yang merupakan data primer dan sekunder. Pengumpulan data primer diperoleh melalui observasi langsung dan wawancara. Data yang dikumpulkan berupa: data internal organisasi yang meliputi visi, misi, dan tujuan organisasi, sumber daya manusia secara kualitatif dan kuantitatif serta data pelaksanaan dan biaya anggaran proyek pada CV. Samudra Karya GRC.

Pengumpulan data sekunder diperoleh melalui studi data kepustakaan yang isinya berupa data teori pendukung organisasi. Studi pustaka dilakukan dengan mengumpulkan data yang diperoleh dari laporan perusahaan atau literatur yang dimiliki oleh perusahaan baik data internal perusahaan maupun eksternal.

3.4 Operasionalisasi variabel

“Analisis Penerapan Manajemen Waktu dan Biaya Pembangunan Menara Masjid ASSA’I di Muara Enim pada CV. Samudra Karya GRC”

Tabel 3. 1Tabel Operasional Variabel

Variabel	Indikator	Ukuran	Skala
Manajemen waktu	Waktu Penyelesaian	Waktu percepatan	Rasio
	Aliran Waktu	Waktu yang diperlukan oleh suatu pekerjaan	Rasio
	Biaya anggaran	Biaya setiap pekerjaan	Rasio
	Biaya Percepatan	Biaya total yang telah melalui proses percepatan	Rasio

3.5 Metode pengumpulan data

Dalam melakukan pengumpulan data pada penelitian ini adalah dengan menggunakan data sekunder yaitu data yang sudah ada yang diperoleh langsung dari CV. Samudra Karya GRC yaitu berupa data proyek pembangunan masjid Assa'I dan biaya proyek

3.6 Metode pengolahan/analisis data

Data dan informasi yang telah terkumpul diolah dan di analisis lebih lanjut dengan cara :

1. Analisis Deskriptif

Analisis deskriptif dilakukan dengan tujuan untuk memberikan gambaran (deskripsi) mengenai penerapan penjadwalan proyek yang diterapkan di CV. Samudra Karya GRC

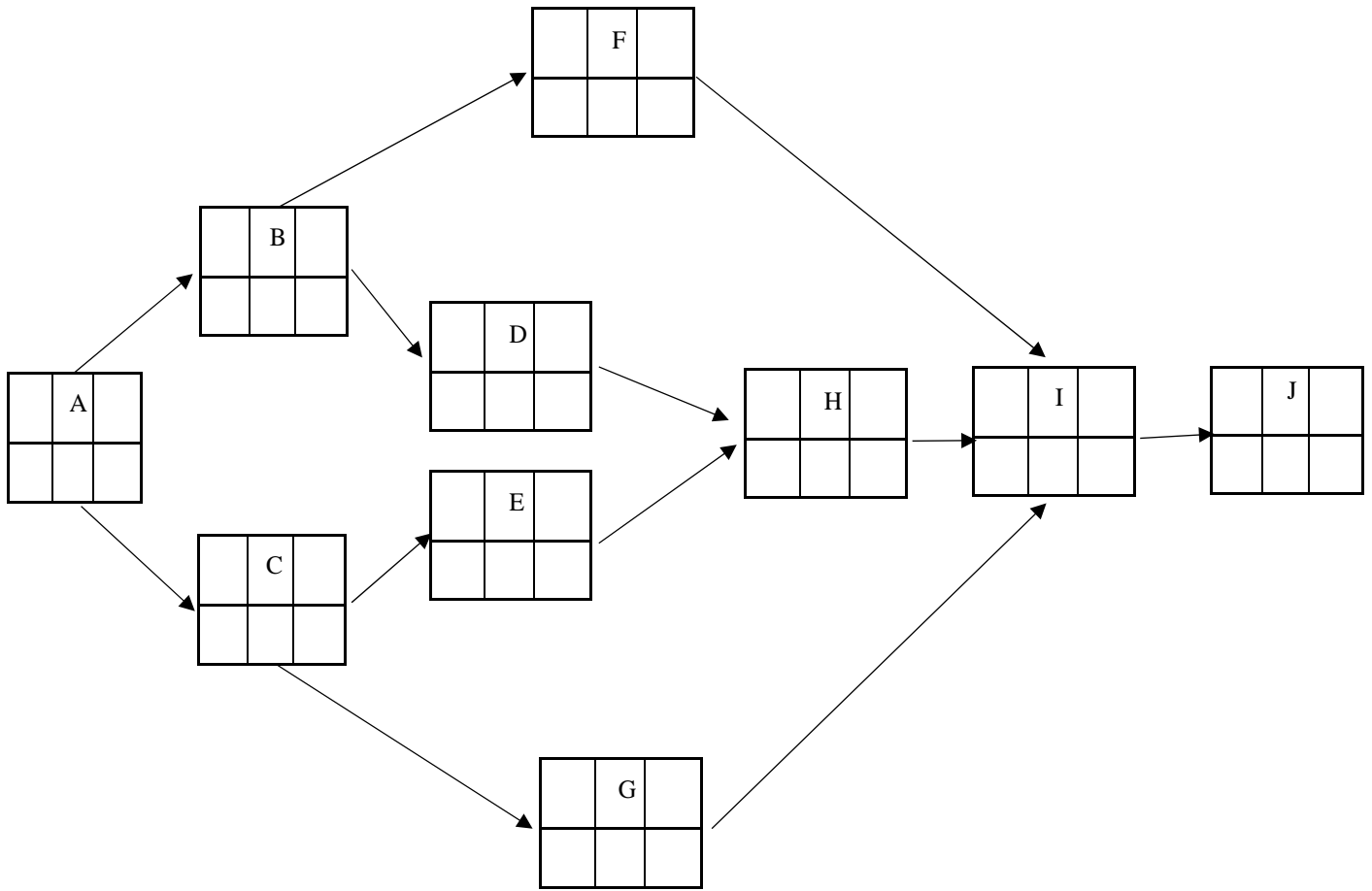
2. Analisis Kuantitatif

Analisis kuantitatif dilakukan dengan melakukan analisis pada penjadwalan proyek yang menggunakan metode CPM.

Tabel 3. 2 Tabel Data Urutan Kegiatan

No	Kegiatan	Aktivitas	Aktivitas Pendahulu	Durasi (hari)
1.	Pekerjaan Awal	A	-	7
2.	Material pemasangan dan scaffolding	B	A	3
3.	Pemasangan rangka bawah	C	A	3
4.	Pemasangan rangka atas	D	B	5
5.	Pemasangan panel GRC bagian atas	E	C	15
6.	Pemasangan anti petir	F	B	2
7.	Pemasangan panel GRC bagian bawah	G	C	12
8.	Finishing	H	D,E	23
9.	Pengecatan dasar	I	F,G,H	3
10.	Pengecatan full	J	I	6
Total Hari Kerja				

Dari tabel 3.1 di atas menunjukkan urutan kegiatan, durasi waktu dan kegiatan yang mendahului untuk selanjutnya akan membentuk jaringan kerja sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Jaringan Kerja

Dengan notasi tugas :

ES	A	LS
EF	t	LF

Keterangan :

ES : *Early Star*

EF : *Early Finish*

LS : *Early Finish*

LF: *Latest Finish*

A : aktivitas

T : Durasi

Dari *network* yang telah dibuat seperti pada gambar 3.1 kemudian maka langkah selanjutnya adalah :

1) Menentukan Lintasan Kritis

Untuk menentukan lintasan kritis maka langkah selanjutnya adalah dengan melakukan perhitungan maju dan perhitungan mundur. Perhitungan maju dilakukan untuk mengetahui *Earliest Star* (ES) dan *Earliest Finish* (EF), sedangkan perhitungan mundur akan mengetahui *Latest Star* (LS) dan *Latest Finish* (LF).

2) Perhitungan Maju

a) Menentukan *Earliest Start* (ES)

Jika suatu aktivitas memiliki banyak aktivitas pendahulu yang paling dekat, ES merupakan nilai maksimal dari semua nilai EF dari aktivitas pendahulunya.

Rumus untuk mendapatkan ES (waktu mulai paling awal) yaitu :

$$ES = \text{Max} (\text{EF Semua pendahulu langsung})$$

b) Menentukan *Earliest Finish* (EF)

Aturan waktu selesai yang paling awal. Waktu selesai yang paling awal (EF) dari suatu aktivitas adalah jumlah waktu yang paling awal mulai (ES) dan waktu aktivitasnya, ditunjukkan sebagai berikut

Rumus untuk menentukan EF (waktu selesai paling awal) yaitu :

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

3) Perhitungan Mundur

a) Menentukan *Latest Start* (LS)

Apabila sebuah aktivitas adalah pendahulu langsung untuk lebih dari satu aktivitas, maka LF adalah nilai minimal dari semua nilai LS dari seluruh aktivitas yang mengikuti setelahnya.

Rumus untuk menentukan LS yaitu :

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

b) Menentukan *Latest Finish* (LF)

Aturan waktu mulai paling lambat. Waktu mulai yang paling lambat (LS) dari suatu aktivitas adalah selisih dari waktu selesai paling lambat LF dan waktu aktivitasnya.

Rumus untuk menentukan LF yaitu :

$$LS = LF - \text{Waktu Aktivitas}$$

Setelah melakukan perhitungan tersebut maka data akan disusun dengan tabel seperti berikut :

Tabel 3. 3 Tabel Hitungan Maju dan Hitungan Mundur

No	Aktivitas	Aktivitas pendahulu	Durasi (hari)	Paling Awal		Paling Akhir	
				Mulai (ES)	Selesai (EF)	Mulai (LS)	Selesai (LF)
1	A	-	7				
2	B	A	3				
3	C	A	3				
4	D	B	5				
5	E	C	15				
6	F	B	2				
7	G	C	12				
8	H	D,E	23				
9	I	F,G,H	3				
10	J	I	6				

4) Menentukan waktu *Slack (S)* atau *Float*

Setelah menghitung waktu paling awal dan waktu paling lambat dari semua aktivitas , maka menemukan waktu longgar (*slack time*) yang dimiliki oleh setiap aktivitas menjadi mudah.

