

**ANALISIS PENJADWALAN PROYEK MENGGUNAKAN
METODE *PRECEDENCE DIAGRAM METHOD* (PDM) DAN
*CRASHING***

**(Studi Kasus Pembangunan Madrasah Baiturrahman
Desa Kabunan Kecamatan Dukuhwaru Kabupaten Tegal)**

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna Memperoleh
Gelar Sarjana Sains dalam Ilmu Matematika



Diajukan Oleh :

MOH. FAIZAL AMRI

NIM : 1808046022

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG
2024**

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Moh. Faizal Amri

NIM : 1808046022

Jurusan : Matematika

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul:

**Analisis Penjadwalan Proyek Menggunakan Metode Precedence
Diagram Method (PDM) dan Crashing (Studi Kasus Pembangunan
Madrasah Baiturrahman Desa Kabunan Kecamatan Dukuhwaru
Kabupaten Tegal)**

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian/karya saya sendiri, kecuali bagian tertentu yang dirujuk sumbernya.

Semarang, 03 April 2024

Pembuat Pernyataan,



Moh. Faizal Amri

188046022

LEMBAR PENGESAHAN



KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Prof. Dr. Hamka Ngalyan, Semarang 50185
Telp. 024-7601295, Fax. 024-7615387

PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini :

Judul : Analisis Penjadwalan Proyek menggunakan Metode *Precedence Diagram Method (PDM)* dan *Crashing* (Studi kasus pembangunan Madrasah Baiturrahman Desa Kabunan Kecamatan Dukuhwaru Kabupaten Tegal)

Penulis : Moh. Faizal Amri

NIM : 1808046022

Jurusan : Matematika

Telah diujikan dalam sidang tugas akhir oleh Dewan Penguji Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo dan dapat diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana dalam Ilmu Matematika.

Semarang, 03 April 2024

DEWAN PENGUJI

Ketua Sidang,

Yolanda Norasia, M. Si
NIP. 199409232019032011

Sekretaris Sidang,

Zulaikha, M. Si
NIP. 199204092019032027

Penguji Utama I,

Seftina Diyah Miasary, M. Sc
NIP. 198709212019032010

Penguji Utama II,

Aini Fitriyah, M. Sc
NIP. 198909292019032021

Pembimbing I,

Siti Maslihah, M. Si
NIP. 197706112011012004

Pembimbing II,

Zulaikha, M. Si
NIP. 199204092019032027



NOTA DINAS

Yth. Ketua Program Studi Matematika
Fakultas Sains Dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang

Assalamu'alaikum wr.wb

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan :

Judul : ANALISIS PENJADWALAN PROYEK
MENGUNAKAN METODE *PRECEDENCE DIAGRAM
METHOD* (PDM) DAN *CRASHING* (Studi Kasus
Pembangunan Madrasah Baiturrahman Desa
Kabunan Kecamatan Dukuhwaru Kabupaten Tegal)

Nama : Moh. Faizal Amri
NIM : 1808046022
Program Studi : Matematika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada fakultas sains dan teknologi UIN walisongo untuk diujikan dalam sidang munaqosyah.

Wassalamu'alaikum wr.wb

Pembimbing I



Siti Maslihah, M. Si.

NIP. 197706112011012004

NOTA DINAS

Yth. Ketua Program Studi Matematika
Fakultas Sains Dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang

Assalamu'alaikum wr.wb

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan :

Judul : ANALISIS PENJADWALAN PROYEK
MENGUNAKAN METODE *PRECEDENCE DIAGRAM
METHOD* (PDM) DAN *CRASHING* (Studi Kasus
Pembangunan Madrasah Baiturrahman Desa
Kabunan Kecamatan Dukuhwaru Kabupaten Tegal)

Nama : Moh. Faizal Amri

NIM : 1808046022

Program Studi : Matematika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada fakultas sains dan teknologi UIN walisongo untuk diujikan dalam sidang munaqosyah.

Wassalamu'alaikum wr.wb

Pembimbing II



Zulaikha, M. Si.

NIP. 199204092019032027

ABSTRAK

Judul : **ANALISIS PENJADWALAN PROYEK MENGGUNAKAN METODE *PRECEDENCE DIAGRAM METHOD* (PDM) DAN *CRASHING* (Studi Kasus Pembangunan Madrasah Baiturrahman Desa Kabunan Kecamatan Dukuhwaru Kabupaten Tegal)**

Penulis : **Moh. Faizal Amri**

NIM : **1808046022**

Penjadwalan dalam suatu proyek merupakan salah satu metode yang digunakan untuk memaparkan rencana aktivitas secara logis dan berurutan sehingga dapat lebih mudah dipahami dan dikoordinasikan. Tujuan dari penjadwalan adalah untuk menentukan waktu yang dibutuhkan dan urutan kegiatan serta menentukan waktu penyelesaian proyek. Penelitian ini menggunakan data sekunder dari pihak pelaksana pembangunan Madrasah Baiturrahman Desa Kabunan Kecamatan Dukuhwaru Kabupaten Tegal. Data yang digunakan adalah data aktivitas proyek pembangunan yang dilaksanakan pada bulan juni 2022. Teknik penjadwalan yang dilakukan menggunakan metode PDM untuk menemukan durasi yang optimal dan metode *crashing* dengan penambahan tenaga kerja setelah terjadi keterlambatan penyelesaian proyek untuk meminimumkan biaya yang dikeluarkan. Proyek di lapangan selesai dengan durasi 128 hari dengan target penyelesaian selama 121 hari. Hasil dari penelitian menggunakan metode PDM menemukan lintasan kritis pada aktivitas A,B,C,D,F,G,I,J,K,M,N dengan durasi penyelesaian proyek selama 115 hari. Artinya metode PDM lebih optimal dibandingkan dengan target penyelesaian proyek. Pada pembangunan Madrasah Baiturrahman Desa Kabunan Kecamatan Dukuhwaru Kabupaten Tegal yang mengalami keterlambatan dapat dipercepat menggunakan metode

crashing dengan efisiensi durasi percepatan selama 28 hari dengan total biaya sebesar Rp. 713.199.078,-.

Kata Kunci : Penjadwalan, PDM, Crashing

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kepada Allah SWT, atas limpahan rahmat serta ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Analisis Penjadwalan Proyek Menggunakan Metode *Precedence Diagram Method* (PDM) dan *Crashing* (Studi kasus Pembangunan Madrasah Baiturrahman Desa Kabunan Kecamatan Dukuhwaru Kabupaten Tegal)”. Sholawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Agung Muhammad SAW yang telah menuntun umatnya dari zaman jahiliyah menuju zaman yang terang benderang dengan banyaknya ilmu pengetahuan seperti sekarang ini.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa penulis tidak dapat menyelesaikan skripsi ini tanpa adanya bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua saya: Bapak Dasmin dan Ibu Daisah, kakak saya: M. Mushofi, M. Mukhtamar, Rizki Indrayani, M. Honi Aziz, serta adik saya Linda Yuniati, yang telah mendoakan serta memberikan motivasi untuk dapat menyelesaikan skripsi.

2. Dr. H. Ismail, M.Ag. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
3. Emy Siswanah, M.Sc. selaku ketua jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
4. Ahmad Aunur Rohman, M.Pd. selaku sekretaris jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang, dan selaku wali dosen yang selalu membimbing selama perkuliahan.
5. Siti Maslihah, M.Si. dan Zulaikha, M.Si., selaku pembimbing yang senantiasa memberikan arahan, motivasi, serta masukan dalam proses penyusunan skripsi.
6. Seluruh dosen program studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang atas segala ilmu yang diberikan.
7. Romdoni, S.E., selaku pihak penyelenggara pembangunan proyek yang mempermudah saya untuk pengambilan data proyek.
8. Eva Nur Kholifah, Amd.Farm., yang selalu memberikan semangat untuk menyelesaikan skripsi.
9. Mas Irfan yang selalu mendukung dan memberikan fasilitas untuk menyelesaikan skripsi.

10. M. Aqil Qolby selaku teman seperjuangan yang selalu mendukung dan memberikan sarana sebagai tempat beristirahat penulis ketika melaksanakan bimbingan.
11. Teman-teman terdekat saya yang tidak bisa disebut seluruhnya yang selalu memberikan dukungan.
12. Teman-teman kelas Matematika angkatan 2018 dan semua pihak yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini atas segala dukungan dan semangatnya.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua untuk kemajuan ilmu pengetahuan. Aamiin

Tegal, Januari 2024

Penulis

Moh. Faizal Amri

NIM. 1808046022

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
NOTA DINAS.....	iv
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah.....	7
C. Rumusan Masalah.....	7
D. Batasan Masalah	8
E. Tujuan.....	8
F. Manfaat Penelitian	8
BAB II.....	10
LANDASAN TEORI	10
A. Kajian Teori.....	10
1. Manajemen Proyek	10
2. Penjadwalan Proyek.....	11
3. <i>Network Planning</i>	11
4. Metode Penjadwalan Proyek	13

5. Metode PDM	14
6. Metode <i>Crashing</i>	25
B. <i>Microsoft Project 2007</i>	40
C. Kajian Penelitian Terdahulu	44
D. Rancangan Penelitian	50
BAB III.....	54
METODOLOGI PENELITIAN	54
A. Jenis Penelitian.....	54
B. Waktu dan Tempat Penelitian	54
C. Metode Pengumpulan Data	54
D. Teknik Analisis Data	55
BAB IV	58
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	58
A. Data Proyek	58
B. Analisis Metode PDM (<i>Precedence Diagram Method</i>) .	60
C. Analisis <i>Crashing</i> (Percepatan Durasi).....	72
D. Penentuan Durasi dengan <i>Microsoft Project 2007</i>	101
E. Pembahasan	110
BAB V	112
KESIMPULAN DAN SARAN.....	112
A. Kesimpulan.....	112
B. Implikasi	113
C. Saran	113
DAFTAR PUSTAKA.....	115

LAMPIRAN.....	118
RIWAYAT HIDUP	124

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Hubungan antar kegiatan.....	19
Tabel 2. 2 Perhitungan maju ES dan EF.....	20
Tabel 2. 3 Perhitungan mundur LS dan LF	21
Tabel 2. 4 Hubungan kegiatan Kritis	23
Tabel 2. 5 Penambahan jumlah pekerja	36
Tabel 4. 1 Data Kegiatan dan Durasi	59
Tabel 4. 2 Hubungan keterkaitan kegiatan	61
Tabel 4. 3 Perhitungan maju	65
Tabel 4. 4 Perhitungan mundur.....	67
Tabel 4. 5 Identifikasi jalur kritis.....	70
Tabel 4. 6 Kegiatan jalur Kritis	71
Tabel 4. 7 Penambahan tenaga kerja.....	73
Tabel 4. 8 Kegiatan, Volume, dan Durasi.....	74
Tabel 4. 9 Perhitungan produktifitas dan <i>Crash Duration</i>	79
Tabel 4. 10 Normal <i>Cost</i> , Total Tambahan Upah, <i>Crash Duration</i> , Total Tambahan Upah <i>Crash</i> , <i>Crash Cost</i>	81
Tabel 4. 11 Nilai <i>Cost Slope</i>	84
Tabel 4. 12 Rekapitulasi <i>cost slope</i> dengan tambahan tenaga kerja	86
Tabel 4. 13 Rekapitulasi <i>cost slope</i> setelah menemukan lintasan kritis baru	88
Tabel 4. 14 Total Biaya Setelah <i>Crashing</i>	96
Tabel 4. 15 Perbandingan Total Biaya	100

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Lambang kegiatan	15
Gambar 2. 2 Jaringan dengan metode PDM	24
Gambar 2.3 Lembar kerja <i>Microsoft Project</i>	42
Gambar 2. 4 Menu <i>Project</i>	43
Gambar 2. 5 <i>Task Name, Duration, Predecessor</i>	43
Gambar 2. 6 Kalender Kerja	44
Gambar 2. 7 Rancangan Penelitian.....	50
Gambar 4. 1 Jaringan kerja PDM.....	69
Gambar 4. 2 Tampilan <i>Windows</i>	102
Gambar 4. 3 Aktivitas, Durasi Proyek dan Ketergantungan Aktivitas	103
Gambar 4. 4 <i>Project Information</i>	104
Gambar 4. 5 Durasi Penyelesaian Proyek	105
Gambar 4. 6 Tampilan <i>Critical Microsoft Project</i>	106
Gambar 4. 7 Kegiatan yang berada pada Jalur Kritis	107
Gambar 4. 8 <i>Network Diagram</i>	109

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Jasa konstruksi di Indonesia saat ini telah berkembang sangat pesat yang ditandai dengan banyaknya pembangunan-pembangunan proyek. Sebuah perusahaan jasa konstruksi untuk dapat bersaing harus memiliki keunggulan kompetitif. Dalam jasa konstruksi, keunggulan yang paling penting yaitu ketepatan dalam menyelesaikan proyek yang diminta oleh pelanggan (Siti, 2020).

Proyek konstruksi adalah serangkaian tindakan yang biasanya diselesaikan dalam waktu singkat dan hanya dilakukan satu kali. Suatu metode digunakan dalam rangkaian kegiatan konstruksi untuk mengelola sumber daya proyek ke dalam bangunan jadi. Banyak pihak yang terlibat dalam rangkaian operasi ini, baik secara langsung maupun tidak langsung. Ada dua jenis hubungan yang terjalin antara orang-orang yang terlibat dalam suatu proyek: hubungan kerja dan hubungan fungsional. Dapat dikatakan bahwa terdapat banyak konflik dalam proyek konstruksi karena banyaknya pihak yang terlibat. (Ervianto, 2005)

Menurut Siang (2011), setiap pekerjaan dengan awal dan akhir, terdiri dari beberapa tugas yang harus diselesaikan dalam urutan tertentu, dianggap sebagai proyek. Apalagi berdasarkan Triyuliana (2008), sebuah proyek adalah suatu upaya, yang dibatasi oleh waktu dan sumber daya, untuk mencapai tujuan tertentu. Sementara itu, Ervianto (2005) mengklaim, Tiga kualitas proyek dapat diidentifikasi: unik, intensif sumber daya, dan menuntut secara organisasi. Proyek unik terdiri dari rangkaian peristiwa yang tidak persis sama, bersifat sementara, dan selalu melibatkan banyak kelompok. Untuk menyelesaikan pekerjaan konstruksi apa pun, diperlukan sumber daya seperti tenaga kerja, peralatan, persediaan, dan teknik. Proyek membutuhkan organisasi yang dapat menyatukan visi menjadi satu tujuan yang telah ditetapkan.

Suatu pengerjaan proyek agar berjalan dengan lancar dibutuhkan manajemen untuk mengelola penjadwalan proyek. Analisis jaringan adalah salah satu bidang matematika terapan. Analisis jaringan kerja adalah jenis analisis yang dapat memberikan informasi dan gambaran umum yang dibutuhkan manajer proyek atau kontraktor untuk mengatur dan mengelola pekerjaan mereka. Dalam mengaplikasikan

analisis jaringan dibutuhkan suatu rangkaian kegiatan, waktu kegiatan dan rancangan biaya yang akan dikeluarkan, agar perencanaan dan pengendalian proyek dapat dilakukan dengan baik, sehingga pengerjaan proyek lebih terarah dan optimal (Ervianto, 2005).

Penyelesaian proyek yang tepat waktu, sesuai kesepakatan antara klien dan kontraktor, merupakan komponen penting dalam menentukan keberhasilan atau kegagalan proyek dan menjaga kredibilitas kontraktor. Penyelesaian proyek yang tidak akurat akan berdampak negatif pada jadwal operasi lainnya, yang akan memakan banyak biaya dan waktu bagi kedua belah pihak (Fajar & Mulyono, 2021).

Waktu penyelesaian proyek dapat diperkirakan dengan suatu jalur untuk menyelesaikan rangkaian tugas terpanjang, jalur ini dikenal sebagai jalur kritis (*critical path*) karena keterlambatan dalam setiap operasi di dalamnya akan berdampak pada berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek (Siswanto, 2007). Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mencari jalur kritis adalah metode PDM.

Menurut Laksito (2005), teknik PDM yang dikenal dengan *Precedence Diagram Methode* adalah teknik penjadwalan proyek di mana seluruh aktivitas dan kejadian direpresentasikan sebagai *node* (simpul) persegi panjang dengan panah yang menunjukkan hubungan antara berbagai aktivitas tersebut. Keuntungan dari teknik PDM adalah menghilangkan kebutuhan akan aktivitas palsu atau *dummy*, membuat pembuatan jaringan lebih mudah, dan memungkinkan pembuatan banyak tautan yang tumpang tindih (*overlapping*) tanpa menambah aktivitas lagi (Ervianto, 2005)

Pengoptimalan biaya yang digunakan agar tidak mendapatkan kerugian diperlukan penekanan biaya seminimum mungkin. Dengan tetap memperhatikan proses serta hasil kinerja. Metode yang dapat digunakan untuk meminimalisir biaya dan durasi kerja adalah metode *Crashing*. Metode *Crashing* merupakan metode yang digunakan untuk mereduksi waktu penyelesaian kegiatan dengan bantuan jaringan kerja. Tujuan dilakukan metode *Crashing* adalah untuk mempercepat waktu penyelesaian proyek yang mengalami keterlambatan. Pendekatan ini mengontraskan sumber daya, biaya, dan waktu

sebelum dan sesudah *crashing* (Khoiroh, 2018). Pengurangan durasi dengan *crashing* mengakibatkan bertambahnya pengeluaran biaya operasional. Hal ini terjadi karena banyaknya kegiatan yang terselesaikan dapat mengurangi waktu penyelesaian, sehingga berakibat menambahkan biaya pada kegiatan yang dipercepat. Apabila biaya percepatan lebih rendah dibandingkan dengan biaya operasional yang dikeluarkan akibat keterlambatan maka proses tersebut merupakan solusi untuk meminimalkan pengeluaran (Priyo, 2017).

Proyek yang mengalami keterlambatan akan menambah biaya operasional pada proyek. Untuk itu, perlu adanya evaluasi untuk memperhitungkan biaya yang dikeluarkan. Pada pembangunan Madrasah Baiturrahman, proyek yang ditargetkan selesai selama 121 hari mengalami keterlambatan karena beberapa hal dan proyek tersebut selesai dengan durasi 128 hari. Hal ini dapat dijadikan bahan evaluasi serta pertimbangan untuk memperhitungkan durasi dan biaya pada pembangunan proyek selanjutnya.