Rumus untuk menentukan *Slack* yaitu :

$$Slack = LS-ES \text{ atau } Slack = LF-EF$$

Setelah diketahui nilai ES-EF dan LS-LF pada masing-masing kegiatan, maka selanjutnya akan mencari *float/slack* untuk mengetahui kegiatan kritis dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3. 4 Tabel Perhitungan Slack

No	Aktivitas	Aktivitas pendahulu	Durasi (hari)	Paling Awal		Paling Akhir		Total Slack (TS) LF-EF	Keterangan
				Mulai (ES)	Selesai (EF)	Mulai (LS)	Selesai (LF)		
1	A	-	7						
2	B	A	3						
3	C	A	3						
4	D	B	5						
5	E	C	15						
6	F	B	2						
7	G	C	12						
8	H	D,E	23						
9	I	F,G,H	3						
10	J	I	6						

5) Menentukan waktu yang diterapkan (T_e)

Tabel 3. 5 Estimasi waktu pada metode PERT

Kegiatan	Aktivitas	Aktivitas Pendahulu	Optimistic A	Most Likely M	Pessimistic b
Pekerjaan Awal	A	-	7	8	9
Material dan Pemasangan Scaffolding	B	A	3	4	5
Pemasangan rangka Bawah	C	A	3	4	6
Pemasangan rangka atas	D	B	5	6	7
Pemasangan panel GRC atas	E	C	10	15	16
Pemasangan anti Petir	F	B	1	2	3
Pemasangan panel GRC bagian bawah	G	C	7	12	15
Finishing	H	D,E	16	23	25
Pengecatan dasar	I	F,G,H	3	4	6
Pengecatan full	J	I	6	7	8

Setelah membuat estimasi waktu maka dicari nilai T_e (waktu yang diharapkan) dengan menggunakan rumus :

$$te = \frac{a + 4(m) + b}{6}$$

Dimana :

- te : waktu yang diharapkan
- a : waktu optimis
- b : waktu pesimis
- m : waktu paling mungkin

Dengan menggunakan nilai t_e (durasi waktu yang diharapkan) maka dibuatlah sebuah diagram jaringan kerja proyek, dimana prinsip pembuatan jaringan kerja ini sama seperti dengan metode CPM.

Perhitungan waktu penyelesaian menggunakan metode PERT dilakukan dengan perhitungan maju dan mundur. Perhitungan maju untuk mengetahui waktu selesai kegiatan paling awal, hasil perhitungan maju yaitu ES dan EF. Hitungan mundur untuk mengetahui waktu mulai kegiatan paling akhir tanpa menunda kurun waktu penyelesaian kegiatan secara keseluruhan. Hasil dari perhitungan mundur yaitu LS dan LF

6) Menentukan nilai varians

Setelah menentukan nilai T_e dan perhitungan maju dan mundur pada perhitungan PERT, selanjutnya menentukan nilai varians kegiatan.

Nilai varians kegiatan dapat dicari dengan rumus :

$$\boxed{[(b - a)/6]^2}$$

Jika seluruh perhitungan analisis sudah selesai dari semua metode CPM, maka langkah terakhir adalah membandingkan perhitungan dari metode-metode tersebut sehingga di dapatkan hasil total terkait biaya yang harus dikeluarkan perusahaan. Metode yang sebaiknya dipilih perusahaan adalah metode dengan total biaya yang paling kecil, sehingga dapat meminimalkan biaya yang dikeluarkan perusahaan.

7) Menentukan *crashing cost* (biaya percepatan)

a. Produktivitas Harian = $\frac{\text{Volume}}{\text{Durasi Normal}}$

b. Produktivitas Tiap Jam = $\frac{\text{Produktivitas Harian}}{8 \text{ Jam Kerja}}$

c. Produktivitas Harian Sesudah *Crash* = $(8 \text{ Jam} \times \text{Produktivitas Tiap Jam}) + (a \times b \times \text{Produktivitas Tiap Jam})$

Tabel 3. 6 Koefisien Penurunan Produktivitas Kerja Jam Lembur (Jam)

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

(Tabel Koefisien Penurunan Produktivitas Kerja Ketetapan)

Dimana:

a = Lama penambahan jam kerja

b = Koefisien penurunan produktivitas penambahan jam kerja

d. *Crash Duration* = $\frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas sesudah crash}}$

e. *Crash Cost* Tenaga Kerja Per hari = $\text{Normal Cost Pekerja} + (n \times \text{Biaya Lembur Per Jam})$

f. *Slope* = $\frac{\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost}}{\text{Normal Time} - \text{Crash Time}}$

BAB IV

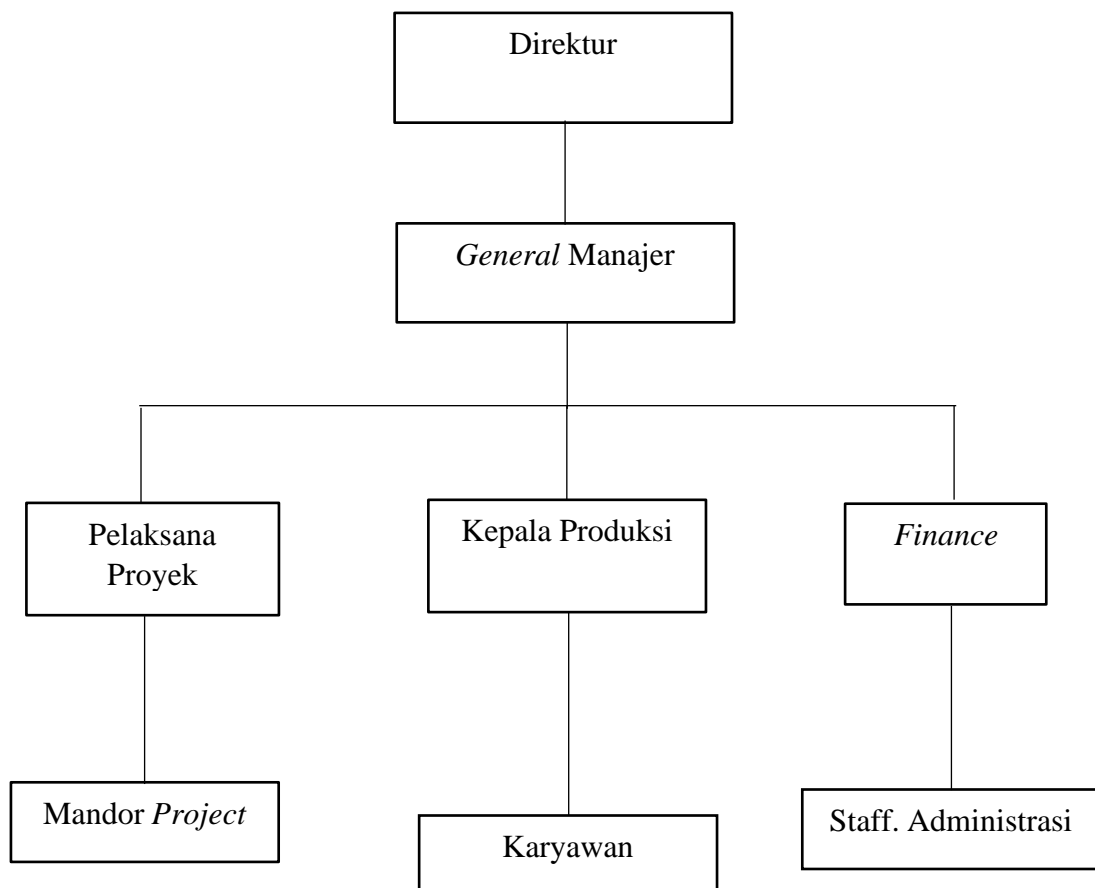
HASIL PENELITIAN

4.1 Gambaran umum lokasi penelitian

4.1.1 Kegiatan dan perkembangan usaha

CV. Samudra Karya GRC adalah salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang konstruksi bangunan yang didirikan pada tahun 2008. Perusahaan ini dirintis oleh Bapak Lasmanto. Cv. Samudra Karya GRC mendirikan bangunan pertama kali *workshop* dan kantor yang berlokasi di jl. Banjaran Pucung Cilangkap Kota. Depok. Dilengkapi juga dengan berbagai peralatan mesin-mesin baru yang dapat dibawa ke lapangan. Dengan seiring kemajuan dan perkembangan industri konstruksi Indonesia, maka CV. Samudra Karya GRC melakukan banyak perubahan dalam bidang konstruksi untuk memenuhi sarana dan pra sarana produksi antara lain pondasi mesin, jalan dalam lingkungan pabrik dan kondisi pendukung mesin produksi.

4.1.2 Struktur organisasi



Sumber : CV. Samudra Karya GRC

Gambar 4. 1 Struktur Organisasi

4.1.3 Fungsi dan tanggung jawab karyawan :

1. Direktur
 - a. Bertindak sebagai pemimpin perusahaan.
 - b. Bertanggung jawab terhadap perkembangan perusahaan.
2. *General* Manajer
 - a. Orang yang diberi kuasa untuk mengelola jalannya perusahaan dan melakukan tindakan atas nama perusahaan.
 - b. Menerapkan sasaran dan tujuan perusahaan.
3. Pelaksana proyek
 - a. Bertanggung jawab penuh terhadap kegiatan-kegiatan proyek.
4. Mandor Proyek
 - a. Mengawasi kegiatan kerja tukang-tukang (pengawasan langsung ke lapangan).
5. *Finance*
 - a. Bertanggungjawab atas pemasukan dan pengeluaran seluruh transaksi dan biaya perusahaan.
 - b. Membuat faktur tagihan atas pekerjaan yang telah selesai.
6. Staff Administrasi
 - a. Melakukan pencatatan atau pembukuan yang terjadi dalam operasional kantor dan proyek.
7. Kepala Produksi
 - a. Mengkordinir, mengawasi dan bertanggung jawab atas pelaksanaan produksi agar dapat terlaksana secara ekonomis dan efisien
 - b. Bertanggung jawab atas terjadinya bahan mentah, bahan penolong yang dibutuhkan untuk proses produk yang ada
 - c. Memberikan laporan produksi kepada *General* Manajer
8. Karyawan
 - a. Bertanggung jawab dan menjaga kualitas produksi
 - b. Mengoperasikan mesin produksi
 - c. Memonitor mesin produksi

4.1.4 Visi dan misi perusahaan

Visi

- Menjadi perusahaan kontraktor, konstruksi bernutu tinggi di Indonesia.
- Menjadi perusahaan kontraktor yang memberikan pelayanan yang total kepada seluruh para pengguna jasa di seluruh Indonesia.

Misi

- Memperbesar *market share* CV. Samudra Karya GRC ditunjang dengan pelayanan terbaik bagi pelanggan.
- Membangun serta menciptakan citra terbaik perusahaan.
- Memberikan produk dengan pengawasan yang terbaik mulai dari awal pengerjaan

4.2 Pembahasan dan interpretasi hasil penelitian

4.2.1 Pelaksanaan penjadwalan pada CV. Samudra karya GRC

CV. Samudra Karya GRC tidak menggunakan metode penjadwalan CPM dalam menyelesaikan proyek, hal ini terlihat dalam pelaksanaannya CV. Samudra Karya GRC dalam menentukan waktu dan biaya hanya berdasarkan pengalaman saja. Perusahaan seringkali mendapatkan masalah dalam waktu penyelesaian proyek karena waktu penyelesaian tidak sesuai dengan waktu yang telah ditentukan sebelumnya. Hal ini akan berdampak buruk bagi perusahaan, diantaranya memperburuk citra perusahaan yang terkesan tidak mampu menyelesaikan proyek sesuai kontrak yang telah di sepakati. Pada tabel 1.2 jadwal awal yang direncanakan untuk pekerjaan awal adalah pada hari ke – 1 hingga pada hari ke – 6 di bulan September, dan pada tabel 1.8 jadwal akhir untuk pekerjaan awal adalah pada hari ke – 1 hingga pada hari ke – 6 di bulan September. Pada tabel 1.3 jadwal awal pemasangan rangka awal adalah pada hari ke – 8 hingga hari ke – 17 di bulan September, dan pada tabel 1.9 jadwal akhir pemasangan rangka adalah pada hari ke – 8 hingga pada hari ke – 17 di bulan September. Pada tabel 1.4 jadwal awal pemasangan panel GRC pada hari ke – 18 hingga pada hari ke – 30 di bulan September, sampai dengan hari ke – 1 hingga hari ke – 5 di bulan Oktober, sedangkan pada tabel 1.10 jadwal akhir pemasangan panel GRC pada hari ke – 18 hingga pada hari ke – 30 di bulan September, sampai dengan hari ke – 1 hingga pada hari ke – 16 di bulan Oktober. Pada tabel 1.5 jadwal awal *finishing* pada hari ke – 6 hingga pada hari ke – 21 di bulan Oktober, sedangkan pada tabel 1.11 jadwal akhir *finishing* pada hari ke – 17 hingga pada hari ke – 31 di bulan Oktober, sampai dengan pada hari ke -1 hingga pada hari ke – 10 di bulan November. Pada tabel 1.6 jadwal awal pengecatan pada hari ke – 22 hingga hari ke – 29 di bulan Oktober, sedangkan pada tabel 1.12 jadwal akhir pengecatan pada hari ke – 11 hingga pada hari ke – 19 di bulan November.

Berikut data tabel 4.1 jadwal awal yang direncanakan dan tabel 4.2 hasil akhir jadwal pembangunan.

Tabel 4. 1 Jadwal Awal yang Direncanakan

No	Kegiatan	September				Oktober			
		1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Pekerjaan awal	■							
2.	Pemasangan rangka		■	■	■				
3.	Pemasangan panel GRC			■	■	■	■		
4.	<i>Finishing</i>					■	■	■	■
5.	Pengecatan						■	■	■

Sumber : Data Perusahaan 2020

Tabel 4. 2 Hasil Akhir Jadwal Pembangunan

No	Kegiatan	September				Oktober				November			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Pekerjaan awal	■											
2.	Pemasangan rangka		■	■	■								
3.	Pemasangan panel GRC			■	■	■	■	■	■				
4.	Finishing							■	■	■	■	■	
5.	Pengecatan										■	■	■

Sumber : Data Perusahaan 2020

Dengan rincian biaya yang direncanakan dan biaya realisasi sebagai berikut :

Tabel 4. 3 Biaya yang Direncanakan

No	Kegiatan	Aktivitas	Durasi (Hari)	Anggaran Biaya (Rp)
1.	Pekerjaan Awal			
	Pekerjaan Awal	A	7	Rp. 13.000.000
2.	Pemasangan Rangka			
	Material dan Pemasangan Scaffolding	B	3	Rp. 29.000.000
	Pemasangan Rangka Bawah	C	3	RP. 6.000.000
	Pemasangan Rangka Atas	D	5	Rp. 9.000.000
3.	Pemasangan Panel GRC			
	Pemasangan Panel GRC bagian Atas	E	10	Rp. 18.000.000
	Pemasangan Anti Petir	F	1	Rp. 4.000.000
	Pemasangan Panel GRC bagian Bawah	G	7	Rp. 10.000.000
4.	Finishing			
	Finishing	H	16	Rp. 10.000.000
5.	Pengecatan			
	Pengecatan Dasar	I	3	Rp. 6.000.000
	Pengecatan Full	J	6	Rp. 10.500.000
	TOTAL		61	Rp. 115.500.000

Tabel 4. 4 Biaya Realisasi

No	Kegiatan	Aktivitas	Durasi (Hari)	Anggaran Biaya (Rp)
1.	Pekerjaan Awal			
	Pekerjaan Awal	A	7	Rp. 13.000.000
2.	Pemasangan Rangka			
	Material dan Pemasangan Scaffolding	B	3	Rp. 29.000.000
	Pemasangan Rangka Bawah	C	3	RP. 6.000.000
	Pemasangan Rangka Atas	D	5	Rp. 9.000.000
3.	Pemasangan Panel GRC			
	Pemasangan Panel GRC bagian atas	E	15	Rp. 24.000.000
	Pemasangan Anti Petir	F	2	Rp. 7.500.000
	Pemasangan Panel GRC bagian bawah	G	12	Rp. 17.000.000
4.	Finishing			
	Finishing	H	23	Rp. 17.750.000
5.	Pengecatan			
	Pengecatan Dasar	I	3	Rp. 6.000.000
	Pengecatan Full	J	6	Rp. 10.500.000
	TOTAL		79	Rp. 139.750.000

Dengan demikian perusahaan kurang memperhatikan penjadwalan dan biaya yang lebih efisien karena adanya kesenjangan antara perencanaan pengerjaan proyek dengan realisasi yang terjadi pada pengerjaan proyek. Dengan mengabaikan penjadwalan dan biaya pada proyek mengakibatkan penyelesaian proyek sering kali mengalami kemunduran pada penyelesaian dan meningkatnya biaya yang lebih besar yang harus dikeluarkan oleh perusahaan

4.2.2 Penerapan penjadwalan menggunakan metode *critical path method* (cpm)

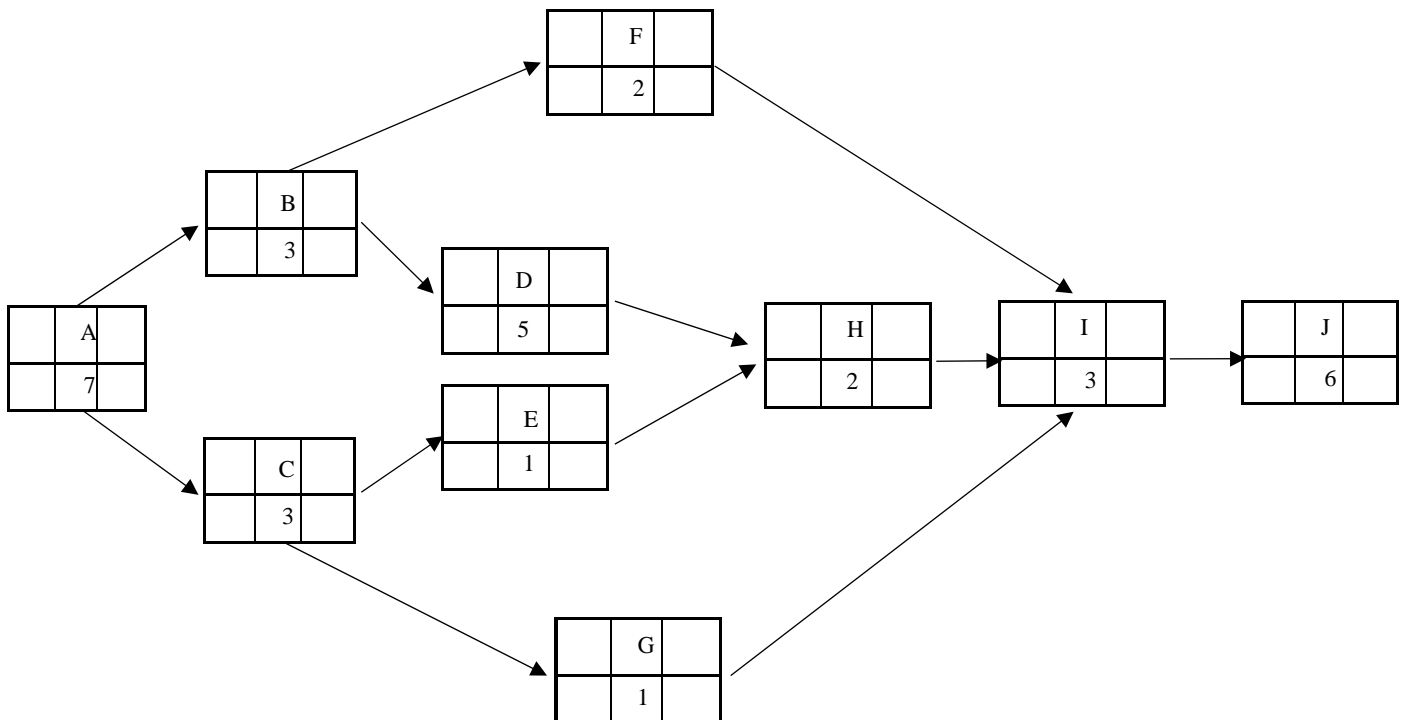
Sebelum membuat jaringan kerja dengan metode CPM diperlukan daftar kegiatan atau pekerjaan yang diperlukan dalam rencana proyek atau proses. Langkah awal yang harus dilakukan dalam pembuatan jaringan kerja dengan menggunakan metode CPM adalah dengan memperinci setiap aktivitas, kemudian tahap selanjutnya adalah menentukan urutan ketergantungan antara kegiatan satu dengan kegiatan yang lain, karena dalam pembuatan jaringan kerja menggunakan metode CPM harus diketahui kegiatan yang mendahului, karena kegiatan yang akan datang bisa

dikerjakan setelah kegiatan sebelumnya selesai. Untuk data urutan kegiatan dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Data Urutan Kegiatan

No	Kegiatan	Aktivitas	Aktivitas Pendahulu	Durasi (hari)
1.	Pekerjaan Awal	A	-	7
2.	Material pemasangan dan scaffolding	B	A	3
3.	Pemasangan rangka Bawah	C	A	3
4.	Pemasangan rangka atas	D	B	5
5.	Pemasangan panel GRC bagian atas	E	C	15
6.	Pemasangan anti petir	F	B	2
7.	Pemasangan panel GRC bagian bawah	G	C	12
8.	Finishing	H	D,E	23
9.	Pengecatan dasar	I	F,G,H	3
10.	Pengecatan full	J	I	6
Total Hari Kerja				79

Tabel 4.5 diatas menunjukkan urutan kegiatan, durasi waktu dan kegiatan yang mendahului untuk selanjutnya akan membentuk jaringan kerja seperti yang terlihat pada gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Jaringan Kerja

Dengan notasi tugas :

ES	A	LS
EF	t	LF

Keterangan :

ES : *Earliest Star* (waktu paling awal tercepat)

EF : *Earliest Finish* (waktu paling awal pekerjaan dapat diselesaikan)

LS : *Lates Star* (waktu paling lambat kegiatan)

LF : *Lates Finish* (waktu paling lambat untuk menyelesaikan pekerjaan)