Madrasah Baiturrahman merupakan sarana pembelajaran dan bentuk syiar untuk menciptakan pendidikan yang ekselen dan elegan sebagai upaya

merealisir fungsi persekolahan secara utuh dan komprehensif. Madrasah Baiturrahman bertempat di Desa kabunan Rt 02 / Rw 03 Kecamatan Dukuhwaru Kabupaten Tegal. Pembangunan gedung madrasah ini, dibangun dengan luas 33 m x 8 m, yang dibagi menjadi 6 ruangan. Dalam pembangunan ini tentunya kontraktor berkeinginan untuk memperoleh hasil yang optimal pada waktu penyelesaian dan biaya. Dengan menggunakan metode PDM dan *Crashing*, durasi kerja serta pengeluaran biaya dapat diminimalisir. Sehingga pihak kontraktor dalam proses pembangunan gedung madrasah dapat lebih menghemat biaya dan tenaga kerja.

Penelitian Elfira Safitri et al (2019) sebelumnya menunjukkan bahwa perhitungan PDM (*Precedence Diagram Method*) lebih unggul dibandingkan perhitungan awal perusahaan dan CPM (*Critical Path Method*). Saat menggunakan pendekatan PDM dan bukan metode CPM, aktivitas tumpang tindih yang diizinkan oleh aturan jaringan dapat mengakibatkan hari kerja proyek lebih sedikit. Selain itu, penelitian terdahulu oleh lulitasari Putri Anenda (2020) yang menyatakan bahwa beberapa masalah yang dihadapi pelaksana proyek dapat diantisipasi dengan

menggunakan beberapa alternatif metode *crashing* untuk mempersingkat waktu penyelesaian proyek yang mengalami keterlambatan.

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, penulis tertarik untuk meneliti dengan judul “**Analisis Penjadwalan Proyek Menggunakan Metode PDM dan *Crashing* (Studi Kasus Pembangunan Madrasah Baiturrahman Desa Kabunan Kecamatan Dukuhwaru Kabupaten Tegal)**”.

B. Identifikasi Masalah

Permasalahan berikut ini terlihat dari berbagai uraian latar belakang yang dikemukakan:

1. Untuk mengetahui lintasan kritis pada pembangunan proyek dengan menggunakan metode PDM.
2. Untuk mengoptimalkan biaya pada proyek yang mengalami keterlambatan dengan menggunakan *crashing*.

C. Rumusan Masalah

1. Bagaimana lintasan kritis serta durasi kerja yang optimal dengan menggunakan metode PDM pada pembangunan Madrasah Baiturrahman ?

2. Bagaimana perbandingan total biaya normal dengan total biaya *crashing* menggunakan alternatif penambahan tenaga kerja ?

D. Batasan Masalah

Penjadwalan proyek yang akan diteliti dalam skripsi ini adalah tentang perbandingan Metode PDM terhadap target durasi dan penyelesaian proyek secara riil di lapangan pada pembangunan Madrasah Baiturrahman Desa kabunan Kecamatan Dukuhwaru Kabupaten Tegaldan mempercepat durasi kerja menggunakan *crashing*.

E. Tujuan

1. Untuk mengetahui lintasan kritis serta menghasilkan durasi kerja yang optimal dalam pembangunan proyek menggunakan metode PDM.
2. Untuk mengetahui perbandingan total biaya normal dengan total biaya *crashing* menggunakan alternatif penambahan tenaga kerja pada pembangunan Madrasah Baiturrahman.

F. Manfaat Penelitian

1. Bagi Penulis

Untuk menambah pengetahuan serta wawasan bagi penulis tentang penerapan ilmu matematika

khususnya pada matematika terapan pada dunia bisnis maupun dunia kerja lainnya.

2. Bagi Pembaca

Untuk menambah wawasan dan informasi mengenai ilmu riset operasi tentang analisis jaringan kerja untuk memaksimalkan keuntungan pada dunia bisnis.

3. Bagi Pihak Terkait

Penerapan metode jalur kritis ini dapat digunakan sebagai sumber referensi untuk pihak terkait dalam penjadwalan proyek agar dapat memperkirakan waktu penyelesaian dan anggaran biaya pada proyek selanjutnya.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Kajian Teori

1. Manajemen Proyek

Manajemen proyek mencakup semua aspek perencanaan, pelaksanaan, pengawasan, dan koordinasi proyek dari awal hingga selesai untuk menjamin pelaksanaan proyek yang tepat waktu, hemat biaya, dan berkualitas tinggi (Ervianto, 2005). Dalam manajemen proyek, fase-fase berikut perlu dipertimbangkan:

- a. Tahapan persiapan konstruksi.
- b. Tahapan yang terlibat dalam persiapan bangunan.
- c. Fase yang terlibat dalam implementasi kontrak dan penawaran.
- d. Tahap pelaksanaan pembangunan fisik (konstruksi).
- e. Tahap uji coba proyek sebelum penyerahan (*assessment*).

Manajemen proyek dapat diartikan sebagai proses perencanaan tujuan proyek, yaitu dengan:

- a. Dalam waktu yang ditentukan.
- b. Dengan biaya yang direncanakan.

- c. Pada tingkat teknologi yang disukai.
- d. Melalui penggunaan sumber daya yang ekonomis dan efektif.

2. Penjadwalan Proyek

Penjadwalan adalah kegiatan untuk menentukan waktu yang dibutuhkan dan urutan kegiatan serta menentukan durasi penyelesaian proyek (Erviyanto, 2005). Menurut Husen (2010) penjadwalan atau *schedulling* adalah pengalokasian waktu yang tersedia untuk melaksanakan masing-masing pekerjaan dalam rangka menyelesaikan suatu proyek hingga tercapai hasil optimal dengan mempertimbangkan keterbatasan-keterbatasan yang ada. Penjadwalan bertujuan meminimalkan waktu proses dan biaya yang digunakan. Penjadwalan biasanya disusun dengan mempertimbangkan berbagai keterbatasan yang ada sehingga akan memberikan dampak positif yaitu rendahnya biaya operasi dan waktu penyelesaian proyek, yang pada akhirnya dapat meningkatkan probabilitas tercapainya target penjadwalan.

3. Network Planning

Jaringan merupakan suatu sistem yang menghubungkan titik satu dengan titik lainnya

menggunakan garis sebagai penghubung. Jaringan dapat direpresentasikan sebagai jaringan proyek, yang merupakan grafik berarah. Awal dan akhir suatu peristiwa dilambangkan dengan sebuah titik. Garis grafik berarah menunjukkan tugas yang harus diselesaikan, dan tabel garis menunjukkan berapa lama waktu yang dibutuhkan (Siang, 2011).

Sebuah sistem yang disebut perencanaan jaringan, atau disingkat jaringan kerja (*network planning*), digunakan untuk mengatur, menjadwalkan, dan memantau tugas-tugas terkait konstruksi. Beberapa sistem kendali, seperti aktivitas tunggal, aktivitas gabungan, aktivitas paralel, dan jalur penting, diperlukan untuk melakukan analisis jaringan. Jaringan kerja merupakan penjelasan setiap kegiatan pekerjaan dalam suatu rangkaian sehingga setiap pekerja proyek dapat lebih mudah memahaminya (Husein, 2018).

Perencanaan adalah proses mencari tahu bagaimana suatu kegiatan akan diselesaikan dengan menggunakan berbagai teknologi dan teknik bangunan sejalan dengan tujuan yang telah ditentukan. Tujuan dari penjadwalan adalah untuk

mengatur tugas secara logis dan berurutan, membuatnya lebih mudah untuk dipahami dan dikelola. Memantau rentang operasi proyek dan mengawasi kualitas untuk menjamin terpenuhinya kriteria spesifikasi yang telah ditentukan adalah dua aspek pengendalian (Dipohusodo, 1996).

Pada hakikatnya jaringan kerja adalah hubungan antar tugas yang digambarkan dalam diagram kerja. Pelaksana proyek dapat menentukan tugas mana yang harus diselesaikan terlebih dahulu, mana yang dapat menunggu, dan mana yang dapat menggunakan peralatan untuk tugas lain dengan menyiapkan jaringan kerja ini. Ini dapat berfungsi sebagai peta jalan untuk menyelesaikan tugas-tugas tambahan (Nurwahidin, 2016).

4. Metode Penjadwalan Proyek

Manajemen waktu dan sumber daya proyek dapat dicapai melalui berbagai teknik penjadwalan. Metode perencanaan, metode peta prioritas (PDM), dan *S-curve* merupakan contoh teknik penjadwalan proyek. PDM dapat digunakan karena hanya menggunakan satu angka perkiraan dan menciptakan jaringan kerja yang lebih mudah dipahami dengan menghilangkan aktivitas fiktif

dan memungkinkan terciptanya hubungan tumpang tindih tanpa menambah aktivitas. Setiap pendekatan memiliki kelebihan dan kekurangan yang bervariasi tergantung pada kebutuhan penjadwalan kinerja dan hasil yang diinginkan. Penting juga untuk memahami faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja proyek, yang meliputi ketersediaan material dan peralatan, keselamatan kerja, dan kualitas. (Safitri, Basriati, & Hanum, 2019).

5. Metode PDM

Jaringan kerja yang dikenal dengan *Metode Diagram Precedence* (PDM) biasanya berbentuk persegi panjang. Aktivitas yang saling berhubungan digambarkan dengan tanda panah, yang menghilangkan kebutuhan akan aktivitas imajiner atau *dummy*. Dengan PDM, tugas baru dapat dimulai tanpa harus menunggu tugas sebelumnya selesai sepenuhnya. Overlay dapat digunakan untuk mencapai hal ini. *Activity On Node* (AON) adalah alur kompilasi yang biasanya digunakan PDM. Aktivitas dicantumkan dalam node, yang sering kali berbentuk persegi panjang, dan panah menunjukkan bagaimana berbagai

aktivitas berhubungan satu sama lain (Safitri, Basriati, & Hanum, 2019). Kegiatan PDM ditandai dengan simbol yang mudah dikenali, seperti terlihat pada Gambar 2.1 di bawah ini:

Gambar 2. 1 Lambang kegiatan

ES	Jenis Kegiatan	EF
LS		LF
No. Kegiatan		Durasi

Node aktivitas PDM menggunakan notasi berikut:

- 1) Jenis kegiatan merupakan rincian pekerjaan yang akan dilakukan pada proyek.
- 2) No kegiatan yaitu nomor urutan kegiatan yang akan dilakukan.
- 3) Durasi (D) adalah jumlah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan tugas.
- 4) Waktu paling awal suatu aktivitas dapat dimulai ditunjukkan dengan *Early Start* (ES).
- 5) *Earliest Finish* (EF) menunjukkan seberapa cepat suatu aktivitas dapat diselesaikan.
- 6) Saat terakhir aktivitas dimulai ditandai dengan *Latest Start* (LS).

- 7) Waktu terakhir untuk menyelesaikan tugas ditunjukkan dengan *Lates Finish* (LF).

Hubungan antar kegiatan dalam metode ini ditunjukkan oleh sebuah garis penghubung, yang dapat dimulai dari kegiatan kiri ke kanan atau dari kegiatan atas ke bawah. Namun, tidak pernah dijumpai akhir dari garis penghubung ini di kiri sebuah kegiatan. Jika kegiatan awal terdiri dari sejumlah kegiatan dan diakhiri oleh sejumlah kegiatan pula maka dapat ditambahkan kegiatan awal dan kegiatan akhir yang keduanya merupakan kegiatan fiktif/dummy, misalnya untuk kegiatan awal ditambahkan START dan kegiatan akhir ditambahkan FINISH (Ervianto, 2005).

Untuk setiap kegiatan, pendekatan PDM menggunakan satu angka perkiraan. Dibandingkan dengan CPM dan PERT, PDM menciptakan jaringan kerja yang lebih mudah dipahami, terutama untuk proyek yang sub kegiatannya harus ditetapkan pada setiap tugasnya. PDM juga memiliki manfaat lain, seperti mempermudah pengembangan jaringan dengan

menghilangkan kebutuhan akan aktivitas fiktif atau *dummy* dan memungkinkan terciptanya banyak hubungan *overlapping* tanpa menambah aktivitas lagi (Safitri, Basriati, & Hanum, 2019).

Perhitungan ke depan (*Forward Analysis*) dan perhitungan ke belakang (*Backward Analysis*) dapat digunakan untuk mengidentifikasi aktivitas kritis, yang selanjutnya dapat digunakan untuk mengidentifikasi jalur kritis. Untuk mengetahui kuantitas kegiatan *Earliest Start* (ES) dan *Earliest Finish* (EF) yang merupakan kegiatan *predecessor*, dilakukan perhitungan ke depan (*Forward Analysis*). Sedangkan aktivitas *successor* seperti *Latest Finish* (LF) dan *Latest Start* (LS) dihitung mundur dengan menggunakan analisis mundur (Ervianto, 2005)

Kriteria berikut ini menunjukkan jalur kritis:

- 1) $Earliest\ Start(ES) = Latest\ Start(LS)$
- 2) $Earliest\ Finish(EF) = Latest\ Finish(LF)$
- 3) $Latest\ Finish(LF) - Earliest\ Start(ES) = Durasi\ Kegiatan(D)$

Hubungan *Overlapping* atau tumpang tindih pada suatu aktivitas proyek. Dimana hubungan

overlapping antara kegiatan dibedakan menjadi 4 macam yaitu:

- 1) Hubungan *Finish to Start (FS)* yaitu ketika suatu kegiatan A selesai maka kegiatan B dapat dimulai.
- 2) Hubungan *Start to Start (SS)* yaitu dimana suatu kegiatan A dimulai maka kegiatan B juga dapat dimulai.
- 3) Hubungan *Finish to Finish (FF)* yaitu dimana suatu kegiatan A selesai maka kegiatan B juga dapat selesai.
- 4) Hubungan *Start to Finish (SF)* yaitu dimana suatu kegiatan A dimulai maka kegiatan B sudah selesai.

Adapun contoh dari perhitungan PDM adalah sebagai berikut: Diketahui dalam suatu pembangunan proyek terdapat suatu kegiatan yang saling berhubungan seperti dalam Tabel 2.1 Hubungan Antar Kegiatan. Tujuan yang akan diperoleh yaitu untuk mengetahui lintasan kritis serta memperoleh durasi penyelesaian proyek tersebut dengan menggunakan metode PDM.

Tabel 2. 1 Hubungan antar kegiatan

No	Kegiatan	Kegiatan Sebelumnya	Durasi(minggu)
1	A	-	3
2	B	-	5
3	C	-	2
4	D	A	4
5	E	A, B	4
6	F	A, B, C	7
7	G	D	8
8	H	E	2
9	I	F	3
10	J	G, E	4
11	K	H	2
12	L	I, H	8

Penyelesaian:

Aktivitas *Start* dan *Finish* ditambahkan dalam aktivitas pertanyaan di atas. Perhitungan ke depan dilakukan untuk mendapatkan nilai ES dan EF. $EF = ES + Durasi$ seperti pada Tabel 2.2 Perhitungan Maju.

Tabel 2. 2 Perhitungan maju ES dan EF

Keg.	ES	Durasi	EF	Keterangan
A	0	3	3	-
B	0	5	5	-
C	0	2	2	-
D	3	4	7	ES diambil dari EF kegiatan A
E	5	4	9	ES diambil dari EF terbesar kegiatan A, B
F	5	7	12	ES diambil dari EF terbesar kegiatan A, B, C
G	7	8	15	ES diambil dari EF kegiatan D
H	9	2	11	ES diambil dari EF kegiatan E
I	12	3	15	ES diambil dari EF kegiatan F
J	15	4	19	ES diambil dari EF terbesar kegiatan E, G
K	11	2	13	ES diambil dari EF kegiatan H
L	15	8	23	ES diambil dari EF terbesar kegiatan H, I

Finis h	23	-	23	ES diambil dari EF terbesar kegiatan J, K, L
---------	----	---	----	--

Nilai LS dan LF kemudian diperoleh dengan melakukan perhitungan mundur. Besarnya $LS = LF - Durasi$ seperti pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Perhitungan mundur LS dan LF

Keg.	LF	Durasi	LS	Keterangan
J	23	4	19	LF diambil dari Finish
K	23	2	21	LF diambil dari Finish
L	23	8	15	LF diambil dari Finish
G	19	8	11	LF diambil dari LS kegiatan J
H	15	2	13	LF diambil nilai terkecil dari LS kegiatan K, L
I	15	3	12	LF diambil dari LS kegiatan L
D	11	4	7	LF diambil dari LS kegiatan G

E	13	4	9	LF diambil nilai terkecil dari LS kegiatan J, H
F	12	7	5	LF diambil dari LS kegiatan I
A	5	3	2	LF diambil nilai terkecil dari LS kegiatan D, E, F
B	5	5	0	LF diambil nilai terkecil dari LS kegiatan E, F
C	5	2	3	LF diambil dari LS kegiatan F
Start	0	-	0	LF diambil nilai terkecil dari LS kegiatan A, B, C

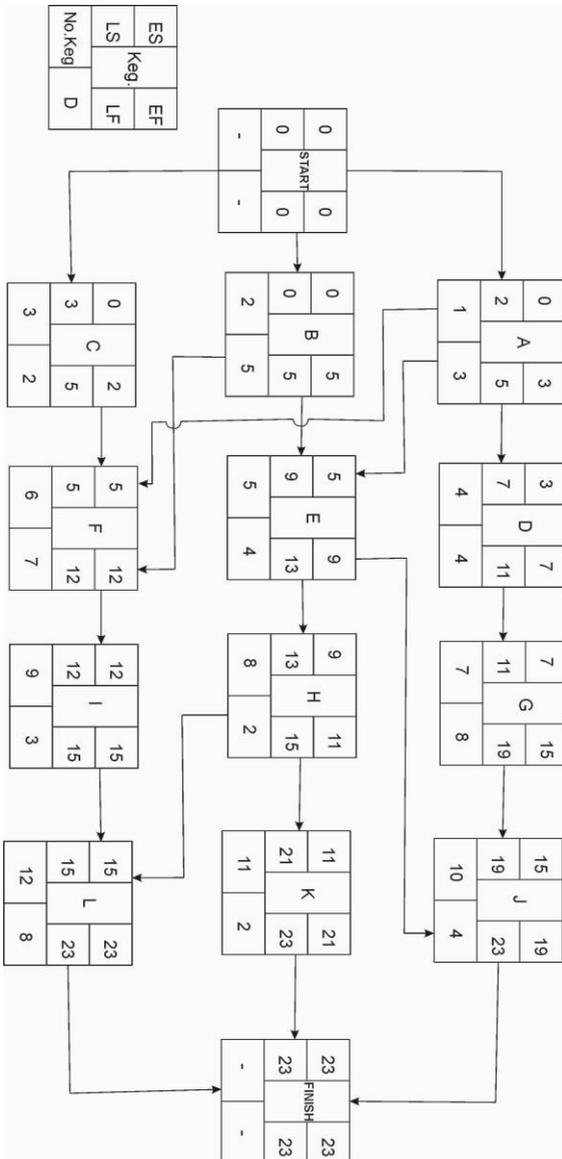
Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui nilai-nilai dari ES, EF, LS, dan LF. Untuk mengetahui kegiatan yang berada pada lintasan kritis dibuktikan dengan syarat ketiganya harus terpenuhi yaitu : $ES = LS$, $EF = LF$, dan $LF - ES = Durasi$ kemudian disusun dalam Tabel 2.4 Hubungan kegiatan kritis berikut :

Tabel 2. 4 Hubungan kegiatan Kritis

Keg.	ES	EF	LS	LF	D	LF-ES	Status
A	0	3	2	5	3	5	
B	0	5	0	5	5	5	Kritis
C	0	2	3	5	2	5	
D	3	7	7	11	4	8	
E	5	9	9	13	4	8	
F	5	12	5	12	7	7	Kritis
G	7	15	11	19	8	12	
H	9	11	13	15	2	6	
I	12	15	12	15	3	3	Kritis
J	15	19	19	23	4	8	
K	11	13	21	23	2	12	
L	15	23	15	23	8	8	Kritis

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa aktivitas yang memenuhi jalur kritis adalah pada kegiatan B, F, I, L. Dan dapat diselesaikan dengan durasi $5+7+3+8 = 23$ minggu.

Untuk selanjutnya dibuat diagram jaringan dengan metode PDM seperti pada Gambar 2.2 berikut :



Gambar 2. 2 Jaringan dengan metode PDM

6. Metode *Crashing*

Terdapat beberapa alasan bagi pelaksana untuk mempercepat jadwal penyelesaian proyek, yang dapat mengakibatkan proyek *Crashing*. Salah satu penyebabnya adalah adanya keterlambatan dan target pelaksanaan proyek yang tidak tepat. Pertimbangan lainnya mencakup persaingan yang ketat untuk mendapatkan pekerjaan, menawarkan *reward* kepada pelaksana yang menyelesaikan proyek lebih cepat dari jadwal, cuaca, kesalahan yang dibuat oleh perencana awal, dan kerusakan mesin(Nurhayati, 2010).

Pendekatan *Crashing* adalah strategi mempersingkat waktu penyelesaian proyek yang diterapkan secara sadar, metodis, dan logis pada setiap aktivitas proyek. Teknik *Crashing* memaksimalkan durasi kerja sekaligus meminimalkan biaya. Penerapan *Crashing* tidak diragukan lagi akan menghasilkan keadaan *Time Cost Trade Off*, dimana pelaksana proyek mengurangi waktu kerja dengan meningkatkan biaya yang efisien. Tujuan dari metode *Crashing* adalah untuk mempersingkat waktu tugas berada di jalur kritis. Karena kurangnya kelonggaran panjang pada jalur

kritis, hal ini berdampak signifikan terhadap keterlambatan proyek (Kuhl & Radhames, 2008).

Peristiwa *trade off* yaitu proses pertukaran biaya dan waktu biasanya terjadi pada saat peristiwa *crashing* (Anggraeni, 2017). Dalam hal ini, biaya yang dikeluarkan juga berfluktuasi seiring dengan perubahan waktu penyelesaian. Ungkapan *crashing* dan biaya mengacu pada berbagai aspek durasi dan biaya suatu kegiatan, diantaranya adalah (Dimiyati, 2014):

1) Waktu Normal atau *Normal Time*

Waktu yang diberikan untuk menyelesaikan tugas dalam keadaan tertentu disebut "Waktu Normal".

2) Waktu Dipersingkat atau *Crash Duration*

Periode percepatan yang dihasilkan dari produktivitas yang lebih tinggi untuk setiap tugas dikenal sebagai *Crash Duration* atau waktu yang lebih singkat. Produktivitas dapat didefinisikan sebagai rasio *input* terhadap *output*, atau lebih khusus lagi, sebagai rasio total sumber daya yang digunakan terhadap hasil. Sepanjang proyek, produktivitas dievaluasi

sehubungan dengan biaya tenaga kerja, peralatan, dan material.

Percepatan proyek memerlukan peningkatan produktivitas kerja yang signifikan. Rumus berikut digunakan untuk menentukan produktivitas:

$$PHn = \frac{Volume}{DurasiNormal}$$

Dengan :

PHn = Produktivitas Harian Normal

Volume = Volume kegiatan

Durasi Normal = Durasi Kegiatan Normal

Untuk volume yang digunakan adalah volume pekerjaan pada setiap kegiatan yang akan dipercepat, sedangkan durasi normal adalah durasi sebelum kegiatan tersebut dipercepat.

Berikutnya adalah produktivitas per hari setelah *Crashing*. Pihak pelaksana bebas memilih prosedur apa pun dalam situasi ini. Dengan menggunakan pendekatan kerja tambahan, rumus berikut menghitung produktivitas harian:

$$PHc = PHn \times \frac{TPn + TTc}{TPn}$$

Dengan :

PHc = Produktivitas Setelah *Crash*

TPn = Total Pekerja Normal

TTc = Total Tambahan Pekerja setelah
Crashing

PHn = Produktivitas Normal

3) Biaya Normal atau Normal Cost

Biaya operasional adalah biaya yang dikeluarkan dalam keadaan tertentu. Baik biaya langsung maupun tidak langsung merupakan pengeluaran yang umum. Biaya yang timbul atas permintaan yang berhubungan langsung dengan pelaksanaan proyek disebut sebagai biaya langsung. Di sisi lain, biaya tidak langsung adalah pengeluaran yang mendukung kegiatan proyek tetapi tidak terkait langsung dengan pelaksanaan proyek. Peralatan proyek, transportasi proyek, pajak, dan pengeluaran lainnya adalah beberapa contoh biaya tidak langsung. Anda dapat menggunakan rumus berikut untuk menentukan biaya tidak langsung:

Biaya tidak langsung =

$2\% \text{ biaya total} + 10\% \text{ PPN biaya total}$

4) Biaya Dipersingkat atau *Crash Cost*

Crash Cost adalah pengeluaran aktivitas proyek yang dijaga agar tetap minimum. Jika jam kerja diperpanjang maka akan ada tambahan biaya tenaga kerja.

Pendekatan *crashing* dijalankan dengan menggunakan beberapa teknik, khususnya (Mora, 2001):

1) Metode Lembur atau *Overtime*

Ketika pekerja melampaui apa yang diinstruksikan atasannya, hal ini disebut lembur. Proyek yang membutuhkan lebih dari tujuh jam per hari selama enam hari kerja atau delapan jam per hari selama lima hari kerja, sesuai Peraturan Menteri No. 102/MEN/VI/2004, berhak mendapatkan tambahan waktu tersebut di luar jam kerja reguler. Tidak lebih dari tiga jam sehari, atau empat belas jam seminggu, seorang supervisor dapat memberikan instruksi kepada stafnya.

Gaji untuk pekerjaan tambahan mungkin berbeda, sesuai dengan Keputusan Republik Indonesia No.KEP.102/MEN/IV/2004, yang dikeluarkan oleh Menteri Tenaga Kerja dan

Transmigrasi. Karyawan akan dibayar 1,5 kali lebih banyak untuk setiap tambahan jam kerja pada penambahan pertama, dan dua kali lipat untuk setiap tambahan jam pada penambahan berikutnya. biaya yang diakibatkan oleh strategi minggu kerja yang lebih panjang.

Berikut perhitungan biaya penambahan jam kerja atau metode lembur:

$$BLP = (1,5 \times GNTJK_{pertama}) \\ + (2 \times n \times GNTJK_{berikutnya})$$

Dengan :

BLP = Biaya Lembur per Hari

$GNTJK$ = Gaji Normal Tambahan Jam kerja

n = Jumlah Penambahan Jam Kerja

Pelaksana proyek berusaha memperpanjang hari kerja tanpa menambah karyawan dengan menambah jam kerja atau lembur. Tujuannya adalah untuk mendongkrak output harian guna mempercepat penyelesaian operasional proyek. Satu hal penting yang harus diwaspadai oleh manajer proyek adalah bahwa kinerja pekerja akan menurun seiring dengan bertambahnya jam kerja. Hal ini disebabkan oleh persepsi

pekerja yang kelelahan atau kurang daya tahannya.

2) Metode *Shift*

Pendekatan ini memanfaatkan seluruh waktu yang tersedia untuk menyelesaikan suatu tugas dengan membagi tugas-tugas pekerjaan ke dalam sesi-sesi yang berbeda. Perusahaan yang menginginkan pengembangan produksi karena meningkatnya permintaan biasanya menggunakan strategi ini. Karena memanfaatkan produktivitas saat ini, pendekatan ini lebih disarankan.

Dengan menggunakan rumus berikut, pertama-tama seseorang dapat menentukan normal *cost per shift* sebelum menghitung *crash costs* melalui metode penambahan *shift* kerja:

$$\text{Total Tambahan Biaya} =$$

$$\text{Jumlah tenaga kerja} \times \text{gaji per Hari}$$

Selanjutnya untuk menghitung nilai *crash cost* adalah:

$$\begin{aligned} \text{Crash Cost} &= \text{Normal Cost} \\ &+ (TTb \times \text{Crash Duration}) \end{aligned}$$

Dengan :

$$\text{Crash Cost} = \text{Biaya Percepatan}$$

Normal Cost = Biaya Normal

TTb = Total Tambahan Biaya

Crash Duration = Durasi Percepatan

3) Metode Penambahan Tenaga Kerja

Dengan menambahkan lebih banyak pekerja, tugas pekerjaan dapat diselesaikan lebih cepat dengan strategi ini. Jika sumber daya manusia tersedia, teknik ini dilakukan oleh pihak pelaksana. Jika tersedia cukup ruang kerja, tenaga kerja tambahan ini akan dikerahkan. Hal ini disebabkan tugas pekerjaan tidak boleh diganggu oleh kegiatan lain; sebaliknya, hal tersebut harus diimbangi dengan pengawasan untuk mencegah kemacetan ruang kerja dan menurunkan produktivitas.

Langkah pertama yaitu dengan menghitung biaya tambahan dengan penambahan tenaga kerja

Total tambahan Biaya =

Jumlah tenaga kerja × gaji per Hari

Selanjutnya yaitu dengan menghitung nilai *crash cost* dengan rumus :

Crash Cost = Normal Cost

$$+(TTb \times Crash\ Duration)$$

Dengan :

Crash Cost = Biaya Percepatan

Normal Cost = Biaya Normal

TTb = Total Tambahan Biaya

Kemudian, *Cost Slope* adalah frasa yang digunakan dalam proses *Crashing*. *Cost slope* sebuah proyek adalah jumlah uang yang dikeluarkan dari waktu ke waktu untuk memperpendek jangka waktunya. Berikut rumus *costslope*, atau biaya yang durasinya lebih singkat:

$$Cost\ Slope = \frac{crash\ cost - normal\ cost}{normal\ durasi - crash\ duration}$$

Biaya langsung, biaya tidak langsung, dan biaya total juga dihitung dengan menggunakan metode *Time Cost Trade Off* pada metode *Crashing*. Arti yang terkandung dalam istilah ini adalah:

1) Biaya Langsung

Biaya-biaya yang timbul atas permintaan yang berkaitan langsung dengan pelaksanaan proyek disebut sebagai biaya langsung. Harga perlengkapan, mesin, tenaga kerja, dan jasa

subkontraktor termasuk dalam biaya langsung ini. Untuk menghitung biaya langsung dapat dilakukan dengan menggunakan rumus :

$$BLc = BLn + \text{Cost Slope}$$

Dengan :

BLc = Biaya Langsung *Crashing*

BLn = Biaya Langsung Normal

Cost Slope = Tambahan Biaya Percepatan

2) Biaya Tak Langsung

Pengeluaran yang tidak terkait langsung dengan pelaksanaan suatu proyek tetapi mendukung operasi yang sedang berjalan dikenal sebagai pengeluaran tidak langsung. Pengeluaran tidak langsung mencakup hal-hal seperti biaya laboratorium, penginapan pekerja, transportasi proyek, perlengkapan kantor, prosedur izin kerja, dan banyak lagi. Berikut rumus biaya tidak langsung:

$$BTLC = \frac{BTLn}{TDn} \times TDC$$

Dengan :

BTLC = Biaya Tidak Langsung *Crashing*

BTLn = Biaya Tidak Langsung Normal

TDn = Total Durasi Normal

T_{Dc} = Total Durasi Setelah *Crashing*

3) Total Biaya

Jumlah seluruh biaya langsung dan tidak langsung dikenal sebagai biaya total. Perhitungan berikut dapat digunakan untuk menentukan biaya keseluruhan:

$$Total\ Biaya = BLc + BTLc$$

Dengan :

BLc = Biaya Langsung *Crashing*

$BTLc$ = Biaya Tidak Langsung *Crashing*

Dengan menggunakan beberapa rumus tersebut, seseorang dapat menerapkan teknik *Crashing* dengan melakukan hal berikut (Stefanus, 2017):

- 1) Kumpulkan berbagai data yang diperlukan untuk menghitung *Crashing*.
- 2) Buatlah jadwal untuk tugas-tugas proyek.
- 3) Pastikan urutan aktivitas proyek mana yang memiliki rute kritis.
- 4) Analisis peristiwa *Crashing* untuk tugas yang dekat dengan jalur kritis.
- 5) Tentukan *Crash Cost* atau biaya percepatan yang terkait dengan setiap tugas di jalur kritis.
- 6) Tentukan nilai *Cost Slope*.

7) Hitung dan bandingkan total biaya yang dipercepat dan biaya konvensional.

Menambah jumlah pekerja dan menekankan durasi aktivitas pada jalur kritis adalah dua cara untuk mengatasi metode *crashing*. *Cost slope* perlu dihitung setelah aktivitas yang berada pada jalur kritis teridentifikasi. Aktivitas dengan *cost slope* terendah akan mengalami *Crashing*, yang kemudian diulang beberapa kali hingga mencapai titik jenuh.

Adapun contoh kasus yang dapat diselesaikan dengan metode *crashing* menggunakan perlakuan penambahan tenaga kerja, seperti yang disajikan pada Tabel 2.5 Penambahan jumlah pekerja berikut:

Tabel 2. 5 Penambahan jumlah pekerja

Tenaga Kerja	Normal (orang)	Penambahan pekerja (orang)
Pekerja	4	2
Tukang	2	1
Total	6	3

Diketahui untuk volume pada kegiatan yang akan dipercepat adalah 624,68 dengan durasi 161 hari dan untuk upah tukang sebesar Rp.130.000,- per hari sedangkan pekerja Rp.90.000,- per hari, untuk biaya normal pada kegiatan tersebut adalah Rp.560.855.245

sedangkan total biaya pada pembangunan proyeknya adalah Rp. 69.871.728.726,53, maka dapat dihitung :

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas normal (PHn)} &= \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi}} \\ &= \frac{624,68}{161} = 3,88 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas Crash (PHc)} &= \text{PHn} \times \frac{\text{TPn} + \text{TTc}}{\text{TPn}} \\ &= 3,88 \times \frac{(6+3)}{6} \\ &= 3,88 \times 1,6 = 5,82 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Crash Duration} &= \frac{\text{Volume}}{\text{PHc}} \\ &= \frac{624,68}{5,82} = 107,33 \approx 107 \text{ hari} \end{aligned}$$

Crash cost = normal cost
+(total tambahan upah × crash duration)

Pekerja : 2 × Rp. 90.000 = Rp. 180.000

Tukang : 1 × Rp. 130.000 = Rp. 130.000

Total : = Rp. 310.000

Crash cost = Rp. 560.855.245

+(Rp. 310.000 × 107)

= Rp. 560.855.245 +

Rp. 33.170.000

= Rp. 594.025.245

$$\text{Cost Slope} = \frac{\text{crash cost} - \text{normal cost}}{\text{normal durasi} - \text{crash duration}}$$

$$= \frac{Rp.594.025.245 - Rp.560.855.245}{161 - 107}$$

$$= Rp. 614.259,259$$

Setelah proses *crashing* mencapai titik jenuh, selanjutnya menghitung biaya total dari biaya langsung dan biaya tidak langsung. Berikut adalah perhitungannya :

a) Kondisi normal

Durasi normal : 161 hari

Biaya langsung : Rp. 69.871.728.726,53

Biaya tidak langsung :

2% *biaya total* + 10% *PPN biaya total*

= Rp. 1.397.434.574,53 + 6.987.172.872,65

= Rp. 8.384.607.447,18

Total = biaya langsung + biaya tidak langsung

= Rp. 69.871.728.726,53 + Rp. 8.384.607.447,18

= Rp. 78.256.336.173,71

b) Setelah *crashing*

Durasi baru : 107 hari

cost slope : Rp. 614.259,259

biaya langsung : biaya langsung normal + *cost slope*

$$\begin{aligned}
&= \text{Rp. } 69.871.728.726,53 + \\
&\quad \text{Rp. } 614.259,259 \\
&= \text{Rp. } 69.872.342.985,79
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Biaya tidak langsung} &= BTLc = \frac{BTLn}{TDn} \times TDC \\
&= \frac{\text{Rp. } 8.384.607.447,18}{161} \times \\
&\quad 107 \\
&= 5.572.378.859,7
\end{aligned}$$

Total = biaya langsung + biaya tidak langsung

$$\begin{aligned}
&= \text{Rp. } 69.872.342.985,79 + \\
&\quad \text{Rp. } 5.572.378.859,7 \\
&= \text{Rp. } 75.444.721.845,49
\end{aligned}$$

Proses yang digunakan menyebabkan kenaikan dan penurunan biaya tidak langsung, seperti terlihat dari hasil perhitungan *crashing* di atas. Penurunan biaya tidak langsung lebih besar dibandingkan kenaikan biaya langsung, seperti yang terlihat dengan membandingkan kenaikan biaya langsung dengan penurunan biaya normal. Sehingga dapat disimpulkan bahwa metode *crashing* dapat mengurangi biaya normal.