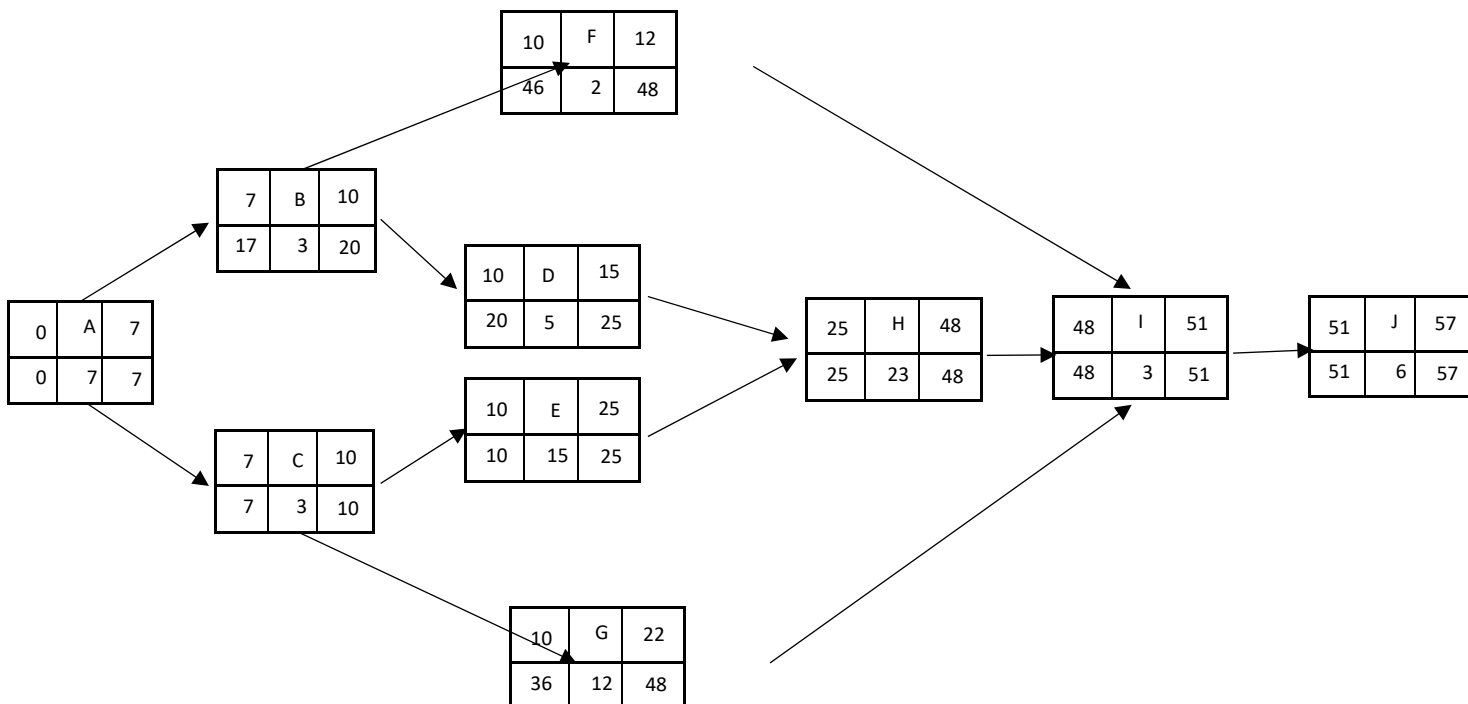
A : Aktivitas

t : Durasi

Dengan perencanaan yang baik diharapkan waktu penyelesaian suatu proyek dapat sesuai dengan target waktu yang diharapkan. Selain itu dengan adanya perencanaan yang baik diharapkan proyek dikerjakan dengan biaya yang efisien dan kualitas yang sesuai dengan yang diharapkan.

Mengacu pada *network diagram* diatas, maka Langkah selanjutnya adalah dengan melakukan perhitungan maju dan perhitungan mundur, perhitungan maju dilakukan untuk mengetahui *Earlist Star (ES)* dan *Earlist Finisih (EF)* sedangkan perhitungan mundur akan mengetahui *Lates Star (LS)* dan *Lates Finisih (LF)*. Waktu selesai paling awal kegiatan adalah sama dengan waktu mulai paling awal, ditambah kurun waktu kegiatan yang bersangkutan. $ES = ES + D$ (*durasi*) atau $EF (k-l) = ES (K-L) + D$ (*durasi*).

Dari *network* yang telah dibuat seperti pada gambar 4.2. kemudian dilakukan hitungan maju dan hitungan mundur seperti pada gambar 4.3. dibawah.



Gambar 4. 3 Hitungan Maju dan Hitungan Mundur Metode CPM

Dari *network* jaringan kerja diatas dapat ditentukan beberapa analisis jalur sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Jalur 1 : A-B-F-I-J} &= 7+3+2+3+6 &&= 21 \\ \text{Jalur 2 : A-B-D-H-I-J} &= 7+3+5+23+3+6 &&= 47 \\ \text{Jalur 3 : A-C-E-H-I-J} &= 7+3+15+23+3+6 &&= 57 \\ \text{Jalur 4 : A-C-G-I-J} &= 7+3+12+3+6 &&= 31 \end{aligned}$$

Setelah melakukan perhitungan tersebut, maka data akan di susun dengan bentuk tabel seperti pada tabel 4.6 berikut ini :

Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan ES-EF dan LS-LF

No	Aktivitas	Aktivitas pendahulu	Durasi (hari)	Paling Awal		Paling Akhir	
				Mulai (ES)	Selesai (EF)	Mulai (LS)	Selesai (LF)
1	A	-	7	0	7	0	7
2	B	A	3	7	10	7	20
3	C	A	3	7	10	7	10
4	D	B	5	10	15	20	25
5	E	C	15	10	25	10	25
6	F	B	2	10	12	20	22
7	G	C	12	10	22	10	22
8	H	D,E	23	25	48	25	48
9	I	F,G,H	3	48	51	48	51
10	J	I	6	51	57	51	57

Keterangan :

ES : *Earliest Star* (waktu paling awal tercepat)

EF : *Earliest Finish* (waktu paling awal pekerjaan dapat diselesaikan)

LS : *Lates Star* (waktu paling lambat kegiatan)

LF : *Lates Finish* (waktu paling lambat untuk menyelesaikan pekerjaan)

Setelah diketahui nilai ES-EF dan LS-LF pada masing-masing kegiatan, maka selanjutnya akan mencari Float/Slack untuk mengetahui kegiatan kritis. Dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Tabel Perhitungan Slack

No	Aktivitas	Aktivitas pendahulu	Durasi (hari)	Paling Awal		Paling Akhir		Total Slack (TS) LF-EF
				Mulai (ES)	Selesai (EF)	Mulai (LS)	Selesai (LF)	
1	A	-	7	0	7	0	7	0
2	B	A	3	7	10	17	20	10
3	C	A	3	7	10	7	10	0
4	D	B	5	10	15	20	25	10
5	E	C	15	10	25	10	25	0
6	F	B	2	10	12	46	48	36
7	G	C	12	10	22	36	48	26
8	H	D,E	23	25	48	25	48	0
9	I	F,G,H	3	48	51	48	51	0
10	J	I	6	51	57	51	57	0

Selanjutnya setelah diketahui nilai *Total Slack* (TS) pada setiap kegiatan, maka dapat diketahui kegiatan mana saja yang termasuk kedalam kegiatan kritis tidak boleh mengalami penundaan atau keterlambatan dalam penyelesaian kegiatan. Dalam CPM terdapat beberapa jenis *float* yang dapat digunakan untuk menganalisis pelaksanaan proyek yang sedang berjalan atapun dalam hal perencanaan pemanfaatan sumber daya proyek. Kegiatan yang termasuk kedalam jalur kritis adalah kegiatan yang mempunyai Total Float (TF) adalah nol, sehingga berlaku $TF=0$ kegiatan yang termasuk jalur kritis dapat dilihat pada tabel 4.8

Tabel 4. 8 Hasil Analisa Jalur Kritis CPM

No	Aktivitas	Aktivitas pendahulu	Durasi (hari)	Paling Awal		Paling Akhir		Total Slack (TS) LF-EF	Keterangan
				Mulai (ES)	Selesai (EF)	Mulai (LS)	Selesai (LF)		
1	A	-	7	0	7	0	7	0	kritis
2	B	A	3	7	10	7	20	10	tidak kritis
3	C	A	3	7	10	7	10	0	kritis
4	D	B	5	10	15	20	25	10	tidak kritis
5	E	C	15	10	25	10	25	0	kritis
6	F	B	2	10	12	46	48	36	tidak kritis
7	G	C	12	10	22	36	48	22	tidak kritis
8	H	D,E	23	25	48	25	48	0	kritis
9	I	F,G,H	3	48	51	48	51	0	kritis
10	J	I	6	51	57	51	57	0	kritis

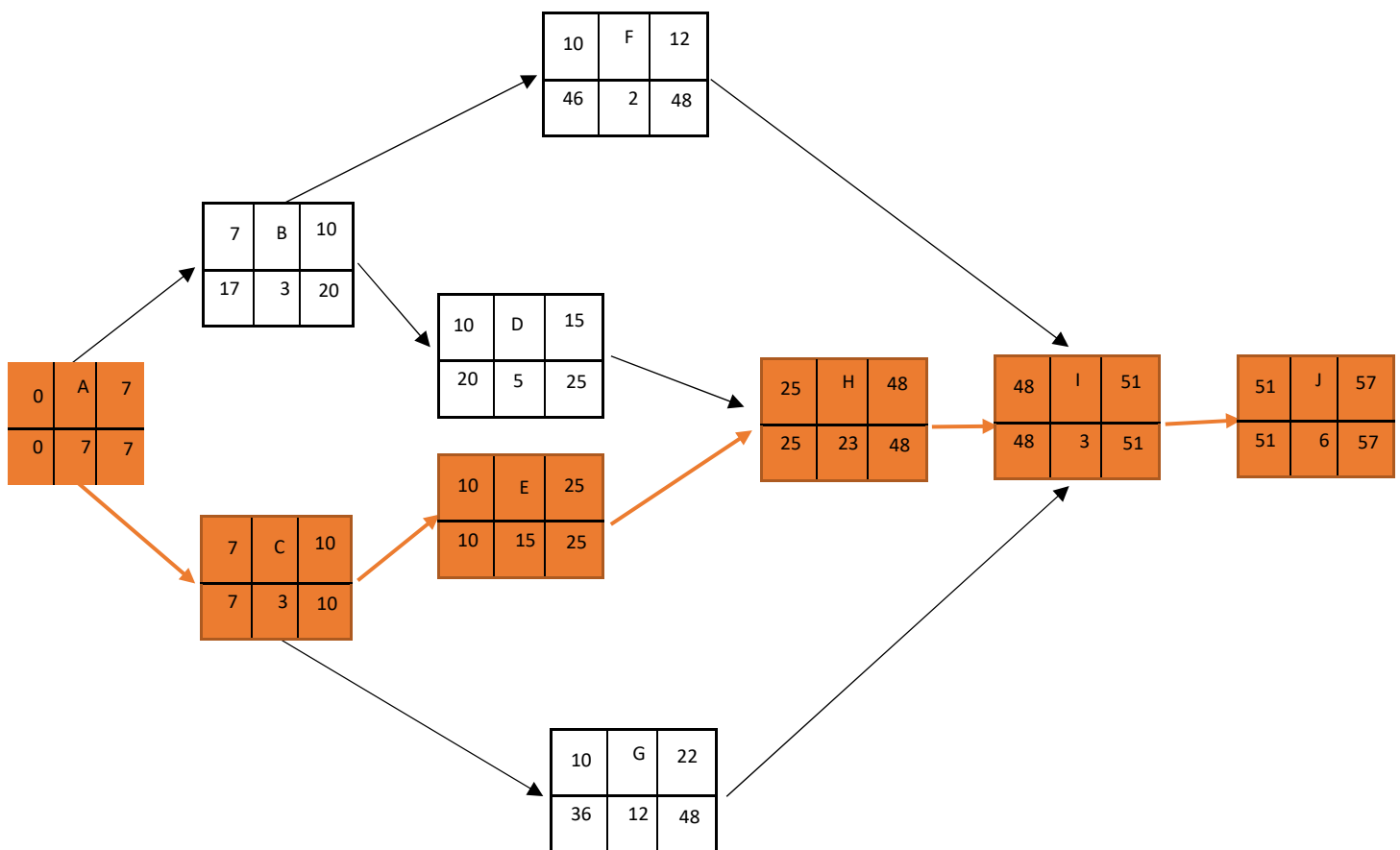
Dari tabel diatas dapat diketahui aktivitas yang termasuk ke dalam jalur kritis pada kegiatan A,C,E,H,I,J. Total durasi pekerjaan dihitung dengan menjumlahkan lama durasi kerja yang berada pada jalur kritis :