B. *Microsoft Project 2007*

Software manajemen proyek yang dikenal sebagai *Microsoft Project* ditawarkan oleh *Microsoft Office* dan berguna untuk mengatur, memimpin, melacak, dan menyajikan data proyek. Menurut Madcoms (2008), *software* ini sebenarnya membantu proses administrasi proyek karena fleksibilitas lembar kerja dan kemudahan penggunaan, serta mencakup elemen-elemen proyek.

Trihendradi (2008) menyatakan bahwa *Microsoft Project* adalah alat terbaik untuk manajemen proyek karena menunjukkan ketergantungan *software*. Salah satu alat yang powerfull untuk manajemen proyek adalah *Microsoft Project*. Penggunaan *software* ini hanya sangat bermanfaat untuk tujuan perencanaan, karena tidak relevan dalam fase pelingkupan, pengarahan, atau penutupan suatu proyek.

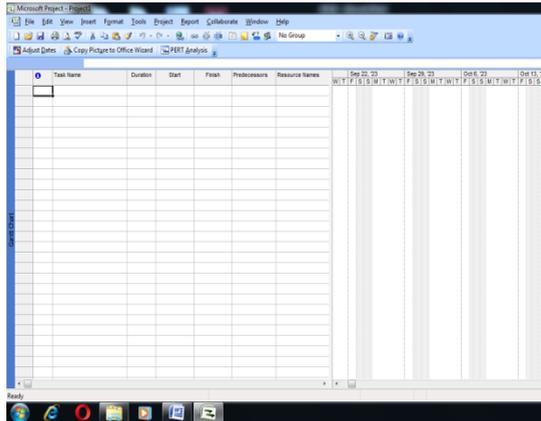
Microsoft project dapat dimanfaatkan dalam melakukan rekap serta evaluasi terhadap pemanfaatan sumber daya yang ada dalam proyek konstruksi yang berupa sumber daya tenaga kerja, peralatan, dan biaya dalam pekerjaan proyek.

Pemanfaatan *Microsoft project* antara lain untuk melakukan perekaman kebutuhan tenaga kerja di setiap kegiatan, jam kerja karyawan, jam lembur karyawan dan menghitung anggaran dengan realisasi anggaran untuk upah pekerja, memasukkan ketepatan biaya dari sebuah proyek seta total biaya proyek dan juga dapat digunakan untuk mengontrol penggunaan tenaga kerja pada beberapa kegiatan untuk menghindari *overallocation* (Kusrianto, 2008).

Microsoft project memiliki kelebihan yaitu menyediakan menu yang lengkap mulai dari penjadwalan hingga *reporting* dengan penjadwalan yang efektif dan efisien serta mampu memberikan informasi biaya secara langsung. *Microsoft project* juga dapat melakukan modifikasi jadwal ketika terjadi *rescheduling* serta memiliki tampilan yang intuitif yang memudahkan pengguna untuk mengelola proyek. Dibandingkan dengan *Microsoft excel* dengan akses yang terbatas dan kurang efisien untuk penjadwalan proyek, *Microsoft project* akan lebih membantu pelaksana proyek untuk perencanaan dan penjadwalan proyek.

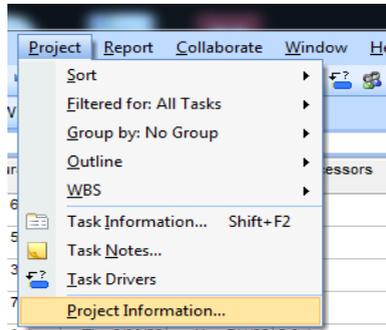
Langkah – langkah menggunakan *Microsoft Project* :

1. Membuka lembar kerja baru kemudian Klik tombol *Start > Program > Microsoft Office > Microsoft Office Project 2007*. Seperti pada Gambar 2.3 berikut.



Gambar 2.3 Lembar kerja *Microsoft Project*

2. Memasukkan tanggal dimulainya proyek dengan Klik *menu Project > Project Information*. Pada kotak dialog *Project Information* dipilih *Schedule From: Project Start Date* dan memasukkan tanggal dimulainya proyek pada kotak *Start Date*. Seperti pada Gambar 2.4 berikut.



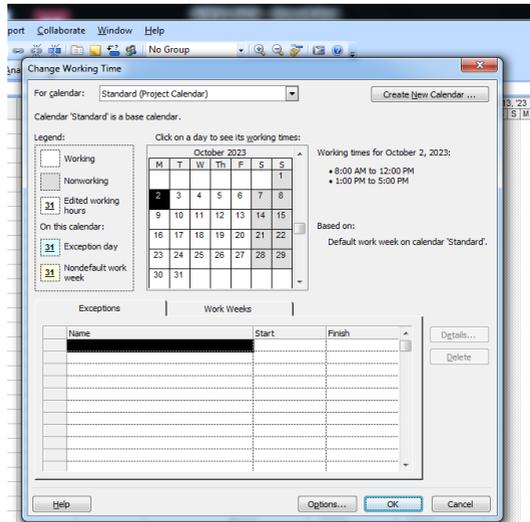
Gambar 2. 4 Menu Project

- Memasukkan data kegiatan proyek dengan menulis pada kolom *Task Name* dan waktu kegiatan pada kolom *Duration*, kegiatan satu dengan lainnya pada kolom *Predecessor*. Hubungan antar pekerjaan dibuat berdasarkan gambar kerja.

Task ID	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	Resource Names
1	Pekerjaan persiapan	6 days	Mon 6/6/22	Mon 6/13/22		
2	Penggalian Tanah	5 days	Mon 6/13/22	Sun 6/19/22	1	
3	Pasangan batu kosong/lan	3 days	Sun 6/19/22	Wed 6/22/22	2	
4	Pasangan Pondasi	7 days	Wed 6/22/22	Thu 6/30/22	2, 3	

Gambar 2. 5Task Name, Duration, Predecessor

- Membuat hubungan antara pekerjaan. Menyusun kalender kerja untuk menentukan hari kerja dan jam kerja.



Gambar 2. 6 Kalender Kerja

C. Kajian Penelitian Terdahulu

Penulis telah mengkaji beberapa jurnal, skripsi, serta karya ilmiah terdahulu sebagai pendukung penelitian ini. Tujuan pengkajian ini agar didapatkan pembeda dengan penelitian-penelitian sebelumnya. Diantara karya ilmiah terdahulu adalah sebagai berikut :

- 1) Jurnal yang ditulis oleh Elfira Safitri, dkk. dengan judul “Optimasi penjadwalan proyek menggunakan CPM dan PDM”. Tujuan penelitian tersebut adalah untuk mengetahui waktu dan biaya optimal pada penjadwalan proyek dengan

menggunakan metode CPM dan PDM dan mengetahui perbandingan hasil perhitungan perusahaan dengan metode CPM dan PDM. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa perhitungan PDM paling optimal dari CPM dan perhitungan Awal perusahaan. Metode PDM dengan aturan jaringan yang memperbolehkan kegiatan tumpang tindih dapat mengurangi hari pengerjaan proyek dibandingkan dengan metode CPM (Safitri, Basriati, & Hanum, 2019).

Kesamaan penelitian ini adalah sama-sama menganalisis penjadwalan proyek dengan menggunakan metode PDM, namun penelitian ini terfokus pada perbandingan metode penjadwalan proyek dengan menggunakan CPM dan PDM. Sedangkan perbedaannya peneliti menambahkan metode percepatan durasi (*crashing*) untuk mempercepat durasi penyelesaian proyek yang mengalami keterlambatan.

- 2) Skripsi yang ditulis oleh Lulitasari Putri Anenda dengan judul "Analisis Network

Planning pada Proyek Konstruksi Jalan Menggunakan Metode PERT-CPM dan *Crashing*". Hasil dari penelitian tersebut adalah beberapa masalah yang dihadapi pelaksana proyek dapat diantisipasi dengan menggunakan beberapa alternatif metode crashing untuk mempersingkat waktu penyelesaian proyek yang mengalami keterlambatan (Anenda, 2020). Persamaan pada penelitian ini yaitu metode percepatan durasi (*crashing*) dapat mempersingkat waktu penyelesaian proyek yang mengalami keterlambatan dengan alternatif penambahan tenaga kerja, namun dalam penjadwalannya penelitian ini menggunakan metode PERT dan CPM. Untuk perbedaannya peneliti menggunakan metode PDM dalam penjadwalan proyek dimana PDM memiliki aturan yang memperbolehkan tumpang tindih tanpa menambah aktivitas lain.

- 3) Jurnal yang ditulis oleh Fajar Prasetyo Utomo & Mulyono dengan judul

“Penjadwalan Ulang Proyek Konstruksi Menggunakan Metode PDM Dan CPM”. Penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pekerjaan-pekerjaan yang terdapat pada jalur kritis proyek sehingga menemukan waktu yang optimal dalam penjadwalan proyek. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa metode CPM dan PDM memberikan hasil yang sama (Fajar & Mulyono, 2021).

Kesamaan penelitian ini yaitu sama-sama menemukan waktu yang optimal dalam penjadwalan proyek menggunakan metode PDM, namun pada penelitian ini menghasilkan waktu penyelesaian yang sama dengan metode CPM. Sedangkan perbedaannya peneliti menemukan bahwa metode PDM menghasilkan waktu penyelesaian paling cepat dibandingkan dengan target penyelesaian dan durasi rill dilapangan.

- 4) Jurnal yang ditulis oleh Elisabeth Riska anggraeni, dkk. Dengan judul “Analisis Percepatan Proyek Menggunakan Metode

Crashing dengan Penambahan Tenaga Kerja dan *Shift* Kerja”. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan percepatan pembangunan proyek menggunakan metode *crashing* dengan alternatif penambahan tenaga kerja dan shift kerja. Pada penelitian ini menunjukkan percepatan menggunakan alternatif penambahan tenaga kerja dan shift kerja dapat mengurangi durasi penyelesaian proyek (Elisabeth, Widi, & Sugiyarto, 2017).

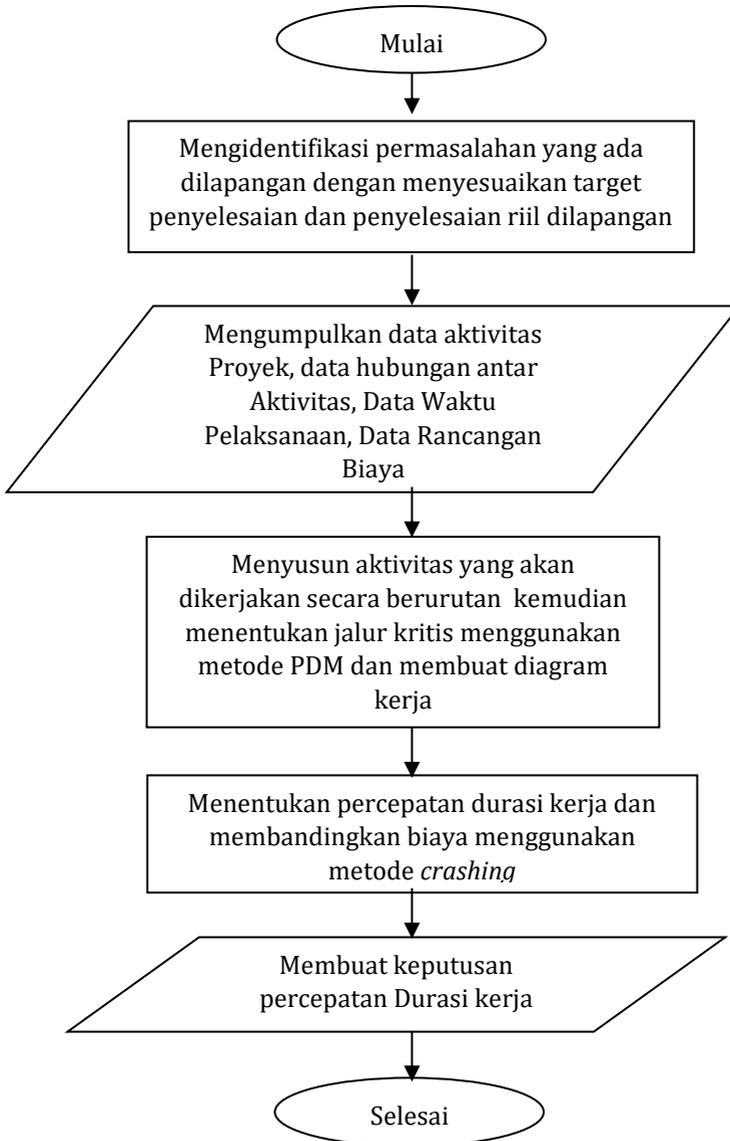
Persamaan dari penelitian ini adalah sama-sama melakukan percepatan durasi dengan menggunakan *crashing* dengan alternatif penambahan tenaga kerja, namun penelitian ini berfokus pada percepatan durasi. Sedangkan perbedaannya peneliti melakukan penjadwalan dengan menggunakan PDM yang kemudian dipercepat dengan menggunakan *crashing*.

- 5) Jurnal yang ditulis oleh Aprilia, Susanti dengan judul “Analisis Percepatan Waktu

(*Crashing*) menggunakan system penambahan jam kerja dengan Menggunakan metode PDM (*precedence Diagram Method*)". Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui total biaya dan total waktu penyelesaian proyek setelah mengalami percepatan (*crashing*) jadwal setelah dilakukan penambahan jam kerja. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa percepatan durasi dengan alternatif penambahaan jam kerja lembur dapat mempercepat durasi penyelesaian proyek. (Aprilia, 2023).

Kesamaan penelitian ini adalah sama-sama menggunakan metode penjadwalan PDM dan mempercepat durasi dengan *crashing*, namun penelitian ini hanya berfokus pada alternatif penambahan jam kerja lembur. Sedangkan perbedaannya yaitu peneliti menggunakan alternatif penambahan tenaga kerja untuk percepatan durasi (*crashing*).

D. Rancangan Penelitian



Gambar 2. 7 Rancangan Penelitian

Berdasarkan Gambar 2.7 dapat dilihat bahwa rancangan penelitian yang dilakukan yaitu :

1. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah didasari dengan latar belakang yang dilakukan dalam sebuah penelitian ini. Latar belakang penelitian ini adalah ketidaksesuaian target penyelesaian berupa keterlambatan durasi diakibatkan oleh penjadwalan yang kurang sesuai dengan kondisi lapangan sehingga dapat ditentukan rumusan masalah serta tujuan dari penelitian ini.

2. Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah data yang sesuai dengan rumusan masalah dan tujuan. Pengumpulan data ini berupa data sekunder dimana data ini didapatkan dari pihak pelaksana. Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah data urutan aktivitas proyek, data hubungan antar aktivitas, data waktu pelaksanaan, serta data rancangan anggaran biaya (RAB).

3. Menyusun Aktivitas Kerja untuk Menentukan Jalur Kritis dan Jaringan Kerja Menggunakan PDM

Untuk menentukan jalur kritis dan jaringan kerja, hal yang perlu diketahui adalah menyusun

aktivitas yang terlebih dahulu dikerjakan sehingga dapat berurutan. Untuk menentukan jalur kritis menggunakan PDM dapat dilakukan dengan cara :

- a. Menghitung nilai ES dan EF dengan perhitungan maju.
 - b. Menghitung nilai LS dan LF dengan perhitungan mundur.
 - c. Menyusun jaringan kerja.
 - d. Menentukan jalur kritis dengan ketiga syarat terpenuhi yaitu $ES=LS$, $EF=LF$, dan $LF-ES=$ Durasi.
4. Menentukan Percepatan Durasi Kerja dan Membandingkan Biaya Menggunakan *Crashing*.

Proyek dapat dilakukan percepatan apabila ingin meminimalisir terjadinya faktor penghambat yang dapat memperlambat aktivitas proyek. Percepatan durasi kerja tentu akan berpengaruh terhadap biaya yang ditimbulkan sehingga perlu ditentukan solusi yang tepat. Adapun langkah-langkah percepatan durasi dengan menggunakan *crashing* yaitu :

- a. Menentukan biaya langsung normal dan biaya tidak langsung normal sesuai dengan anggaran yang direncanakan.

- b. Menentukan alternatif percepatan kerja. Penelitian ini menggunakan alternatif penambahan tenaga kerja.
 - c. Menentukan produktivitas harian kerja setiap aktivitas.
 - d. Menghitung nilai *Crash Duration*.
 - e. Menghitung total tambahan biaya.
 - f. Menghitung nilai *Crash Cost*.
 - g. Menghitung nilai *Cost Slope*.
 - h. Menghitung biaya langsung dan biaya tidak langsung yang diakibatkan oleh percepatan durasi kerja.
 - i. Menentukan total biaya yang dikeluarkan dari percepatan durasi kerja.
5. Keputusan Percepatan Durasi Kerja

Pelaksana proyek dapat memilih percepatan durasi dengan membandingkan biaya yang dibutuhkan untuk percepatan durasi dan biaya normal pada pelaksanaan proyek. Percepatan durasi ini dapat dipilih apabila biaya normal yang dikeluarkan memiliki nominal dan resiko yang lebih besar daripada biaya yang dikeluarkan setelah percepatan durasi.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Metode dalam penelitian ini adalah literatur dengan menerapkan studi kasus dan studi Pustaka. Studi kasus yaitu dimana peneliti mengumpulkan seluruh data yang diperlukan dalam penelitian kemudian disusun kembali untuk dijelaskan dan dianalisis, sedangkan studi pustaka digunakan peneliti untuk mempelajari teori-teori yang berhubungan dengan Metode PDM, metode *crashing* dan *Microsoft Project 2007* yang diperoleh dari beberapa jurnal relevan terdahulu untuk menyelesaikan permasalahan yang dikaji.

B. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September – November 2023 dan bertempat di Madrasah Baiturrahman Desa Kabunan - Kec. Dukuhwaru -Kab. Tegal.

C. Metode Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis data sekunder. Data sekunder yaitu jurnal, artikel, dan data yang sudah diolah oleh panitia pelaksana

dengan berupa gambar, tabel biaya dan waktu penyelesaian proyek, data pekerjaan yang dilakukan dalam proyek dan hubungan ketergantungan antar pekerjaan yang diperoleh secara langsung dengan pihak panitia pembangunan Madrasah Baiturrahman Kabunan. Sedangkan metode pengumpulan data menggunakan metode dokumentasi. Dokumentasi merupakan data yang diperoleh dari catatan-catatan dan dokumen-dokumen yang telah direncanakan pelaksana proyek. Data yang dikumpulkan berupa data tentang gambaran umum yayasan dan biaya-biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan proyek.

D. Teknik Analisis Data

Untuk mencari nilai jalur kritis menggunakan metode PDM dengan Langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menyusun rincian aktivitas proyek.
2. Memperkirakan waktu penyelesaian pada setiap kegiatan yang dihasilkan dari penguraian lingkup proyek.
3. Melakukan perhitungan waktu *Early Start* (ES) dan *Early Finish* (EF) dengan menggunakan perhitungan maju.

4. Setelah melakukan perhitungan maju, dicari waktu *Latest Finish* (LF) dan *Latest Start* (LS) dengan melakukan perhitungan mundur.
5. Membuat jaringan kerja dari proyek tersebut.
6. Mengidentifikasi jalur kritis (*critical path*) pada jaringan kerja. Penentuan kegiatan yang berada pada jalur kritis dapat dilihat pada kegiatan yang memenuhi ketiga syarat yaitu $ES=LS$, $EF=LF$, dan $LF-ES=$ Durasi.

Untuk melakukan suatu metode *Crashing* adalah dengan mengikuti langkah-langkah sebagai berikut (Stefanus, 2017):

1. Mengumpulkan data yang diperlukan untuk menghitung *Crashing*.
2. Membuat urutan aktivitas proyek.
3. Menentukan jalur kritis dari urutan aktivitas proyek tersebut.
4. Melakukan analisis *Crashing* pada aktivitas yang berada pada jalur kritis.
5. Menghitung biaya percepatan atau *Crash Cost* untuk aktivitas yang berada pada jalur kritis.
6. Menghitung nilai *Cost Slope*.
7. Menghitung dan membandingkan total biaya normal dengan total biaya yang dipercepat.

Adapun Langkah-langkah dalam mencari lintasan kritis menggunakan *Microsoft Project 2007* adalah sebagai berikut:

1. Membuka lembar kerja baru kemudian Klik tombol *Start > Program > Microsoft Office > Microsoft Office Project 2007*.
2. Memasukkan tanggal dimulainya proyek Klik menu *Project > Project Information*. Pada kotak dialog *Project Information* dipilih *Schedule From: Project Start Date* dan memasukkan tanggal dimulainya proyek pada kotak *Start Date*.
3. Memasukkan data kegiatan proyek dengan menulis pada kolom *Task Name* dan waktu kegiatan pada kolom Durasi satu dengan lainnya pada kolom *Predecessor*. Hubungan antar pekerjaan dibuat berdasarkan gambar kerja.
4. Membuat hubungan antara pekerjaan.
5. Menyusun kalender kerja untuk menentukan hari kerja dan jam kerja.
6. Menghitung waktu normal dalam menyelesaikan pekerjaan dari network diagram.
7. Mengidentifikasi lintasan kritis pada pelaksanaan proyek.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Proyek

Untuk mengoptimalkan sebuah pembangunan proyek, data proyek harus disusun secara rinci agar dapat mempermudah menentukan jangka waktu penyelesaian proyek dan meminimalisir biaya yang dikeluarkan. Untuk itu, perencanaan menjadi unsur penting dalam manajemen proyek. Pada proyek pembangunan Madrasah Baiturrahman ditargetkan akan selesai dengan durasi 121 hari, namun proyek pembangunan ini mengalami keterlambatan dan selesai dengan durasi 128 hari. Pada pembangunan proyek ini dibutuhkan tenaga kerja sebanyak 8 orang yaitu 6 orang pekerja dengan upah Rp.120.000,- per hari, dan 2 orang tukang dengan upah Rp.150.000,- per hari. Untuk pembelian material sebesar Rp.429.001.900,- dan total upah pekerja sebesar Rp.217.000.000,-. Sehingga total anggaran biaya pada proyek ini adalah Rp.646.001.900,-. Biaya tersebut belum termasuk pajak PPN 10% dan pajak IMB 2%, biaya total setelah pajak sebesar Rp.723.522.128,-.

Berikut adalah data untuk proyek pembangunan Madrasah Baiturrahman desa Kabunan kecamatan Dukuhwaru kabupaten Tegal.

Tabel 4. 1 Data Kegiatan dan Durasi

No. Keg	Jenis Kegiatan	Uraian Kegiatan	Durasi (Hari)	Biaya
1	A	Pekerjaan persiapan I. Pembuatan Gambar, RAB, dll II. Pembersihan Lokasi III. Pasangan Bowplank	6	Rp. 6.444.000
2	B	Penggalian Tanah	5	Rp. 8.651.250
3	C	Pasangan batu kosong / anstampeng	3	Rp. 15.712.200
4	D	Pasangan Pondasi	7	Rp. 59.345.484
5	E	Urugan tanah kembali dan sirtu	3	Rp. 36.273.600

6	F	Pembesian rangka dan Beton	4	Rp. 77.244.104
7	G	Pasangan Batu-bata	38	Rp. 53.380.090
8	H	Pasangan rangka pintu dan jendela	5	Rp. 70.711.962
9	I	Pekerjaan Atap	7	Rp. 160.168.600
10	J	Plesteran	20	Rp. 45.594.720
11	K	Pasangan keramik	15	Rp. 53.714.017
12	L	Pasangan pintu dan kunci	6	Rp. 11.367.520
13	M	Pasangan instalasi listrik	2	Rp. 11.080.000
14	N	Pengecatan dan Finishing	8	Rp. 39.353.480

B. Analisis Metode PDM (*Precedence Diagram Method*)

Metode PDM merupakan metode yang digunakan sebagai perencanaan dan pengendalian proyek dengan mencari kegiatan-kegiatan yang

berada pada lintasan kritis. PDM dapat menghasilkan jaringan kerja yang lebih sederhana dan untuk kegiatan baru dapat dimulai tanpa menunggu kegiatan pendahulunya selesai 100%.

1. Hubungan antar kegiatan

Analisis yang digunakan pada metode PDM adalah dengan mengumpulkan data dan merinci setiap kegiatannya diperlukan hubungan ketergantungan antar kegiatan yang bertujuan untuk menyusun kegiatan menjadi algoritma yang sistematis. Berikut adalah urutan kegiatan yang saling berkaitan disajikan pada tabel 4.2

Tabel 4. 2 Hubungan keterkaitan kegiatan

No. Keg	Jenis Kegiatan	Uraian Kegiatan	Durasi (Hari)	Kegiatan sebelumnya
1	A	Pekerjaan persiapan	6	-
2	B	Penggalian Tanah	5	A
3	C	Pasangan batu kosong/ans tampeng	3	B

4	D	Pasangan Pondasi	7	B,C
5	E	Urugan tanah kembali dan sirtu	3	B,C,D
6	F	Pembesian rangka dan Beton	4	D
7	G	Pasangan Batu-bata	38	D,E,F
8	H	Pasangan rangka pintu dan jendela	5	G
9	I	Pekerjaan Atap	7	F,G
10	J	Plesteran	20	G,H,I
11	K	Pasangan keramik	15	I,J
12	L	Pasangan Pintu dan kunci	6	H,,K(SS+5)
13	M	Pasangan instalasi listrik	2	I,J(SS),K,L(S S)

14	N	Pengecatan dan Finishing	8	K,L(SS),M
----	---	--------------------------------	---	-----------

Pada aktivitas proyek tersebut mengalami hubungan *Overlapping* atau tumpang tindih pada suatu aktivitas proyek. Dimana hubungan *overlapping* antara kegiatan dibedakan menjadi 4 macam yaitu :

- a) Hubungan *Finish to Start (FS)* yaitu ketika suatu kegiatan A selesai maka kegiatan B dapat dimulai.
- b) Hubungan *Start to Start (SS)* yaitu dimana suatu kegiatan A dimulai maka kegiatan B juga dapat dimulai.
- c) Hubungan *Finish to Finish (FF)* yaitu dimana suatu kegiatan A selesai maka kegiatan B juga dapat selesai.
- d) Hubungan *Start to Finish (SF)* yaitu dimana suatu kegiatan A dimulai maka kegiatan B sudah selesai.

Aktivitas yang mengalami hubungan *Overlapping* adalah aktivitas L dan K untuk *Start to Start (SS)* dengan *lag* = 5, dimana kegiatan L dapat dimulai 5 hari setelah dimulainya kegiatan K.

berlaku juga untuk aktivitas M dan N dengan $lag = 0$.

2. Penentuan Waktu Penyelesaian Proyek

Untuk mempermudah perhitungan pada metode PDM digunakan notasi-notasi berikut :

- 1) Jenis kegiatan merupakan rincian pekerjaan yang akan dilakukan pada proyek.
- 2) Durasi (D) adalah waktu yang diperlukan untuk melaksanakan kegiatan.
- 3) *Earliest Start* (ES) adalah waktu tercepat kegiatan tersebut dimulai.
- 4) *Earliest Finish* (EF) adalah waktu tercepat kegiatan tersebut diselesaikan.
- 5) *Latest Start* (LS) adalah waktu paling lambat kegiatan tersebut dimulai.
- 6) *Latest Finish* (LF) adalah waktu paling lambat kegiatan tersebut diselesaikan.

Untuk menentukan kegiatan yang bersifat kritis dan kemudian menentukan jalur kritis dapat dilakukan perhitungan ke depan (*Forward Analysis*) dan perhitungan ke belakang (*Backward Analysis*). Sedangkan untuk mengetahui jalur yang kritis ditandai oleh beberapa keadaan sebagai berikut :

- $EarliestStart(ES) = LatestStart (LS)$

- $EarliestFinish(EF) = LatestFinish(LF)$
- $LatestFinish(LF) - EarliestStart(ES) = DurasiKegiatan(D)$

3. Perhitungan Maju (*Forward Analysis*)

Perhitungan maju (*Forward Analysis*) dilakukan untuk memperoleh besarnya *Earliest Start* (ES) dan *Earliest Finish* (EF) yang merupakan kegiatan *predecessor*. Nilai ES didapat dari Nilai EF kegiatan sebelumnya, jika kegiatan sebelumnya memuat lebih dari 1 kegiatan maka diambil nilai EF terbesar. Sedangkan nilai EF didapat dari hasil penjumlahan ES dan durasi kegiatan tersebut.

Tabel 4. 3 Perhitungan maju

Jenis Kegiatan	Uraian Kegiatan	ES	Durasi (Hari)	EF
A	Pekerjaan persiapan	0	6	6
B	Penggalian Tanah	6	5	11
C	Pasangan batu kosong/anstampeng	11	3	14
D	Pasangan Pondasi	14	7	21
E	Urugan tanah kembali dan sirtu	21	3	24

F	Pembesian rangka dan Beton	21	4	25
G	Pasangan Batu-bata	25	38	63
H	Pasangan rangka pintu dan jendela	63	5	68
I	Pekerjaan Atap	63	7	70
J	Plesteran	70	20	90
K	Pasangan keramik	90	15	105
L	Pasangan Pintu dan kunci	95	6	101
M	Pasangan instalasi listrik	105	2	107
N	Pengecatan dan Finishing	107	8	115

4. Perhitungan Mundur (*Backward Analysis*)

Perhitungan mundur (*Backward Analysis*) dilakukan untuk memperoleh besarnya *Latest Start* (LS) dan *Latest Finish* (LF), sebagai kegiatan *successor*. Nilai LF didapat dari Nilai LS kegiatan sebelumnya, jika kegiatan sebelumnya memuat lebih dari 1 kegiatan maka diambil nilai LS terkecil. Sedangkan nilai LS didapat dari hasil pengurangan LF dan durasi kegiatan tersebut.

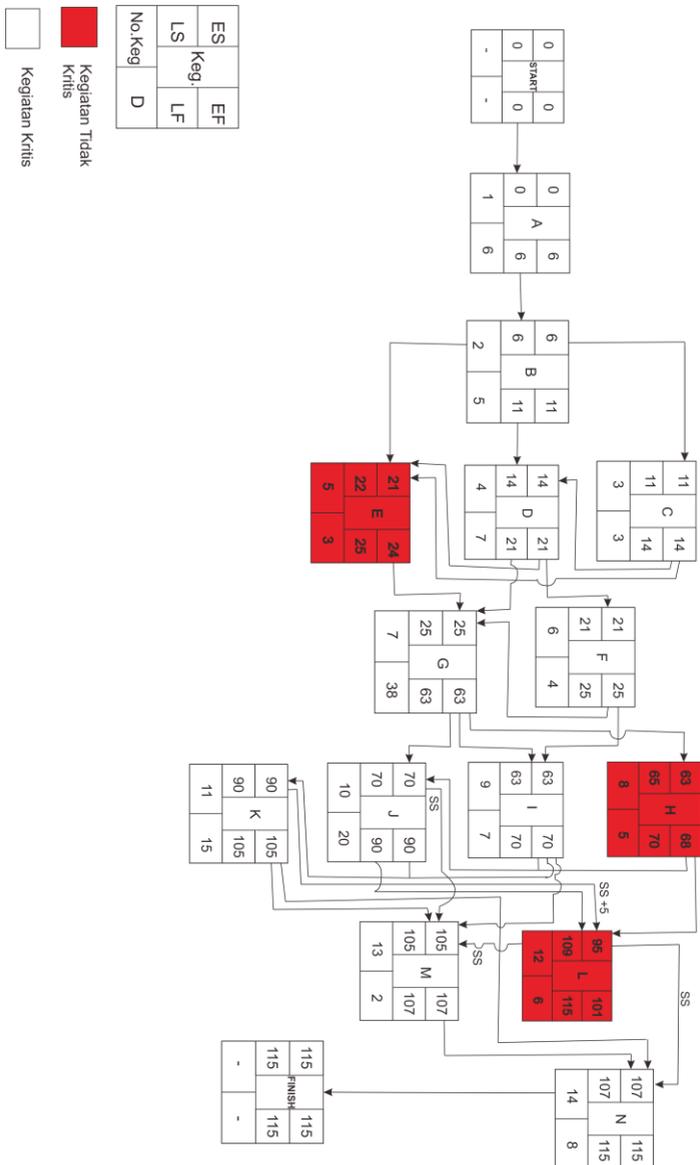
Tabel 4. 4 Perhitungan mundur

Jenis Kegiatan	Uraian Kegiatan	LF	Durasi (Hari)	LS
N	Pengecatan dan Finishing	115	8	107
M	Pasangan intalasi listrik	107	2	105
L	Pasangan Pintu dan kunci	115	6	109
K	Pasangan keramik	105	15	90
J	Plesteran	90	20	70
I	Pekerjaan Atap	70	7	63
H	Pasangan rangka pintu dan jendela	70	5	65
G	Pasangan Batu-bata	63	38	25
F	Pembesian rangka dan Beton	25	4	21
E	Urugan tanah kembali dan sirtu	25	3	22
D	Pasangan Pondasi	21	7	14

C	Pasangan batu kosong/anstam peng	14	3	11
B	Penggalian Tanah	11	5	6
A	Pekerjaan persiapan	6	6	0

5. Gambar Jaringan Kerja

Untuk mengidentifikasi kegiatan yang berada pada jalur kritis dengan perhitungan ke depan dan perhitungan ke belakang dapat dilakukan dengan menggambar jaringan kerja terlebih dahulu. Gambar jaringan kerja menggunakan metode PDM disajikan pada gambar 4.1 jaringan kerja menggunakan PDM berikut.



Gambar 4. 1 Jaringan kerja PDM

6. Menentukan Kegiatan Yang Berada Pada Jalur Kritis

Selanjutnya mengidentifikasi jalur kritis pada aktivitas Proyek dengan menyajikan nilai-nilai dari ES, EF, LS, dan LF pada tabel berikut :

Tabel 4. 5 Identifikasi jalur kritis

Jenis Keg.	ES	EF	LS	LF	D	LF-ES
A	0	6	0	6	6	6
B	6	11	6	11	5	5
C	11	14	11	14	3	3
D	14	21	14	21	7	7
E	21	24	22	25	3	4
F	21	25	21	25	4	4
G	25	63	25	63	38	38
H	63	68	65	70	5	7
I	63	70	63	70	7	7
J	70	90	70	90	20	20
K	90	105	90	105	15	15
L	95	101	109	115	6	20
M	105	107	105	107	2	2
N	107	115	107	115	8	8

Kemudian untuk menentukan kegiatan yang berada pada jalur kritis dapat dilihat pada tabel yang memenuhi ketiga syarat yaitu $ES=LS$, $EF=LF$,

dan $LF-ES = \text{Durasi}$. Aktivitas yang berada pada jalur kritis disajikan pada tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Kegiatan jalur Kritis

Keg	ES	EF	LS	LF	D	LF-ES	Ket.
A	0	6	0	6	6	6	KRITIS
B	6	11	6	11	5	5	KRITIS
C	11	14	11	14	3	3	KRITIS
D	14	21	14	21	7	7	KRITIS
E	21	24	22	25	3	4	TIDAK KRITIS
F	21	25	21	25	4	4	KRITIS
G	25	63	25	63	38	38	KRITIS
H	63	68	65	70	5	7	TIDAK KRITIS
I	63	70	63	70	7	7	KRITIS
J	70	90	70	90	20	20	KRITIS
K	90	105	90	105	15	15	KRITIS
L	95	101	109	115	6	20	TIDAK KRITIS
M	105	107	105	107	2	2	KRITIS
N	107	115	107	115	8	8	KRITIS

Kegiatan yang berada pada jalur kritis dengan menggunakan PDM adalah A,B,C,D,F,G,I,J,K,M,N dan total durasi pengerjaan proyek adalah

$6+5+3+7+4+38+7+20+15+2+8 = 115$ hari. Untuk total upah pekerja pada durasi 115 hari adalah Rp.194.960.995,-. Sehingga total biaya yang dikeluarkan dengan penentuan jalur kritis selama durasi 115 hari adalah Rp.623.962.895,-. Biaya tersebut belum termasuk pajak PPN 10% dan pajak IMB 2%, biaya total setelah pajak sebesar Rp.698.838.443,-. Dengan menggunakan metode PDM pihak pelaksana dapat mempersingkat durasi penyelesaian selama 13 hari dan menghemat biaya sebesar Rp.24.683.685,-.