$$= 7+3+15+23+3+6$$

$$= 57$$

Di dapat total durasi pekerjaan dapat diselesaikan pembangunan Menara masjid Assa'i dengan menggunakan metode CPM memakan waktu selama 57 hari

kemudian data tersebut akan dipindahkan kedalam diagram *network* yang telah disesuaikan dengan hasil yang telah diperoleh, berikut gambar diagram *network* dengan menggunakan metode CPM.



Gambar 4. 4 Jalur Kritis Metode CPM

4.2.3 Penerapan Penjadwalan Menggunakan Metode PERT

Metode jaringan untuk penjadwalan proyek yang dikenal sebagai metode PERT ini menurut Menurut Heizer, Render and Munson (2017) dalam buku *Operations Management Sustainability and Supply Chain Management Twelfth Edition*, in PERT, we employ a probability distribution based on three time estimates for each activity, as follow :

1) *Optimistic time (a), time an activity will take if everything goes as planned. In estimating this value, there should be only a small probability (say, 1/100) that the activity time will be < a.*

2) *Pessimistic time (b), time an activity will take assuming very unfavorable conditions. In estimating this value, there should also be only a small probability (also 1/100) that the activity time will be > b.*

3) *Most likely time (m), most realistic estimate of the time required to complete an activity.*

Tahap selanjutnya adalah dengan menghitung waktu yang diterapkan (Te), seperti tabel 4.9 di bawah ini :

Tabel 4. 9 Estimasi waktu pada metode PERT

Kegiatan	Aktivitas	Aktivitas Pendahulu	Optimistic a	Most Likely M	Pessimistic b
Pekerjaan Awal	A	-	7	8	9
Material dan Pemasangan Scaffolding	B	A	3	4	5
Pemasangan rangka bawah	C	A	3	4	6
Pemasangan rangka atas	D	B	5	6	7
Pemasangan panel GRC atas	E	C	10	15	16
Pemasangan anti petir	F	B	1	2	3
Pemasangan panel GRC bagian bawah	G	C	7	12	15
Finishing	H	D,E	16	23	25
Pengecatan dasar	I	F,G,H	3	4	6
Pengecatan full	J	I	6	7	8

Setelah membuat estimasi waktu maka dicari nilai te (waktu yang diharapkan) dengan menggunakan rumus :

$$te = \frac{a + 4(m) + b}{6}$$

Dimana :

te : waktu yang diharapkan

a : waktu optimis

b : waktu pesimis

m : waktu paling mungkin

Didapatkan nilai te untuk masing – masing kegiatan dalam bentuk dibawah ini :

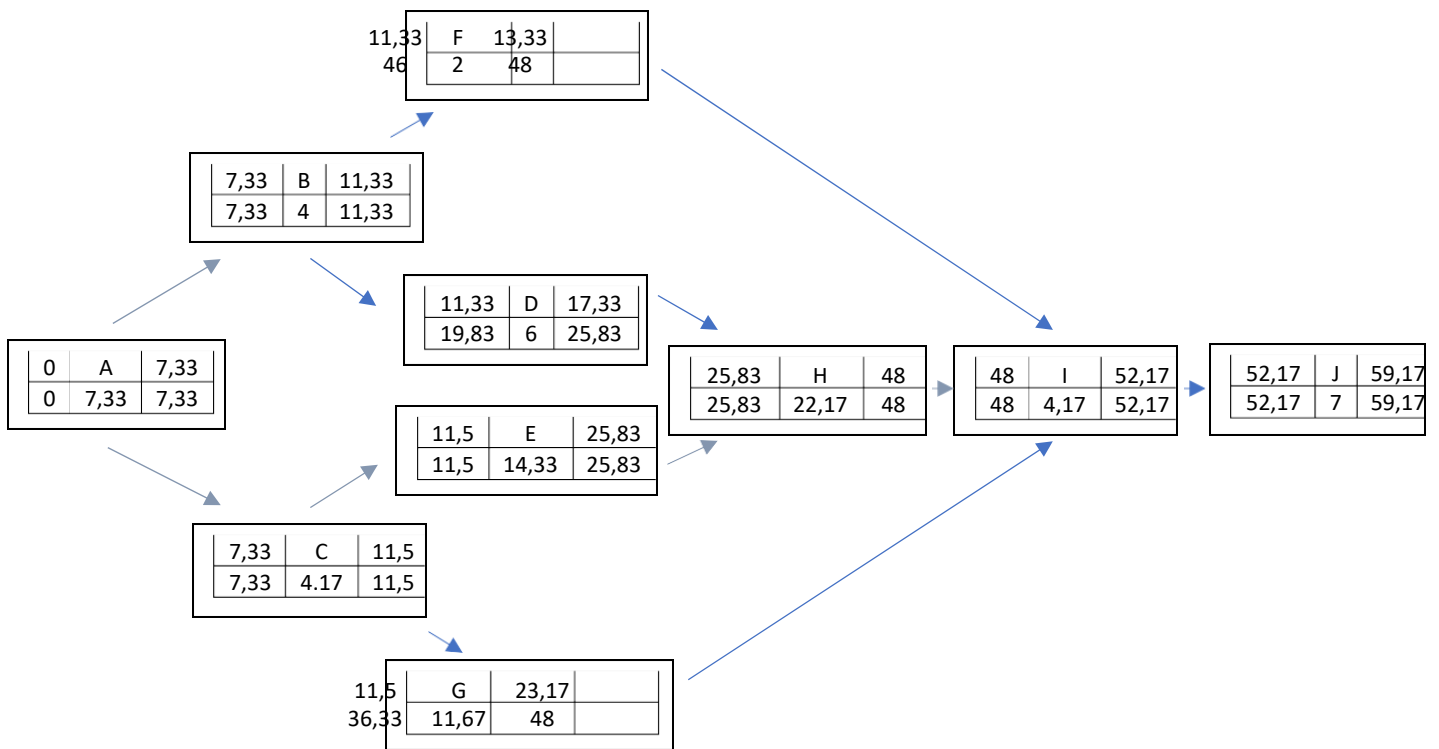
Tabel 4. 10 Nilai waktu yang diharapkan

Kegiatan	Aktivitas	Aktivitas Pendahulu	Optimistic a	Most Likely m	Pessimistic B	Expected Time $t = (a + 4m + b)/6$
Pekerjaan Awal	A	-	7	8	9	7,33
Material dan Pemasangan Scaffolding	B	A	3	4	5	4
Pemasangan rangka bawah	C	A	3	4	6	4,17
Pemasangan rangka atas	D	B	5	6	7	6
Pemasangan panel GRC atas	E	C	10	15	16	14,33
Pemasangan anti petir	F	B	1	2	3	2
Pemasangan panel GRC bagian bawah	G	C	7	12	15	11,67
Finishing	H	D,E	16	23	25	22,17
Pengecatan dasar	I	F,G,H	3	4	6	4,17
Pengecatan full	J	I	6	7	8	7

Dengan menggunakan nilai t_e (durasi waktu yang diharapkan) maka dibuatlah sebuah diagram jaringan kerja proyek, dimana prinsip pembuatan jaringan kerja ini sama seperti dengan metode CPM.

Perhitungan waktu penyelesaian menggunakan metode PERT dilakukan dengan perhitungan maju dan mundur. Perhitungan maju untuk mengetahui waktu selesai kegiatan paling awal, hasil perhitungan maju yaitu ES dan EF. Hitungan mundur untuk mengetahui waktu mulai kegiatan paling akhir tanpa menunda kurun waktu penyelesaian kegiatan secara keseluruhan. Hasil dari perhitungan mundur yaitu LS dan LF.

Berdasarkan network pada gambar, kemudian dilakukan perhitungan maju dan hitungan mundur seperti pada gambar 4.5