C. Analisis *Crashing* (Percepatan Durasi)

Crashing merupakan suatu proses mereduksi durasi penyelesaian proyek. Untuk mengoptimalkan durasi dan biaya yang dikeluarkan pada suatu proyek ketika mengalami keterlambatan, *Crashing* dapat dilakukan dengan membandingkan biaya normal dan biaya setelah dipercepat. Karena dalam percepatan durasi suatu proyek akan menambah produktifitas harian dan mengakibatkan bertambahnya biaya operasional proyek.

1. Kegiatan Yang Berada Pada Jalur Kritis

Untuk melakukan analisis *crashing* diperlukan data yang berada pada jalur kritis, pada pembangunan proyek madrasah baiturrahman, kegiatan yang berada pada jalur kritis menggunakan PDM adalah pada kegiatan A,B,C,D,F,G,I,J,K,M,N. Seperti yang disajikan pada tabel 4.6.

2. Melakukan *crashing* pada kegiatan yang berada pada jalur kritis

Untuk melakukan *crashing* atau percepatan durasi pada setiap kegiatan, dapat dilakukan dengan menggunakan alternatif penambahan tenaga kerja. Untuk penambahan tenaga kerja pada kegiatan tersebut diasumsikan dengan penambahan pekerja sebanyak 2 orang dan tukang 1 orang. Dan disajikan pada tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Penambahan tenaga kerja

Tenaga Kerja	Tenaga Kerja Normal (Orang)	Penambahan Tenaga Kerja (Orang)	Tambahan Upah Tenaga Kerja
Pekerja	6	2	Rp. 240.000,-

Tukang	2	1	Rp. 150.000,-
Total	8	3	Rp. 390.000,-

Setelah mengasumsikan jumlah penambahan tenaga kerja untuk melakukan *crashing*, selanjutnya menentukan waktu yang dipersingkat atau *Crash Duration* yang merupakan durasi percepatan setelah melakukan penambahan produktivitas setiap kegiatan. Adapun data yang diperlukan untuk melakukan penambahan produktivitas setiap kegiatan disajikan pada tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Kegiatan, Volume, dan Durasi

Jenis Kegiatan	Uraian Kegiatan	Volume	Durasi (Hari)
B	Penggalian Tanah	115,35	5
C	Pasangan batu kosong/anstam peng	29,00	3
D	Pasangan Pondasi	63,80	7

F	Pembesian rangka dan Beton	2.624,35	4
G	Pasangan Batu- bata	743,78	38
I	Pekerjaan Atap	407,10	7
J	Plesteran	743,79	20
K	Pasangan keramik	259,05	15
M	Pasangan instalasi listrik	16	2
N	Pengecatan dan Finishing	1194,38	8

Kemudian, untuk menghitung produktivitas harian normal dapat dihasilkan dengan menggunakan rumus :

$$Ph \text{ normal (PHn)} = \frac{\text{volume}}{\text{durasi}}$$

Dan untuk menghitung produktivitas harian sesudah *Crash* dapat dihasilkan dengan menggunakan rumus :

$$\text{Produktivitas } Crash \text{ (PHc)} = PHn \times \frac{TPn + TTc}{TPn}$$

Dengan

PHc = Produktivitas Setelah *Crash*

PHn = Produktivitas Normal

TPn = Total Pekerja Normal

TTc = Tambahan Pekerja *Crash*

Sedangkan untuk menghitung total percepatan durasi atau *Crash Duration* adalah dengan rumus :

$$\text{Crash Duration} = \frac{\text{volume}}{\text{PHc}}$$

Selanjutnya menghitung produktivitas harian normal, produktivitas sesudah *Crash*, dan *Crash Duration* pada setiap kegiatan yang berada pada lintasan kritis.

a) Kegiatan B

$$\begin{aligned}\text{Produktivitas Normal (PHn)} &= \frac{\text{volume}}{\text{durasi}} \\ &= \frac{115,35}{5} = 23,07\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Produktivitas Crash (PHc)} &= \text{PHn} \times \frac{\text{TPn} + \text{TTc}}{\text{TPn}} \\ &= 23,07 \times \frac{(8+3)}{8} \\ &= 23,07 \times 1,38 \\ &= 31,84\end{aligned}$$

$$\text{Crash Duration} = \frac{\text{volume}}{\text{PHc}} = \frac{115,35}{31,84} \approx 4$$

b) Kegiatan C

$$\begin{aligned}\text{Produktivitas Normal (PHn)} &= \frac{\text{volume}}{\text{durasi}} \\ &= \frac{29,00}{3} = 9,67\end{aligned}$$

$$\text{Produktivitas Crash (PHc)} = \text{PHn} \times \frac{\text{TPn} + \text{TTc}}{\text{TPn}}$$

$$= 9,67 \times \frac{(8 + 3)}{8}$$

$$= 9,67 \times 1,38 = 13,35$$

$$\text{Crash Duration} = \frac{\text{volume}}{\text{PHc}} = \frac{29,00}{13,35} \approx 2$$

c) Kegiatan D

$$\begin{aligned}\text{Produktivitas Normal (PHn)} &= \frac{\text{volume}}{\text{durasi}} \\ &= \frac{63,80}{7} = 9,11\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Produktivitas Crash (PHc)} &= \text{PHn} \times \frac{\text{TPn} + \text{TTp}}{\text{TPn}} \\ &= 9,11 \times \frac{(8 + 3)}{8} \\ &= 9,11 \times 1,38 \\ &= 12,58\end{aligned}$$

$$\text{Crash Duration} = \frac{\text{volume}}{\text{PHc}} = \frac{63,80}{12,58} \approx 5$$

d) Kegiatan F

$$\begin{aligned}\text{Produktivitas Normal (PHn)} &= \frac{\text{volume}}{\text{durasi}} \\ &= \frac{2.625,35}{4} = 656,09\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Produktivitas Crash (PHc)} &= \text{PHn} \times \frac{\text{TPn} + \text{TTc}}{\text{TPn}} \\ &= 656,09 \times \frac{(8 + 3)}{8} \\ &= 656,09 \times 1,38 \\ &= 905,41\end{aligned}$$

$$\text{Crash Duration} = \frac{\text{volume}}{PHc} = \frac{2.625,35}{905,41} \approx 3$$

e) Kegiatan G

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas Normal (PHn)} &= \frac{\text{volume}}{\text{durasi}} \\ &= \frac{743,78}{38} = 19,58 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas Crash (PHc)} &= PHn \times \frac{TPn+TTc}{TPn} \\ &= 19,58 \times \frac{(8 + 3)}{8} \\ &= 19,58 \times 1,38 \\ &= 27,02 \end{aligned}$$

$$\text{Crash Duration} = \frac{\text{volume}}{PHc} = \frac{743,78}{27,02} \approx 28$$

f) Kegiatan I

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas Normal (PHn)} &= \frac{\text{volume}}{\text{durasi}} \\ &= \frac{407,10}{7} = 58,16 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas Crash (PHc)} &= PHn \times \frac{TPn+TTc}{TPn} \\ &= 58,16 \times \frac{(8 + 3)}{8} \\ &= 58,16 \times 1,38 \\ &= 80,26 \end{aligned}$$

$$\text{Crash Duration} = \frac{\text{volume}}{PHc} = \frac{407,10}{80,26} \approx 5$$

g) Kegiatan J

$$\begin{aligned}\text{Produktivitas Normal (PHn)} &= \frac{\text{volume}}{\text{durasi}} \\ &= \frac{743,79}{20} = 37,19\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Produktivitas Crash (PHc)} &= \text{PHn} \times \frac{\text{TPn} + \text{TTc}}{\text{TPn}} \\ &= 37,19 \times \frac{(8+3)}{8} \\ &= 37,19 \times 1,38 \\ &= 51,33\end{aligned}$$

$$\text{Crash Duration} = \frac{\text{volume}}{\text{PHc}} = \frac{743,79}{51,33} \approx 15$$

Setelah melakukan perhitungan produktivitas harian dan *Crash Duration* selanjutnya menyajikan hasil perhitungan pada tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Perhitungan produktifitas dan *Crash Duration*

Keg.	Uraian Kegiatan	Vol.	Durasi (Hari)	Pn	Ph Crash	Crash Durasi
B	Penggalian Tanah	115,35	5	23,07	31,84	4
C	Pasangan batu kosong/ans tampeng	29,00	3	9,67	13,35	2

D	Pasangan Pondasi	63,80	7	9,11	12,58	5
F	Pembesian rangka dan Beton	2.624,35	4	656,09	905,41	3
G	Pasangan Batu-bata	743,78	38	19,58	27,02	28
I	Pekerjaan Atap	407,10	7	58,16	80,26	5
J	Plesteran	743,79	20	37,19	51,33	15
K	Pasangan keramik	259,05	15	17,27	23,75	11
M	Pasangan instalasi listrik	16	2	8	12	1
N	Pengecatan dan Finishing	1194,38	8	149,30	223,95	5

3. Menghitung Biaya percepatan atau *Crash Cost*

Crash Cost merupakan biaya yang diminimumkan pada suatu aktivitas proyek. Pada perhitungan *Crash Cost* membutuhkan data dari biaya normal yang kemudian dijumlahkan dengan total tambahan upah pekerja setelah *Crash*. Total

tambahan upah pekerja setelah *crashing* dapat dihitung dengan rumus *total tambahan upah* × *Crash Duration*. Disajikan pada tabel 4.10.

Tabel 4. 10 Normal Cost, Total Tambahan Upah, Crash Duration, Total Tambahan Upah Crash, Crash Cost

Keg .	Normal Cost	Total Tambahan Upah	Crash Duration	Upah Setelah Crash	Crash Cost
B	Rp. 8.651.250	Rp. 390.000	4	Rp. 1.560.000	Rp. 10.211.250
C	Rp. 15.712.200	Rp. 390.000	2	Rp. 780.000	Rp. 16.492.200
D	Rp. 59.345.484	Rp. 390.000	5	Rp. 1.950.000	Rp. 61.295.484
F	Rp. 77.244.104	Rp. 390.000	3	Rp. 1.170.000	Rp. 78.414.104
G	Rp. 53.380.090	Rp. 390.000	28	Rp. 1.0920.000	Rp. 64.300.090

I	Rp. 160.168. 600	Rp. 390.000	5	Rp. 1.950.000	Rp. 162.11 8.600
J	Rp. 45.594.7 20	Rp. 390.000	15	Rp. 5.850.000	Rp. 51.054 .720
K	Rp. 53.714.0 17	Rp. 390.000	11	Rp. 4.290.000	Rp. 58.004 .017
M	Rp. 11.080.0 00	Rp. 120.000	1	Rp. 120.000	Rp. 11.200 .000
N	Rp. 39.353.4 80	Rp. 270.000	5	Rp. 1.350.000	Rp. 40.703 .480

4. Menghitung Nilai *Cost Slope*

Cost Slope merupakan biaya yang dikeluarkan untuk melakukan percepatan durasi proyek. *Cost Slope* didapatkan dari perbandingan antara selisih biaya dan selisih durasi setiap aktivitas proyek. Atau dengan rumus :

$$CostSlope = \frac{Crash\ Cost - Normal\ Cost}{Normal\ Durasi - Crash\ Duration}$$

a) Kegiatan B

$$\begin{aligned} \text{CostSlope} &= \frac{10.211.250 - 8.651.250}{5 - 4} \\ &= \frac{1.560.000}{1} \\ &= \text{Rp.1.560.000} \end{aligned}$$

b) Kegiatan C

$$\begin{aligned} \text{CostSlope} &= \frac{16.492.200 - 15.712.200}{3 - 2} \\ &= \frac{780.000}{1} \\ &= \text{Rp.780.000} \end{aligned}$$

c) Kegiatan D

$$\begin{aligned} \text{CostSlope} &= \frac{61.295.484 - 59.345.484}{7 - 5} \\ &= \frac{1.950.000}{2} \\ &= \text{Rp.975.000} \end{aligned}$$

d) Kegiatan F

$$\begin{aligned} \text{CostSlope} &= \frac{78.414.104 - 77.244.104}{4 - 3} \\ &= \frac{1.170.000}{1} \\ &= \text{Rp.1.170.000} \end{aligned}$$

e) Kegiatan M

$$\begin{aligned}
 \text{CostSlope} &= \frac{11.200000 - 11.080.000}{2 - 1} \\
 &= \frac{120.000}{1} \\
 &= \text{Rp. } 120.000
 \end{aligned}$$

Kemudian hasil dari perhitungan *Cost Slope* dari setiap aktivitas disajikan pada tabel 4.11.

Tabel 4. 11 Nilai *Cost Slope*

Keg	Cost		Selisih Cost	Durasi		Selisih Durasi	Cost Slope
	Normal	Crash		Normal	Crash		
B	Rp. 8.651 .250	Rp. 10.21 1.250	Rp. 1.560.0 00	5	4	1	Rp. 1.560. 000
C	Rp. 15.71 2.200	Rp. 16.49 2.200	Rp. 780.00 0	3	2	1	Rp. 780.00 0
D	Rp. 59.34 5.484	Rp. 61.29 5.484	Rp. 1.950.0 00	7	5	2	Rp. 975.00 0

F	Rp. 77.24 4.104	Rp. 78.41 4.104	Rp. 1.170.0 00	4	3	1	Rp. 1.170. 000
G	Rp. 53.38 0.090	Rp. 64.30 0.090	Rp. 1.0920. 000	38	28	10	Rp. 1.092. 000
I	Rp. 160.1 68.60 0	Rp. 162.1 18.60 0	Rp. 1.950.0 00	7	5	2	Rp. 975.00 0
J	Rp. 45.59 4.720	Rp. 51.44 4.720	Rp. 5.850.0 00	20	15	5	Rp. 1.170. 000
K	Rp. 53.71 4.017	Rp. 58.00 4.017	Rp. 4.290.0 00	15	11	4	Rp. 1.072. 500
M	Rp. 11.08 0.000	Rp. 11.20 0.000	Rp. 120.00 0	2	1	1	Rp. 120.00 0
N	Rp. 39.35 3.480	Rp. 40.70 3.480	Rp. 1.350.0 00	8	5	3	Rp. 450.00 0

Setelah mengetahui *Cost Slope*, *Crashing* dilakukan pada kegiatan dengan *cost slope* terendah kemudian diulang beberapa kali sehingga mencapai titik jenuh. Diperoleh *cost slope* terendah berada pada kegiatan M kemudian diulang pada kegiatan N selanjutnya pada kegiatan C, D, dan I. Disajikan pada tabel 4.12.

Tabel 4. 12 Rekapitulasi *cost slope* dengan tambahan tenaga kerja

Keg	Normal Durasi	Normal Cost	Crash Duration	Crash Cost	Cost Slope
M	2	11.080.000	1	11.200.000	120.000
N	8	39.353.480	5	40.703.480	450.000
C	3	15.712.200	2	16.492.200	780.000
D	7	59.345.484	5	61.295.484	975.000
I	7	160.168.600	5	162.118.600	975.000

Setelah *crashing* dilakukan pada kegiatan I kemudian menghasilkan lintasan kritis baru

pada kegiatan H. Selanjutnya *crashing* dilakukan pada kegiatan H.

f) Kegiatan H

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas Normal (PHn)} &= \frac{\text{volume}}{\text{durasi}} \\ &= \frac{388,93}{5} = 77,79 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas Crash (PHc)} &= Pn \times \frac{TPn+TTc}{TPn} \\ &= 77,79 \times \frac{(8 + 3)}{8} \\ &= 77,79 \times 1,38 \\ &= 107,35 \end{aligned}$$

$$\text{Crash Duration} = \frac{\text{volume}}{PHc} = \frac{388,93}{107,35} \approx 4$$

$$\begin{aligned} \text{CostSlope} &= \frac{72.269.950 - 70.709.950}{5 - 4} \\ &= \frac{1.560.000}{1} \\ &= \text{Rp. 1.560.00} \end{aligned}$$

Pada *crashing* kegiatan H, kemudian menghasilkan lintasan kritis seperti pada lintasan kritis sebelumnya yaitu A,B,C,D,F,G,I,J,K,M,N. *Cost slope* dari kegiatan H lebih tinggi dari kegiatan yang lain dan untuk kegiatan H tidak memenuhi kegiatan yang berada pada lintasan kirtis maka *crashing*

dilanjutkan untuk kegiatan K,G,J,F,B. dan disajikan pada tabel 4.13.

Tabel 4. 13 Rekapitulasi *cost slope* setelah menemukan lintasan kritis baru

Keg	Normal Durasi	Normal Cost	Crash Duration	Crash Cost	Cost Slope
K	15	53.714.017	11	58.004.017	1.072.500
G	38	53.380.090	28	64.300.090	1.092.000
J	20	45.594.720	15	51.444.720	1.170.000
F	4	77.244.104	3	78.414.104	1.170.000
B	5	8.651.250	4	10.211.250	1.560.000

setelah *crashing* pada kegiatan B, dilanjutkan pada kegiatan A. Proses *crasing* dihentikan karena pada kegiatan A tidak dapat dipercepat, sehingga disimpulkan sudah mencapai titik jenuh.

5. Membandingkan Total Biaya Normal dengan Total Biaya Dipercepat

Setelah *crashing* mencapai titik jenuh dan tidak dapat dipercepat, selanjutnya membandingkan total biaya normal dan total biaya setelah *crashing*. Berikut perhitungan biaya dengan penambahan tenaga kerja.