Gambar 4. 5 Perhitungan Maju dan Mundur metode PERT

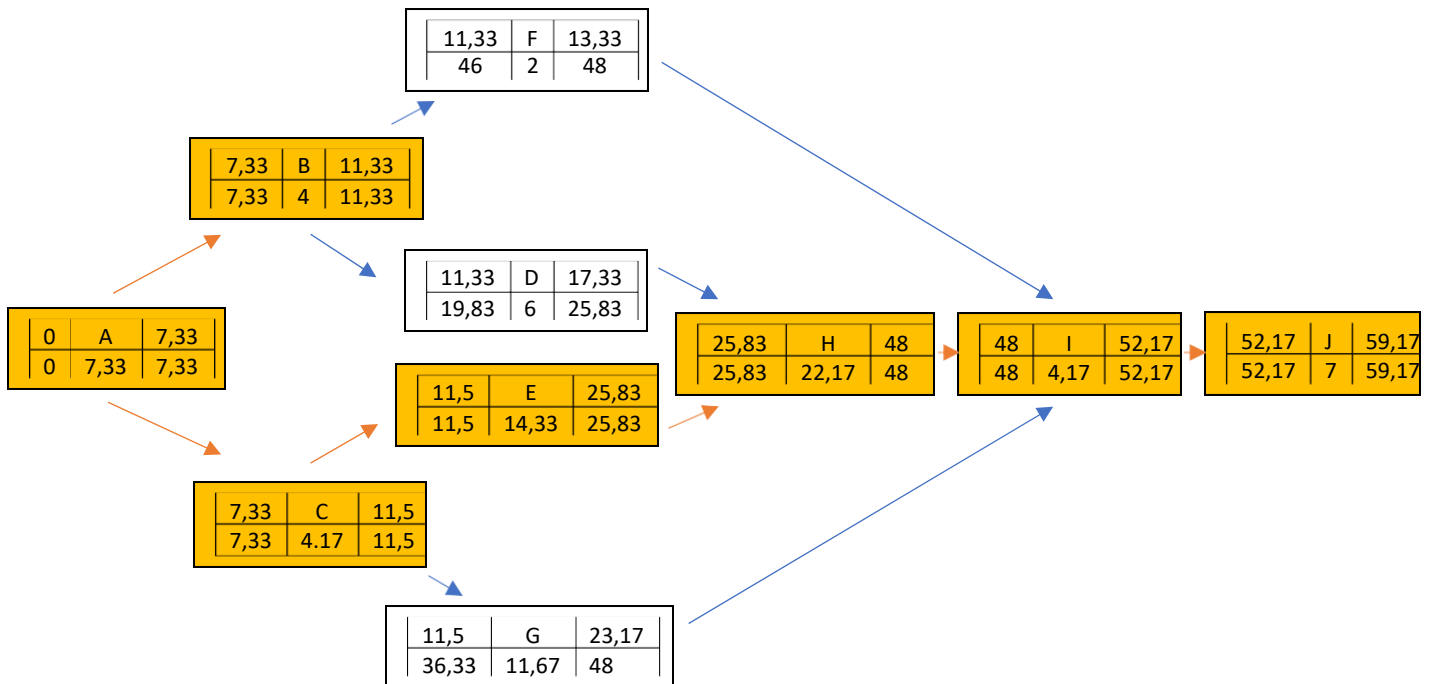
Berdasarkan gambar 4.5 penyelesaian menggunakan metode PERT diselesaikan dalam waktu 59 hari waktu normal. Hasil perhitungan pada network PERT kemudian ditabelkan seperti tabel 4.11

Tabel 4. 11 Hasil Perhitungan PERT

No	Aktivitas	Aktivitas pendahulu	Durasi (hari)	Paling Awal		Paling Akhir		Total Slack (TS) LF-EF	Keterangan
				Mulai (ES)	Selesai (EF)	Mulai (LS)	Selesai (LF)		
1	A	-	7,33	0	7,33	0	7,33	0	Kritis
2	B	A	4	7,33	11,33	7,33	11,33	0	Kritis
3	C	A	4,17	7,33	11,5	7,33	11,5	0	Kritis
4	D	B	6	11,33	17,33	19,83	25,83	8,5	Tidak kritis
5	E	C	14,33	11,5	25,83	11,5	25,83	0	Kritis
6	F	B	2	11,33	13,33	46	48	25	Tidak kritis
7	G	C	11,67	11,5	23,17	36,33	48	34,67	Tidak kritis
8	H	D,E	22,17	25,83	48	25,83	48	0	Kritis
9	I	F,G,H	4,17	48	52,17	48	52,17	0	Kritis
10	J	I	7	52,17	59,17	52,17	59,17	0	Kritis

Kemudian gambarkan diagram jaringan kerja dari hasil Analisa penjadwalan dengan metode PERT dengan nilai te sebagai durasi yang digunakan dalam perhitungan, maka akan diketahui penyelesaian proyek (te) selama 59 hari dan diperoleh jalur kritis pada diagram jaringan kerja pada kegiatan A, B, C, E, H, I.

Gambar 4. 6 Jalur Kritis Metode PERT



4.2.4 Analisis crash duration

Crash Duration adalah suatu metode mempercepat waktu proyek secepat mungkin dari waktu yang direncanakan diawal. Dalam penelitian ini, waktu proyek menggunakan penambahan jam lembur pada aktivitas - aktivitas pekerjaan yang berada pada jalur kritis. Oleh karena itu, perlu dipertimbangkan produktivitas pekerja jika ditambahkan jam kerja pada pekerja tersebut. Produktivitas kerja lembur untuk dua jam lembur adalah 80%, pada tiga jam lembur adalah 70%. Perhitungan *Crash Duration* pada proyek pembangunan Menara masjid dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

Penambahan 2 jam lembur :

1 Pekerjaan Awal

- Perhitungan durasi yang bisa di *crash* pada pekerjaan awal dengan penambahan 2 jam lembur :

$$\text{Volume} = 134,51 \text{ m}$$

$$\text{Durasi Normal} = 7 \text{ hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Durasi Normal} &= 7 \times 8 \\ &= 56 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\text{Produktivitas jam normal} = \frac{\text{volume}}{\text{Durasi normal}} = \frac{134,51}{56} = 2,40 \text{ m/jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Crash Duration} &= \frac{134,51}{(2,40 \times 8) + (2 \times 0,8 \times 2,40)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 6 \text{ hari} \\
 \text{Selisih } \textit{Crashing} &= 7 \text{ hari} - 6 \text{ hari} \\
 &= 1 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

2 Pemasangan Rangka Bawah

- Perhitungan yang bisa di *crash* pada pekerjaan perancangan rangka bawah dengan penambahan 2 jam lembur :

$$\text{Volume} = 134,51 \text{ m}$$

$$\text{Durasi Normal} = 3 \text{ hari}$$

$$\text{Durasi Normal} = 3 \times 8$$

$$= 24 \text{ jam}$$

$$\text{Produktivitas jam normal} = \frac{\text{volume}}{\text{Durasi normal}} = \frac{134,51}{24 \text{ jam}} = 5,60 \text{m/jam}$$

$$\textit{Crash Duration} = \frac{134,51}{(5,60 \times 8) + (2 \times 0,8 \times 5,60)}$$

$$= 3 \text{ hari}$$

$$\text{Selisih } \textit{Crashing} = 3 \text{ hari} - 3 \text{ hari}$$

$$= 0 \text{ hari}$$

3 Pemasangan Panel GRC bagian atas

- Perhitungan yang bisa di *crash* pada pekerjaan pemasangan Panel GRC bagian atas dengan penambahan 2 jam lembur :

$$\text{Volume} = 134,51 \text{ m}$$

$$\text{Durasi Normal} = 15 \text{ hari}$$

$$\text{Durasi Normal} = 15 \times 8$$

$$= 120 \text{ jam}$$

$$\text{Produktivitas jam normal} = \frac{\text{volume}}{\text{Durasi normal}} = \frac{134,51}{120 \text{ jam}} = 1,12 \text{m/jam}$$

$$\textit{Crash Duration} = \frac{134,51}{(1,12 \times 8) + (2 \times 0,8 \times 1,12)}$$

$$= 13 \text{ hari}$$

$$\text{Selisih } \textit{Crashing} = 15 \text{ hari} - 13 \text{ hari}$$

$$= 2 \text{ hari}$$

4 *Finishing*

- Perhitungan yang bisa di *crash* pada pekerjaan *finishing* dengan penambahan 2 jam lembur :

$$\text{Volume} = 134,51 \text{ m}$$

$$\text{Durasi Normal} = 23 \text{ hari}$$

$$\text{Durasi Normal} = 23 \times 8$$

$$= 184 \text{ jam}$$

$$\text{Produktivitas jam normal} = \frac{\text{volume}}{\text{Durasi normal}} = \frac{134,51}{184 \text{ jam}} = 0,73 \text{m/jam}$$

$$\textit{Crash Duration} = \frac{134,51}{\text{---}}$$

$$\begin{aligned}
 & (0,73 \times 8) + (2 \times 0,8 \times 0,73) \\
 & = 19 \text{ hari} \\
 \text{Selisih Crashing} & = 23 \text{ hari} - 19 \text{ hari} \\
 & = 4 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

5 Pengecatan Dasar

- Perhitungan yang bisa di *crash* pada pekerjaan pengecatan dasar dengan penambahan 2 jam lembur :

$$\begin{aligned}
 \text{Volume} & = 134,51 \text{ m} \\
 \text{Durasi Normal} & = 23 \text{ hari} \\
 \text{Durasi Normal} & = 3 \times 8 \\
 & = 24 \text{ jam} \\
 \text{Produktivitas jam normal} & = \frac{\text{volume}}{\text{Durasi normal}} = \frac{134,51}{24 \text{ jam}} = 5,60\text{m/jam} \\
 \text{Crash Duration} & = \frac{134,51}{(5,60 \times 8) + (2 \times 0,8 \times 5,60)} \\
 & = 3 \text{ hari} \\
 \text{Selisih Crashing} & = 3 \text{ hari} - 3 \text{ hari} \\
 & = 0 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

6 Pengecatan Full

- Perhitungan yang bisa di *crash* pada pekerjaan pengecatan full dengan penambahan 2 jam lembur :

$$\begin{aligned}
 \text{Volume} & = 134,51 \text{ m} \\
 \text{Durasi Normal} & = 23 \text{ hari} \\
 \text{Durasi Normal} & = 6 \times 8 \\
 & = 48 \text{ jam} \\
 \text{Produktivitas jam normal} & = \frac{\text{volume}}{\text{Durasi normal}} = \frac{134,51}{48 \text{ jam}} = 2,80\text{m/jam} \\
 \text{Crash Duration} & = \frac{134,51}{(2,80 \times 8) + (2 \times 0,8 \times 2,80)} \\
 & = 5 \text{ hari} \\
 \text{Selisih Crashing} & = 6 \text{ hari} - 5 \text{ hari} \\
 & = 1 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Penambahan 3 jam lembur :

1 Pekerjaan Awal

- Perhitungan durasi yang bisa di *crash* pada pekerjaan awal dengan penambahan 3 jam lembur :

$$\begin{aligned}
 \text{Volume} & = 134,51 \text{ m} \\
 \text{Durasi Normal} & = 7 \text{ hari} \\
 \text{Durasi Normal} & = 7 \times 8 \\
 & = 56 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas jam normal} &= \frac{\text{volume}}{\text{Durasi normal}} = \frac{134,51}{56 \text{ jam}} = 2,40\text{m/jam} \\ \text{Crash Duration} &= \frac{134,51}{(2,40 \times 8) + (3 \times 0,7 \times 2,40)} \\ &= 6 \text{ hari} \\ \text{Selisih Crashing} &= 7 \text{ hari} - 6 \text{ hari} \\ &= 1 \text{ hari} \end{aligned}$$

2 Perancangan rangka bawah

- Perhitungan yang bisa di *crash* pada pekerjaan perancangan rangka bawah dengan penambahan 3 jam lembur :

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= 134,51 \text{ m} \\ \text{Durasi Normal} &= 3 \text{ hari} \\ \text{Durasi Normal} &= 3 \times 8 \\ &= 24 \text{ jam} \\ \text{Produktivitas jam normal} &= \frac{\text{volume}}{\text{Durasi normal}} = \frac{134,51}{24 \text{ jam}} = 5,60\text{m/jam} \\ \text{Crash Duration} &= \frac{134,51}{(5,60 \times 8) + (3 \times 0,7 \times 5,60)} \\ &= 2 \text{ hari} \\ \text{Selisih Crashing} &= 3 \text{ hari} - 2 \text{ hari} \\ &= 1 \text{ hari} \end{aligned}$$