Kondisi Normal

Durasi normal = 128 hari

Biaya langsung = Rp. 646.001.900

Biaya tidak langsung =

$2\% \text{ biaya total} + 10\% \text{ PPN biaya total}$
 $= \text{Rp. } 12.920.038 + \text{Rp. } 64.600.190$

$= \text{Rp. } 77.520.228$

Total =

$\text{biaya langsung} + \text{biaya tidak langsung}$

$= \text{Rp. } 646.001.900 + \text{Rp. } 77.520.228$

$= \text{Rp. } 723.522.128$

Setelah *crashing* dengan tambahan tenaga kerja

a) *Crashing* pada kegiatan M

Durasi baru = 127 hari

Cost Slope = Rp. 120.000

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya langsung} &= \\
 &= \text{biaya langsung normal} + \text{cost slope} \\
 &= \text{Rp. 646.001.900} + \text{Rp. 120.000} \\
 &= \text{Rp. 646.121.900}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya tidak langsung} &= \frac{\text{biaya tidak langsung normal}}{\text{durasi normal}} \times \text{durasi baru} \\
 &= \frac{\text{Rp. 77.520.228}}{128} \times 127 \\
 &= \text{Rp. 76.914.629}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total biaya cost} &= \text{Rp. 646.121.900} + \text{Rp. 76.914.629} \\
 &= \text{Rp. 723.036.529}
 \end{aligned}$$

b) *Crashing* pada kegiatan N

$$\begin{aligned}
 \text{Durasi baru} &= 124 \text{ hari} \\
 \text{Cost Slope} &= \text{Rp. 450.000}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya langsung} &= \text{biaya langsung normal} + \text{cost slope} \\
 &= \text{Rp. 646.121.900} + \text{Rp. 450.000} \\
 &= \text{Rp. 646.571.900}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya tidak langsung} &= \frac{\text{biaya tidak langsung normal}}{\text{durasi normal}} \times \text{durasi baru} \\
 &= \frac{\text{Rp. 77.520.228}}{128} \times 124 \\
 &= \text{Rp. 75.097.721}
 \end{aligned}$$

Total biaya cost

$$= \text{Rp. } 646.571.900 + \text{Rp. } 75.097.721$$

$$= \text{Rp. } 721.669.621$$

c) *Crashing* pada kegiatan C

$$\text{Durasi baru} = 123 \text{ hari}$$

$$\text{Cost Slope} = \text{Rp. } 780.000$$

Biaya langsung =

biaya langsung normal + cost slope

$$= \text{Rp. } 646.571.900 + \text{Rp. } 780.000$$

$$= \text{Rp. } 647.351.900$$

Biaya tidak langsung =

$\frac{\text{biaya tidak langsung normal}}{\text{durasi normal}} \times \text{durasi baru}$

$$= \frac{\text{Rp. } 77.520.228}{128} \times 123$$

$$= \text{Rp. } 74.492.094$$

Total biaya cost

$$= \text{Rp. } 647.351.900 + \text{Rp. } 74.492.094$$

$$= \text{Rp. } 721.843.994$$

d) *Crashing* pada kegiatan D

$$\text{Durasi baru} = 121 \text{ hari}$$

$$\text{Cost Slope} = \text{Rp. } 975.000$$

Biaya langsung

= biaya langsung normal + Cost Slope

$$= \text{Rp. } 647.351.900 + \text{Rp. } 975.000$$

$$= \text{Rp. } 648.326.900$$

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya tidak langsung} &= \\
 &\frac{\text{biaya tidak langsung normal}}{\text{durasi normal}} \times \text{durasi baru} \\
 &= \frac{\text{Rp.77.520.228}}{128} \times 121 \\
 &= \text{Rp. 73.280.841}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total biaya cost} &= \\
 &= \text{Rp. 648.326.900} + \text{Rp. 73.280.841} \\
 &= \text{Rp. 721.607.741}
 \end{aligned}$$

e) *Crashing* pada kegiatan I

$$\begin{aligned}
 \text{Durasi baru} &= 119 \text{ hari} \\
 \text{Cost Slope} &= \text{Rp. 975.000}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya langsung} &= \\
 &\text{biaya langsung normal} + \text{cost slope} \\
 &= \text{Rp. 648.326.900} + \text{Rp. 975.000} \\
 &= \text{Rp. 649.301.900}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya tidak langsung} &= \\
 &\frac{\text{biaya tidak langsung normal}}{\text{durasi normal}} \times \text{durasi baru} \\
 &= \frac{\text{Rp.77.520.228}}{128} \times 119 \\
 &= \text{Rp. 72.069.587}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total biaya cost} &= \\
 &= \text{Rp. 649.301.900} + \text{Rp. 72.069.587} \\
 &= \text{Rp. 721.371.487}
 \end{aligned}$$

f) *Crashing* pada kegiatan K

$$\begin{aligned}
 \text{Durasi baru} &= 115 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

$$\text{Cost Slope} = \text{Rp. 1.072.500}$$

Biaya langsung =

biaya langsung normal + cost slope

$$= \text{Rp. 649.301.900} + \text{Rp. 1.072.500}$$

$$= \text{Rp. 650.374.400}$$

Biaya tidak langsung = =

$\frac{\text{biaya tidak langsung normal}}{\text{durasi normal}} \times \text{durasi baru}$

$$= \frac{\text{Rp.77.520.228}}{128} \times 115$$

$$= \text{Rp. 69.647.080}$$

Total biaya cost

$$= \text{Rp. 650.374.400} + \text{Rp. 69.647.080}$$

$$= \text{Rp. 720.021.480}$$

g) *Crashing* pada kegiatan G

Durasi baru = 105 hari

Cost Slope = Rp. 1.092.000

Biaya langsung =

biaya langsung normal + cost slope

$$= \text{Rp. 650.374.400} + \text{Rp. 1.092.000}$$

$$= \text{Rp. 651.466.400}$$

Biaya tidak langsung =

$\frac{\text{biaya tidak langsung normal}}{\text{durasi normal}} \times \text{durasi baru}$

$$= \frac{\text{Rp.77.520.228}}{128} \times 105$$

$$= \text{Rp. 63.590.812}$$

$$\begin{aligned}
\text{Total biaya cost} &= \\
&= \text{Rp. } 651.466.400 + \text{Rp. } 63.590.812 \\
&= \text{Rp. } 715.057.212
\end{aligned}$$

h) *Crashing* pada kegiatan J

$$\begin{aligned}
\text{Durasi baru} &= 100 \text{ hari} \\
\text{Cost Slope} &= \text{Rp. } 1.170.000
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Biaya langsung} &= \\
&\text{biaya langsung normal} + \text{cost slope} \\
&= \text{Rp. } 651.466.400 + \text{Rp. } 1.170.000 \\
&= \text{Rp. } 652.636.400
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Biaya tidak langsung} &= \\
&\frac{\text{biaya tidak langsung normal}}{\text{durasi normal}} \times \text{durasi baru} \\
&= \frac{\text{Rp. } 77.520.228}{128} \times 100 \\
&= \text{Rp. } 60.562.678
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Total biaya cost} &= \\
&= \text{Rp. } 652.636.400 + \text{Rp. } 60.562.678 \\
&= \text{Rp. } 713.199.078
\end{aligned}$$

i) *Crashing* pada kegiatan F

$$\begin{aligned}
\text{Durasi baru} &= 99 \text{ hari} \\
\text{Cost Slope} &= \text{Rp. } 1.170.000
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Biaya langsung} &= \\
&\text{biaya langsung normal} + \text{cost slope} \\
&= \text{Rp. } 652.636.400 + \text{Rp. } 1.170.000 \\
&= \text{Rp. } 653.806.400
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya tidak langsung} &= &= \\
 &= \frac{\text{biaya tidak langsung normal}}{\text{durasi normal}} \times \text{durasi baru} \\
 &= \frac{\text{Rp.77.520.228}}{128} \times 99 \\
 &= \text{Rp.59.957.051}
 \end{aligned}$$

Total biaya cost

$$\begin{aligned}
 &= \text{Rp.653.806.400} + \text{Rp.59.957.051} \\
 &= \text{Rp.713.763.451}
 \end{aligned}$$

j) *Crashing* pada kegiatan B

$$\begin{aligned}
 \text{Durasi baru} &= 98 \text{ hari} \\
 \text{Cost Slope} &= \text{Rp.1.560.000}
 \end{aligned}$$

Biaya langsung =

$$\begin{aligned}
 &= \text{biaya langsung normal} + \text{cost slope} \\
 &= \text{Rp.653.806.400} + \text{Rp.1.560.000} \\
 &= \text{Rp.655.366.400}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya tidak langsung} &= &= \\
 &= \frac{\text{biaya tidak langsung normal}}{\text{durasi normal}} \times \text{durasi baru} \\
 &= \frac{\text{Rp.77.520.228}}{128} \times 98 \\
 &= \text{Rp.59.351.425}
 \end{aligned}$$

Total biaya cost

$$\begin{aligned}
 &= \text{Rp.655.366.400} + \text{Rp.59.351.425} \\
 &= \text{Rp.714.717.825}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan biaya total setelah *crashing* pada proyek pembangunan madrasah baiturrahman disajikan pada tabel 4.14.

Tabel 4. 14 Total Biaya Setelah *Crashing*

Keg	Durasi Baru	Biaya Langsung	Biaya Tidak Langsung	Total Biaya
M	127	Rp. 646.121.900	Rp. 76.914.629	Rp. 723. 036.529
N	124	Rp. 646.571.900	Rp. 75.097.721	Rp. 721.669.621
C	123	Rp. 647.351.900	Rp. 74.492.094	Rp. 721.843.994
D	121	Rp. 648.326.900	Rp. 73.280.841	Rp. 721.607.741
I	119	Rp. 649.301.900	Rp. 72.069.587	Rp. 721.371.487
K	115	Rp. 650.374.400	Rp. 69.647.080	Rp. 720.021.480

G	105	Rp. 651.466.4 00	Rp. 63.590.812	Rp. 715.057.2 12
J	100	Rp. 652.636.4 00	Rp. 60.562.678	Rp. 713.199.6 78
F	99	Rp. 653.806.4 00	Rp. 59.957.051	Rp. 713.763.4 51
B	98	Rp. 655.366.4 00	Rp. 59.351.425	Rp. 714.717.8 25

Dari hasil perhitungan biaya total yang disajikan pada tabel diatas dapat dilihat bahwa proses *crashing* yang dilakukan pada setiap kegiatan mengalami kenaikan pada biaya langsung dan mengalami penurunan pada biaya tidak langsung. Perbandingan antara kenaikan biaya langsung dengan penurunan biaya tidak langsung menunjukkan bahwa penurunan biaya tidak langsung lebih besar daripada kenaikan biaya langsung. Dapat diartikan bahwa biaya total proyek setelah *crashing* mengalami penurunan dari biaya total normal proyek. Namun, pada

kegiatan F dan B biaya total proyek mengalami kenaikan sehingga dapat disimpulkan bahwa proyek hanya dapat dioptimalkan dengan durasi 100 hari atau dapat dipercepat sampai 28 hari.

Pada *crashing* dengan alternatif penambahan tenaga kerja waktu penyelesaian dapat dipercepat sampai 28 hari, apabila penyelesaian proyek menggunakan metode PDM 115 hari maka dengan *crashing* dapat dipercepat dengan durasi 87 hari. Berikut adalah perbandingan biaya yang dikeluarkan pada waktu normal menggunakan PDM dengan *crashing* selama 28 hari.

Kondisi Normal dengan PDM

Durasi normal = 115 hari

Biaya langsung = Rp. 623.962.859

Biaya tidak langsung

= 2% *biaya total* + 10% *PPN biaya total*

= Rp. 12.479.298 + Rp. 62.396.286

= Rp. 74.875.584

Total = *biaya langsung* +

biaya tidak langsung

= Rp. 623.962.859 + Rp. 74.875.584

$$= \text{Rp. } 698.838.443$$

Setelah *crashing* dengan tambahan tenaga kerja

$$\text{Durasi baru} = 87 \text{ hari}$$

$$\text{Cost Slope} = \text{Rp. } 6.634.500$$

$$\text{Biaya langsung} =$$

$$\text{biaya langsung normal} + \text{cost slope}$$

$$= \text{Rp. } 623.962.895 + \text{Rp. } 6.634.500$$

$$= \text{Rp. } 630.597.395$$

$$\text{Biaya tidak langsung} =$$

$$\frac{\text{biaya tidak langsung normal}}{\text{durasi normal}} \times \text{durasi baru}$$

$$= \frac{\text{Rp. } 74.875.584}{115} \times 87$$

$$= \text{Rp. } 56.645.007$$

$$\text{Total biaya cost}$$

$$= \text{Rp. } 630.597.395 + \text{Rp. } 56.645.007$$

$$= \text{Rp. } 687.242.402$$

Dari hasil perhitungan diatas, total biaya yang dikeluarkan dengan efisiensi *crashing* selama 28 hari sesuai data dilapangan dan perhitungan PDM disajikan pada tabel 4.15.

Tabel 4. 15 Perbandingan Total Biaya

Penyelesaian Proyek	Normal		Efisiensi Crash	Crash	
	Durasi	Cost		Durasi	Cost
Rill Lapangan	128	Rp. 723.522.128	28	100	Rp. 713.199.078
Metode PDM	115	Rp. 698.838.443	28	87	Rp. 687.242.402

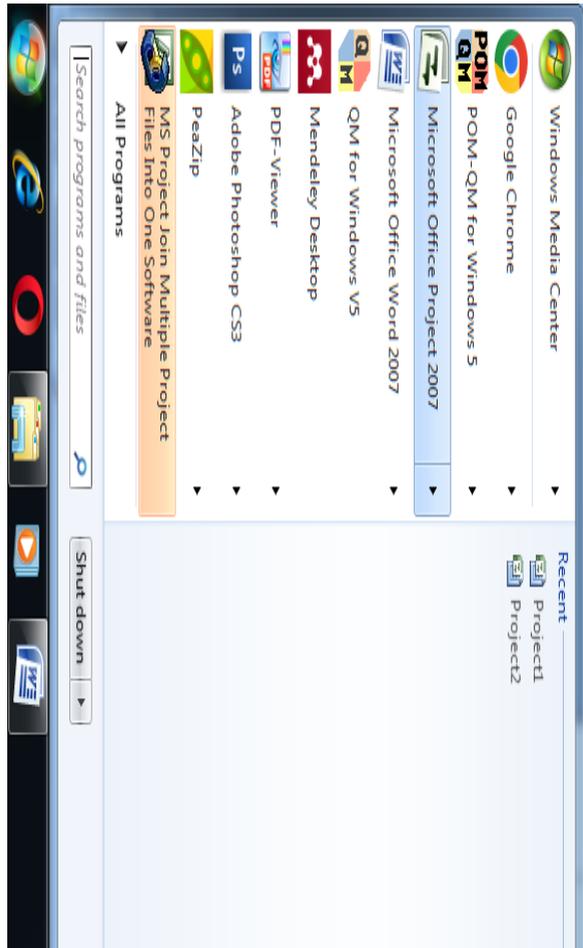
Dari hasil perhitungan diatas, dengan menggunakan metode PDM proyek dapat diselesaikan selama 115 hari sedangkan rill dilapangan proyek selesai dengan durasi 128 hari. dalam hal ini, pelaksana dapat mempersingkat waktu selama 13 hari. Untuk anggaran biaya yang dikeluarkan sesuai rill dilapangan sebesar Rp.723.522.128,-. Jika proyek dipercepat dengan *crashing* menggunakan alternatif penambahan tenaga kerja dapat diselesaikan dengan selisih waktu 28 hari dan memerlukan biaya sebesar Rp.713.199.078,- maka pelaksana dapat menghemat biaya sebesar Rp.10.323.050,-.

D. Penentuan Durasi dengan *Microsoft Project 2007*

Microsoft project merupakan *software* administrasi proyek yang digunakan untuk melakukan perencanaan, pengelolaan, pengawasan, dan pelaporan data dari suatu proyek yang disediakan dalam *Microsoft office*.

Langkah-langkah dalam menggunakan *software Microsoft project* dalam untuk penjadwalan proyek.

1. Klik start kemudian arahkan kursor pada *Microsoft project* dan klik untuk masuk ke lembar kerja seperti pada Gambar 4.2 berikut.



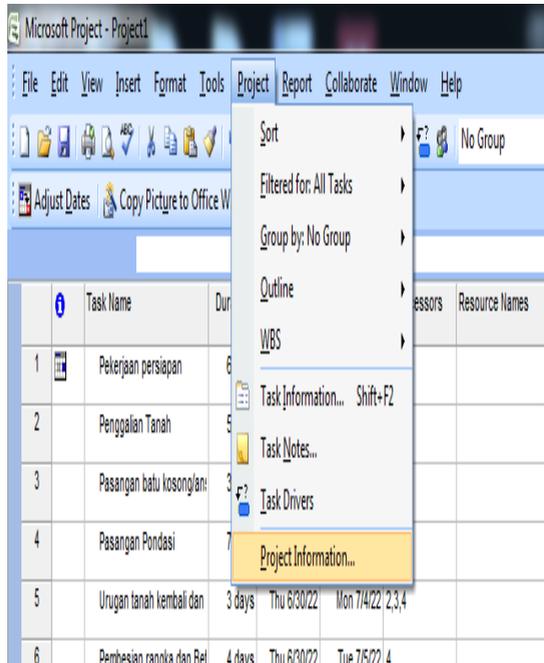
Gambar 4. 2 Tampilan *Windows*

- Input data yang dibutuhkan untuk penjadwalan proyek. Ditampilkan pada Gambar 4.3 berikut.