3 Pemasangan Panel GRC bagian atas

- Perhitungan yang bisa di *crash* pada pekerjaan pemasangan Panel GRC bagian atas dengan penambahan 3 jam lembur :

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= 134,51 \text{ m} \\ \text{Durasi Normal} &= 15 \text{ hari} \\ \text{Durasi Normal} &= 15 \times 8 \\ &= 120 \text{ jam} \\ \text{Produktivitas jam normal} &= \frac{\text{volume}}{\text{Durasi normal}} = \frac{134,51}{120 \text{ jam}} = 1,12\text{m/jam} \\ \text{Crash Duration} &= \frac{134,51}{(1,12 \times 8) + (3 \times 0,7 \times 1,12)} \\ &= 12 \text{ hari} \\ \text{Selisih Crashing} &= 15 \text{ hari} - 12 \text{ hari} \\ &= 3 \text{ hari} \end{aligned}$$

4 finishing

- Perhitungan yang bisa di *crash* pada pekerjaan finishing dengan penambahan 3 jam lembur :

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= 134,51 \text{ m} \\ \text{Durasi Normal} &= 23 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Durasi Normal} &= 23 \times 8 \\
&= 184 \text{ jam} \\
\text{Produktivitas jam normal} &= \frac{\text{volume}}{\text{Durasi normal}} = \frac{134,51}{184 \text{ jam}} = 0,73 \text{m/jam} \\
\text{Crash Duration} &= \frac{134,51}{(0,73 \times 8) + (3 \times 0,7 \times 0,73)} \\
&= 19 \text{ hari} \\
\text{Selisih crashing} &= 23 \text{ hari} - 18 \text{ hari} \\
&= 5 \text{ hari}
\end{aligned}$$

5 Pengecatan Dasar

- Perhitungan yang bisa di *crash* pada pekerjaan pengecatan dasar dengan penambahan 3 jam lembur :

$$\begin{aligned}
\text{Volume} &= 134,51 \text{ m} \\
\text{Durasi Normal} &= 23 \text{ hari} \\
\text{Durasi Normal} &= 3 \times 8 \\
&= 24 \text{ jam} \\
\text{Produktivitas jam normal} &= \frac{\text{volume}}{\text{Durasi normal}} = \frac{134,51}{24 \text{ jam}} = 5,60 \text{m/jam} \\
\text{Crash Duration} &= \frac{134,51}{(5,60 \times 8) + (3 \times 0,7 \times 5,60)} \\
&= 2 \text{ hari} \\
\text{Selisih Crashing} &= 3 \text{ hari} - 2 \text{ hari} \\
&= 1 \text{ hari}
\end{aligned}$$

6 Pengecatan full

- Perhitungan yang bisa di *crash* pada pekerjaan pengecatan *full* dengan penambahan 3 jam lembur :

$$\begin{aligned}
\text{Volume} &= 134,51 \text{ m} \\
\text{Durasi Normal} &= 23 \text{ hari} \\
\text{Durasi Normal} &= 6 \times 8 \\
&= 48 \text{ jam} \\
\text{Produktivitas jam normal} &= \frac{\text{volume}}{\text{Durasi normal}} = \frac{134,51}{48 \text{ jam}} = 2,80 \text{m/jam} \\
\text{Crash Duration} &= \frac{134,51}{(2,80 \times 8) + (3 \times 0,7 \times 2,80)} \\
&= 5 \text{ hari} \\
\text{Selisih Crashing} &= 6 \text{ hari} - 5 \text{ hari} \\
&= 1 \text{ hari}
\end{aligned}$$

Berikut adalah tabel hasil perhitungan *crash duration* dengan penambahan waktu lembur dua jam dan tiga jam:

Tabel 4. 12 Hasil perhitungan durasi dipercepat dengan penambahan 2 jam lembur

No	Jenis Kegiatan	Durasi Normal (Hari)	Durasi Akibat <i>Crashing</i> (Hari)
1	Pekerjaan Awal	7	6
2	Perancangan Rangka Bawah	3	3
3	Perancangan Panel GRC Bagian Atas	15	13
4	<i>Finishing</i>	23	19
5	Pengecatan Dasar	3	3
6	Pengecatan <i>Full</i>	6	5
	Total	57	49

Tabel 4. 13 Hasil perhitungan durasi dipercepat dengan penambahan 3 jam lembur

No	Jenis Kegiatan	Durasi Normal (Hari)	Durasi Akibat <i>Crashing</i> (Hari)
1	Pekerjaan Awal	7	6
2	Perancangan Rangka Bawah	3	2
3	Perancangan Panel GRC Bagian Atas	15	12
4	<i>Finishing</i>	23	18
5	Pengecatan Dasar	3	2
6	Pengecatan <i>Full</i>	6	5
	Total	57	45

4.2.5 Perhitungan biaya *crashing*

Dengan adanya penambahan waktu kerja, maka biaya untuk tenaga kerja akan bertambah dari biaya normal tenaga kerja. Berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia nomor KEP.102/MEN/VI/2004 bahwa upah penambahan kerja bervariasi, untuk penambahan waktu kerja satu jam pertama, pekerja mendapatkan tambahan upah 1,5 kali upah per jam waktu normal, dan untuk penambahan upah berikutnya pekerja mendapatkan 2 kali upah per jam waktu normal.

Cara perhitungan upah kerja lembur sebagai berikut :

- a. Apabila kerja lembur dilakukan pada hari kerja :
 1. Untuk jam kerja lembur pertama harus dibayar upah sebesar 1,5 (satu setengah) kali upah sejam.
 2. Untuk setiap jam kerja lembur berikutnya harus dibayar upah sebesar 2 (dua) kali upah sejam.

Besar Upah untuk pekerja pada pekerjaan proyek pembangunan Menara masjid Assa'I adalah sebagai berikut:

$$\text{Upah pekerja per jam} = \text{Upah Pekerja Per hari} / 8 \text{ jam} = 16.250$$

Upah Pekerja Per hari dan Per jam

Jenis Pekerja	Upah Pekerja Per hari	Upah Pekerja Per jam
Pekerja	Rp. 130.000	Rp. 16.250

Setelah mengetahui jumlah upah pekerja per hari dan per jam dapat diketahui biaya lembur untuk 2 -3 jam dengan perhitungan sebagai berikut :

Perhitungan Biaya Lembur :

$$\text{Biaya per hari (normal cost)} = \text{Rp. 130.000}$$

$$\text{Biaya per jam} = \text{Rp. 16.250}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya lembur 2 jam} &= (\text{biaya normal pekerja per jam} \times 1,5) + (2 \times \\ &\text{biaya normal pekerja} \times 2) \\ &= (\text{Rp. 16.250} \times 1,5) + (1 \times \text{Rp. 16.250} \times 1,5 \times 2) \\ &= \text{Rp. 89.375} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya lembur 3 jam} &= (\text{biaya normal pekerja per jam} \times 1,5) + (2 \times \\ &\text{biaya normal pekerja per jam} \times 1,5 \times 2) \\ &= (\text{Rp. 16.250} \times 1,5) + (2 \times \text{Rp. 16.250} \times 1,5 \times 2) \\ &= \text{Rp. 121.875} \end{aligned}$$

Penambahan biaya langsung untuk menyelesaikan aktivitas pada kondisi *crashing* (pada kondisi waktu terpendek yang paling mungkin untuk menyelesaikan suatu aktivitas).

Berikut perhitungan biaya *crashing* pada penambahan 2 jam lembur :

1. Perhitungan biaya *Crashing* pada pekerjaan awal dengan penambahan waktu 2 jam lembur :

$$\begin{aligned} \text{Crash cost} &= \text{gaji tenaga kerja per jam} \times \text{banyak tenaga kerja} \\ &\times \text{jam lembur} \times \text{durasi crashing} \\ &= \text{Rp. 16.250} \times 7 \times 2 \times 6 \\ &= \text{Rp. 1.365.000} \end{aligned}$$

2. Perhitungan biaya *Crashing* pada pekerjaan pemasangan rangka bawah dengan penambahan waktu 2 jam :

$$\begin{aligned} \text{Crash cost} &= \text{gaji tenaga kerja per jam} \times \text{banyak tenaga kerja} \\ &\times \text{jam lembur} \times \text{durasi crashing} \\ &= \text{Rp. 16.250} \times 7 \times 2 \times 3 \\ &= \text{Rp. 682.500} \end{aligned}$$

3. Perhitungan biaya *Crashing* pada pekerjaan pemasangan panel GRC bagian atas dengan penambahan waktu 2 jam lembur :

$$\begin{aligned} \text{Crash cost} &= \text{gaji tenaga kerja per jam} \times \text{banyak tenaga kerja} \\ &\quad \times \text{jam lembur} \times \text{durasi } \textit{crashing} \\ &= \text{Rp.16.250} \times 7 \times 2 \times 13 \\ &= \text{Rp. 2.957.500} \end{aligned}$$

4. Perhitungan biaya *Crashing* pada pekerjaan *finishing* dengan penambahan waktu 2 jam lembur :

$$\begin{aligned} \text{Crash cost} &= \text{gaji tenaga kerja per jam} \times \text{banyak tenaga kerja} \\ &\quad \times \text{jam lembur} \times \text{durasi } \textit{crashing} \\ &= \text{Rp.16.250} \times 7 \times 2 \times 19 \\ &= \text{Rp. 4.322.500} \end{aligned}$$

5. Perhitungan biaya *Crashing* pada pekerjaan pengecatan dasar dengan penambahan waktu 2 jam lembur :

$$\begin{aligned} \text{Crash cost} &= \text{gaji tenaga kerja per jam} \times \text{banyak tenaga kerja} \\ &\quad \times \text{jam lembur} \times \text{durasi } \textit{crashing} \\ &= \text{Rp.16.250} \times 7 \times 2 \times 3 \\ &= \text{Rp. 682.500} \end{aligned}$$

6. Perhitungan biaya *Crashing* pada pekerjaan pengecatan *full* dengan penambahan waktu 2 jam lembur :

$$\begin{aligned} \text{Crash cost} &= \text{gaji tenaga kerja per jam} \times \text{banyak tenaga kerja} \\ &\quad \times \text{jam lembur} \times \text{durasi } \textit{crashing} \\ &= \text{Rp.16.250} \times 7 \times 2 \times 5 \\ &= \text{Rp. 1.137.500} \end{aligned}$$

Berikut perhitungan biaya *crashing* pada penambahan 3 jam lembur :

- 1 Penambahan waktu 3 jam lembur :

$$\begin{aligned} \text{Crash cost} &= \text{gaji tenaga kerja per jam} \times \text{banyak tenaga kerja} \\ &\quad \times \text{jam lembur} \times \text{durasi } \textit{crashing} \\ &= \text{Rp.16.250} \times 7 \times 3 \times 6 \\ &= \text{Rp. 2.047.500} \end{aligned}$$

- 2 Penambahan waktu 3 jam lembur

$$\begin{aligned} \text{Crash cost} &= \text{gaji tenaga kerja per jam} \times \text{banyak tenaga kerja} \\ &\quad \times \text{jam lembur} \times \text{durasi } \textit{crashing} \\ &= \text{Rp.16.250} \times 7 \times 3 \times 2 \\ &= \text{Rp. 682.500} \end{aligned}$$

- 3 Penambahan waktu 3 jam lembur :

$$\begin{aligned} \text{Crash cost} &= \text{gaji tenaga kerja per jam} \times \text{banyak tenaga kerja} \\ &\quad \times \text{jam lembur} \times \text{durasi } \textit{crashing} \\ &= \text{Rp.16.250} \times 7 \times 3 \times 12 \end{aligned}$$

$$= \text{Rp. } 4.095.000$$

4 Penambahan waktu 3 jam lembur :

$$\begin{aligned} \text{Crash cost} &= \text{gaji tenaga kerja per jam} \times \text{banyak tenaga kerja} \\ &\times \text{jam lembur} \times \text{durasi } \textit{crashing} \\ &= \text{Rp. } 16.250 \times 7 \times 3 \times 18 \\ &= \text{Rp. } 6.242.500 \end{aligned}$$

5 Penambahan waktu 3 jam lembur :

$$\begin{aligned} \text{Crash cost} &= \text{gaji tenaga kerja per jam} \times \text{banyak tenaga kerja} \\ &\times \text{jam lembur} \times \text{durasi } \textit{crashing} \\ &= \text{Rp. } 16.250 \times 7 \times 3 \times 2 \\ &= \text{Rp. } 682.500 \end{aligned}$$

6 Penambahan waktu 3 jam lembur :

$$\begin{aligned} \text{Crash cost} &= \text{gaji tenaga kerja per jam} \times \text{banyak tenaga kerja} \\ &\times \text{jam lembur} \times \text{durasi } \textit{crashing} \\ &= \text{Rp. } 16.250 \times 7 \times 3 \times 5 \\ &= \text{Rp. } 1.137.500 \end{aligned}$$

Berikut adalah tabel hasil perhitungan biaya *crashing* dengan penambahan waktu lembur dua jam dan tiga jam :

Tabel 4. 14 Hasil perhitungan biaya crashing dengan penambahan 2 jam lembur

No	Jenis Kegiatan	Biaya <i>Crashing</i> (Rp)
1	Pekerjaan Awal	1.365.000
2	Perancangan Rangka Bawah	682.500
3	Perancangan Panel GRC Bagian Atas	2.957.500
4	<i>Finishing</i>	4.322.500
5	Pengecatan Dasar	682.500
6	Pengecatan <i>Full</i>	1.137.500
Total		11.148.000

Tabel 4. 15 Hasil perhitungan biaya crashing dengan penambahan 3 jam lembur

No	Jenis Kegiatan	Biaya <i>Crashing</i> (Rp)
1	Pekerjaan Awal	2.047.500
2	Perancangan Rangka Bawah	682.500
3	Perancangan Panel GRC Bagian Atas	4.095.000
4	<i>Finishing</i>	6.242.500
5	Pengecatan Dasar	682.500
6	Pengecatan <i>Full</i>	1.137.500
Total		14.887.500

Dari hasil analisa perhitungan di atas maka akan dapat diperoleh nilai *cost slope* untuk masing - masing pekerjaan seperti berikut :

Cost Slope dengan penamabahan waktu 2 jam lembur:

$$\begin{aligned} \text{Cost Slope} &= \frac{\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost}}{\text{Normal Time} - \text{Crash Time}} \\ &= \frac{150.898.000 - 139.750.000}{57 - 49} \\ &= 1.393.500 \end{aligned}$$

Cost Slope dengan penambahan waktu 3 jam lembur:

$$\begin{aligned} \text{Cost Slope} &= \frac{\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost}}{\text{Normal Time} - \text{Crash Time}} \\ &= \frac{154.637.500 - 139.750.000}{57 - 45} \\ &= 1.240.625 \end{aligned}$$

Dari perhitungan *cost slope* di atas maka dapat dilihat pada tabel 4.13 dibawah

:

Tabel 4. 16 Cost Slope penambahan jam kerja

No.	Keterangan	Waktu Penyelesaian (Hari)	Jumlah Waktu Dipercepat (Hari)	Besar Biaya Proyek (Rp)	Biaya Tambahan (Rp)	<i>Cost Slope</i> (Rp)
1	Waktu normal	57	0	139.750.000	0	0
2	Penambahan 2 jam	49	8	150.898.000	11.148.000	1.393.500
3	Penambahan 3 jam	45	12	154.637.500	14.887.500	1.240.625

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pemaparan – pemaparan yang telah diuraikan peneliti yang menganalisa penjadwalan proyek pada pembangunan masjid dapat diambil kesimpulan, yaitu :

Untuk dapat mengetahui metode mana yang lebih efektif dalam penjadwalan proyek, maka diperlukan perbandingan antara penjadwalan proyek menurut kebijakan perusahaan dan penjadwalan proyek menurut perhitungan metode PERT dan CPM. Perbandingan tersebut dapat dilihat pada tabel 4.8, 4.11

Dari hasil perhitungan diatas digunakan 3 metode yang berbeda yaitu metode yang digunakan perusahaan, metode CPM dan metode PERT yang digunakan oleh peneliti. Pada metode PERT dapat dilihat lintasan kritis pada kegiatan A – B – C – E – H – I – J dan waktu pengerjaan selama 59 hari. Dengan metode CPM dapat dilihat lintasan kritis pada kegiatan A – C – E – H – I – J dan waktu pengerjaan selama 57 hari. Sedangkan dengan menggunakan metode perusahaan dapat diketahui waktu penyelesaian selama 79 hari. Dalam melakukan percepatan waktu kerja hanya kegiatan dalam lintasan kritis yang tidak memiliki waktu jeda. Maka metode CPM yang lebih valid dalam menghitung waktu percepatan. Dan hasil perhitungan dengan penambahan 2 jam kerja waktu penyelesaian dapat dipersingkat menjadi 49 hari dengan adanya penambahan biaya sebesar Rp 11.148.000. Sedangkan jika dengan penambahan waktu 3 jam kerja, waktu dapat dipersingkat menjadi 45 hari dengan penambahan biaya Rp 14.887.500.

5.2 Saran

Adapun hal – hal yang dapat disarankan dan menjadi masukan bagi perusahaan atas bahasan dalam hasil penelitian ini adalah :

CV. SAMUDRA KARYA GRC perlu mengkaji kembali metode dalam penerapan manajemen waktu dalam pembangunan masjid yang diterapkan selama ini masih belum optimal. Perusahaan sebaiknya menentukan jalur kritis dalam penerapan manajemen waktu untuk mengantisipasi kemungkinan terjadinya jeda waktu yang lebih besar dari perkiraan waktu penyelesaian pembangunan masjid.

Dengan menggunakan metode CPM akan mempermudah CV. Samudra Karya GRC dalam menentukan jalur kritis yang dapat membantu perusahaan mengantisipasi terjadinya jeda waktu yang lebih besar dari perkiraan perusahaan dalam pembangunan masjid. Dengan metode *crash duration* dan *cost duration* dalam kebijakan perusahaan akan membantu mempercepat waktu pengerjaan menara masjid, meskipun biaya yang diperlukan menjadi bertambah besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Anastasia, Florensia Mela. (2016). *Analisis Time Cost Trade Off Untuk Mengejar Keterlambatan Pelaksanaan Proyek Hotel Zodiak Lampung*.
- Andi, M. 2015. *Analisis Optimasi Biaya dan Waktu dengan Metode TCTO (Time Cost Trade Off) pada proyek pembangunan Pasar Peting Serang Banten*. Banten. Jurusan Teknik Sipil Universitas Sultan Agung Tirtayasa.
- Assauri, S. (2016). *Manajemen Operasi Produksi, Pencapaian Sasaran Organisasi Berkesinambungan*. Edisi ke tiga, Jakarta : Penerbit PT. Raja Grafindo Persada.
- Dannyanti, E. (2010). *Optimalisasi Pelaksanaan Proyek dngan metode PERT dan CPM (Studi Kasus Twin Tower Building Pascasarjana Undip)*. Skripsi. Universitas Diponegoro.
- Dimiyati, H., et al. (2014). *Manajemen Proyek*, Bandung.
- Eigar, L. (2018). *Analisis Percepatan Waktu Menggunakan Metode CPM dan PERT Pada Proyek Pembangunan Dermaga Pelabuhan Tanjung Priok*. Fakultas Teknologi Kelautan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Ekanugraha, A. (2016). *Evaluasi Pelaksanaan Proyek dengan Metode CPM dan PERT (studi kasus pembangunan terminal Binuang Baru Kec. Binuang)*
- Ervianto, W. (2015). *Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta : Penerbit Andi.
- Fahmi, I. (2012). *Manajemen Produksi Dan Operasi*, Bandung : Penerbit Alfabeta.
- Handoko, H. (2011). *Dasar-Dasar Manajemen Produksi Dan Operasi*. Edisi ke satu, Yogyakarta : Penerbit : BPFY-Yogyakarta.
- Heizer, J., et al. (2015). *Operations Management*. Edisi ke Sembilan, Jakarta : Penerbit Salemba Empat.
- Imay, Z. (2018). *Percepatan Pelaksanaan Pekerjaan Proyek Jalan Serua Raya Depok Dengan Metode Time Cost Trade Off*. Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Sipil.
- Malik, A. (2010). *Pengantar Bisnis Jasa Pelaksana Konstruksi*, Yogyakarta : Penerbit Andi.
- Muhammad, Fikri. L (2015). *Optimalisasi Penjadwalan Proyek Jembatan Girder Guna Mencapai Efektivitas Penyelesaian Dengan Metode PERT dan CPM*

Pada PT Buana Masa Metalindo. JIMFE (Jurnal Ilmiah Manajemen Fakultas Ekonomi) Volume 1 No. 1.

Rusdiana, A (2014), *Manajemen Operasi*. Bandung : Penerbit Pustaka Setia.

Siti, N. (2019). *Antisipasi Keterlambatan Waktu Penyelesaian Proyek Dengan Menggunakan Metode What If Analysis dan Crash Program*. Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Stevenson, W (2018). *Operations Management*. Thirteenth Edition. New York : McGraw – Hill Education.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Riski Nurhidayat
Alamat : Kp. Padurenan Rt 003 Rw 007 Kelurahan Pabuaran
Mekar Kecamatan Cibinong Kab. Bogor

Tempat dan tanggal lahir : Jakarta, 29 Juni 1997

Umur : 24 Tahun

Agama : Islam

Pendidikan

- SD : SDN Padurenan Jaya
- SMP : SMPN 2 Cibinong
- SMK : SMK Mekanik Cibinong
- Perguruan Tinggi : Universitas Pakuan Bogor

Bogor, 15 Maret 2022
Peneliti,

Riski Nurhidayat