Task ID	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	Resource Names
1	Pekerjaan persiapan	6 days	Mon 6/6/22	Mon 6/13/22		
2	Penggalan Tanah	5 days	Mon 6/13/22	Sun 6/19/22	1	
3	Pasangan batu kosong/anj	3 days	Sun 6/19/22	Wed 6/22/22	2	
4	Pasangan Pondasi	7 days	Wed 6/22/22	Thu 6/30/22	2,3	
5	Urugan tanah kembali dan	3 days	Thu 6/30/22	Mon 7/4/22	2,3,4	
6	Pembesian rangka dan Bel	4 days	Thu 6/30/22	Tue 7/5/22	4	
7	Pasangan Batu bata	38 days	Tue 7/5/22	Thu 8/16/22	4,6	
8	Pasangan rangka pintu dai	5 days	Thu 8/16/22	Wed 8/24/22	7	
9	Pekerjaan Atap	7 days	Sat 8/27/22	Sat 8/27/22	6,7	
10	Plesteran	20 days	Sat 8/27/22	Mon 9/19/22	7,8,9	
11	Pasangan keramik	15 days	Mon 9/19/22	Thu 10/6/22	9,10	
12	Pasangan pintu dan kunci	6 days	Sun 9/25/22	Sun 10/2/22	8,10,11SS+5 day	
13	Pasangan instalasi listrik	2 days	Thu 10/6/22	Sun 10/9/22	9,12SS,10SS,11	
14	Pengecatan dan Finishing	8 days	Sun 10/9/22	Tue 10/18/22	11,12SS,13	

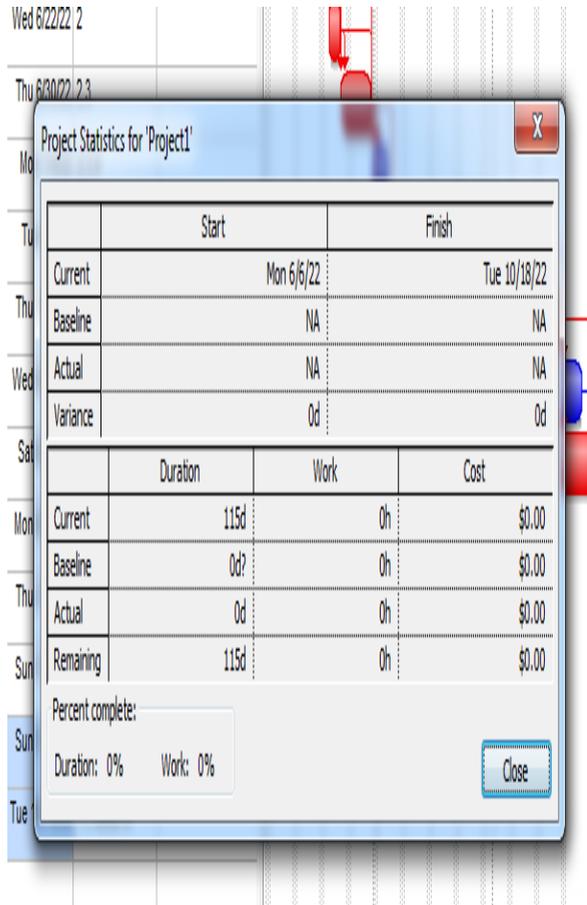
Gambar 4. 3 Aktivitas, Durasi Proyek dan Hubungan Aktivitas

3. Untuk mengetahui durasi selesainya proyek dapat dilihat dengan mengklik *Project>klik Project Information* seperti pada Gambar 4.4 berikut.



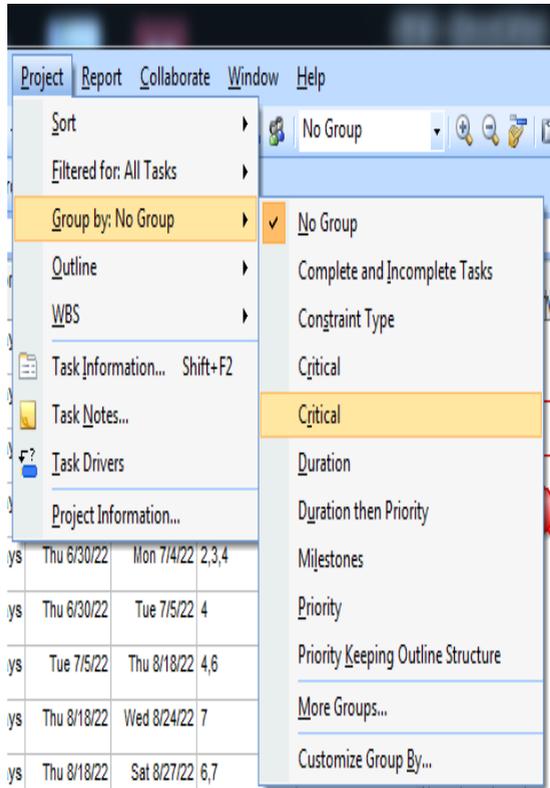
Gambar 4. 4 Project Information

Kemudian setelah muncul tampilan *Project Information* lanjutkan dengan klik *Statistics* dan tampilan durasi penyelesaian akan muncul seperti pada Gambar 4.5 berikut.



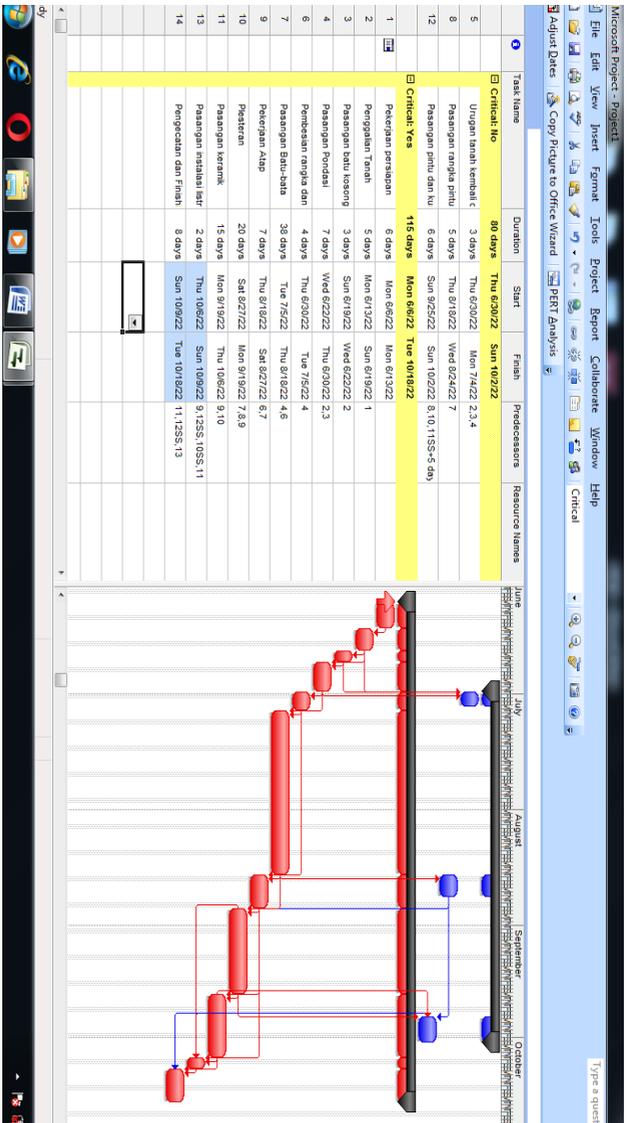
Gambar 4. 5 Durasi Penyelesaian Proyek

4. Untuk mengetahui kegiatan yang berada pada lintasan kritis maka dilanjutkan dengan mengklik *Project > Group by > Critical* seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.6 berikut.



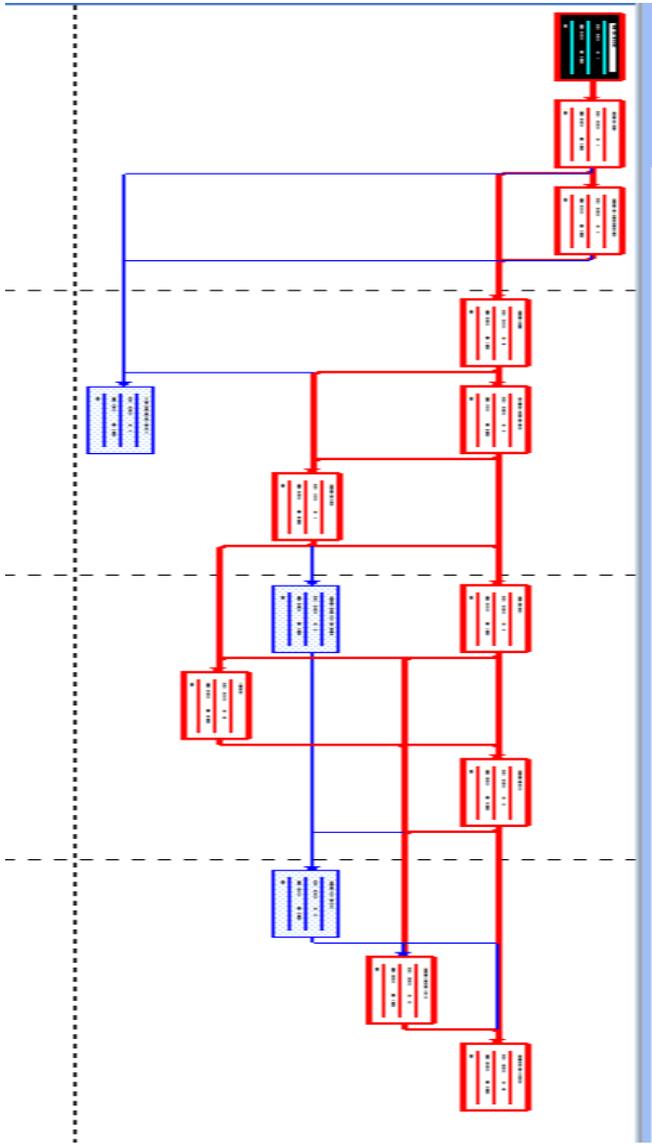
Gambar 4. 6 Tampilan Critical Microsoft Project

Selanjutnya akan muncul tampilan yang berada pada lintasan kritis seperti pada Gambar 4.7 berikut.



Gambar 4. 7 Kegiatan yang berada pada Jalur Kritis

Pada penjadwalan proyek metode PDM menggunakan *software Microsoft project* didapatkan kegiatan yang berada pada lintasan kritis adalah kegiatan A,B,C,D,F,G,I,J,K,M,N dengan durasi total proyek adalah 115 hari. Untuk gambar *diagram network* ditampilkan pada Gambar 4.8 berikut.



Gambar 4. 8 Network Diagram

E. Pembahasan

Pada hasil perhitungan metode PDM, jalur kritis berada pada kegiatan A,B,C,D,F,G,I,J,K,M,N dengan total durasi penyelesaian proyek selama 115 hari. Untuk mempercepat penyelesaian proyek dapat menggunakan *crashing* dengan alternatif penambahan tenaga kerja, dengan melakukan *crashing* pada setiap kegiatan yang berada pada lintasan kritis diperoleh total durasi normal 128 hari dapat dipercepat selama 100 hari. Artinya proyek tersebut dapat dipercepat dengan efisiensi durasi selama 28 hari. Jika percepatan durasi dihitung dari lintasan kritis menggunakan PDM dengan durasi 115 hari, maka proyek dapat diselesaikan selama 87 hari.

Menurut data dilapangan proyek ini diselesaikan selama 128 hari, sedangkan untuk perencanaan awal proyek dapat diselesaikan dengan durasi 121 hari. Dalam hal ini, penjadwalan proyek dengan menggunakan metode PDM paling cepat selesai dan optimal karena proyek dapat dijadwal dan diselesaikan dengan durasi 115 hari. Proyek ini mengalami keterlambatan sehingga biaya yang dikeluarkan pada proyek ini akan bertambah, karena pada pembangunan proyek ini menggunakan sistem pembayaran harian.

Dalam sistem pembayaran harian semakin lama durasi yang diselesaikan maka semakin bertambah juga biaya operasional yang dikeluarkan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dari data pembangunan proyek Madrasah Baiturrahman Desa Kabunan Kecamatan Dukuhwaru Kabupaten Tegal, kesimpulan yang dapat diambil dalam penelitian ini adalah:

1. Dengan menggunakan metode PDM didapatkan lintasan kritis pada kegiatan A,B,C,D,F,G,I,J,K,M,N dengan durasi penyelesaian proyek adalah 115 hari. Pada pembangunan proyek ini pihak pelaksana tidak menggunakan metode PDM, Namun target penyelesaian proyek adalah 121 hari. Sedangkan untuk rill penyelesaian dilapangan proyek selesai dengan durasi 128 hari, jika durasi penyelesaian metode PDM dibandingkan dengan target penyelesaian dan durasi riil dilapangan, maka metode PDM memiliki durasi penyelesaian paling cepat dan optimal.
2. Proyek mengalami keterlambatan selama 7 hari, dengan metode *crashing* menggunakan alternatif penambahan tenaga kerja proyek dapat dipercepat dengan efisiensi durasi selama 28 hari. Apabila dihitung sesuai dengan data di lapangan diperoleh

total durasi proyek menjadi 100 hari dengan total biaya sebesar Rp.713.199.078,- sehingga pelaksana proyek dapat menghemat biaya sebesar Rp.10.323.050,-. Apabila dihitung sesuai dengan durasi menggunakan PDM diperoleh total durasi proyek menjadi 87 hari dengan total biaya sebesar Rp.687.242.402,- sehingga pelaksana proyek dapat menghemat biaya sebesar Rp.11.596.041,-.

B. Implikasi

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai salah satu sumber pertimbangan bagi para pemegang proyek untuk pengendalian dan penjadwalan proyek. Penelitian ini juga dapat menambah wawasan pembaca terkait metode PDM untuk mengetahui durasi penyelesaian proyek yang sedang berlangsung maupun sudah selesai dan dapat menggunakan metode *crashing* untuk percepatan durasi ketika proyek mengalami keterlambatan

C. Saran

Untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat melakukan penjadwalan menggunakan metode-metode lain untuk dibandingkan dengan metode PDM dan dapat menggunakan *crashing* pada percepatan durasi proyek dengan alternatif yang lain untuk

mempercepat durasi penyelesaian proyek agar dapat meminimalkan biaya yang dikeluarkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anenda, L. P. (2020). Analisis Network Planning pada Proyek Konstruksi Jalan Menggunakan Metode PERT-CPM dan Crashing.
- Anggraeni, E. R. (2017). Analisis Percepatan Proyek Menggunakan Crashing Dengan Penambahan RTenaga Kerja dan Shift Kerja Studi Kasus: Proyek Pembangunan Hotel Grand Keisha, Yogyakarta. *e-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 605-614.
- Aprilia, s. (2023). Crashing menggunakan system penambahan jam kerja dengan Menggunakan metode PDM (precedence Diagram Method).
- Dimiyati, H. d. (2014). *Manajemen Proyek*. Bandung: Pustaka setia.
- Dipohusodo, I. (1996). *Manajemen Proyek dan Konstruksi Jilid 1*. Yogyakarta: Kanisius.
- Elisabeth, R. A., Widi, H., & Sugiyarto. (2017). Analisis Percepatan Proyek Menggunakan Metode Crashing dengan Penambahan Tenaga Kerja dan Shift Kerja. *e-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL*.
- Ermiyati, Fakhri, Suprasman, & Mulyadi, F. (2022). Analisis Network Planning Dan Crash Program Pada Proyek Pembangunan Rumah Susun Yayasan Pondok Modern Al Kautsar. *Journal of Informatic and Computer Science Engineering*, 2, 1-20.
- Ervianto, W. I. (2005). *Manajemen Proyek Konstruksi Edisi Revisi (Vol. III)*. Yogyakarta: ANDI.

- Fajar, U. P., & Mulyono. (2021). Penjadwalan Ulang Proyek Konstruksi Menggunakan PDM DAN CPM. *UNNES Journal of Mathematics*, 10, 62-72.
- Husein, Y. A. (2018). Project Management Monitoring And Controlling Using Earned Value Management and Program Evaluation Review Technique (Case Study at Project BPJS Surakarta). *Universitas Surakarta*, 1-20.
- Husen, A. (2010). *Manajemen Proyek*. Yogyakarta: CV Andi Offset.
- Khoiroh, S. M. (2018). Mengoptimalkan Crashing Project Pemasangan Saluran Rumah di Perumahan X Dengan Pendekatan CPM-PERT. *Jurnal Teknik Industri HEURISTIC*, 15, 39-48.
- Kuhl, M. E., & Radhames. (2008). A Dynamic Crashing Method for Project Management Using Simulation-Based Optimization. *Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference*.
- Kusrianto, A. (2008). *Panduan Lengkap Memakai Microsoft Project 2007*. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo.
- Mora, F. P. (2001). Dynamic Planning And Controlling Methodology For Design Fast Track Construction Project. *International Journal Of Construction Engineering And Management ASCE*, 127, 1-17.
- Nurhayati. (2010). *Manajemen Proyek*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Nurwahidin, M. (2016). Analisa Network Planning dan Sumber Daya Pada Proyek Pengembangan Dermaga Semampir

- Dengan Critical Path Method (CPM). *Proseding Seminar Nasional Pascasarjana STTAL*, 1-16.
- Priyo, M. (2017). Penerapan Metode Earn Value dan Project Crashing Pada Proyek Konstruksi: Studi Kasus Pembangunan Gedung IGD RSUD Sunan Kalijaga, Demak. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*, 20, 29-50.
- Safitri, E., Basriati, S., & Hanum, L. (2019). Optimasi Penjadwalan Proyek Menggunakan CPM DAN PDM. *Jurnal Sains Matematika dan Statistika*, 5, 17-25.
- Siang, J. J. (2011). *Riset Operasi Dalam Pendekatan Algoritmis*. Yogyakarta: ANDI.
- Siswanto. (2007). *Operations Research Jilid kedua*. Jakarta: Erlangga.
- Siti, L. (2020). Optimalisasi Manajemen Waktu dan Biaya Terhadap Pembangunan Proyek (Studi Kasus Penyelesaian Pembangunan Puskesmas 1 Batur CV. SENDO HOKAGE). *Journal of Economic, Business and Engineering (JEBE)*, 1, 326-334.
- Stefanus, Y. e. (2017). Analisis Percepatan Waktu Penyelesaian Proyek Menggunakan Metode Fast Track dan Crash Program. *Jurnal Media Teknik Sipil*, 15, 74-81.
- Triyuliana, A. H. (2008). *Panduan Aplikatif Pengelolaan Proyek Dengan Microsoft Project 2007*. Yogyakarta: ANDI.

LAMPIRAN

Rencana Anggaran Biaya Operasional

RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB)						
KEGIATAN	PEMBANGUNAN GEDUNG					
PEKERJAAN	PEMBANGUNAN GEDUNG RA DAN RAB BAITURRAHMAN					
LOKASI	DESA KABUNAN KECAMATAN DUKUHWARU KABUPATEN TEGAL					
TAHUN ANGGARAN	: 2022					
Uraian Pekerjaan	Analisa Yang Dipakai	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)	Jumlah Semua (Rp)	
2	3	4	5	6	7	
I. PEKERJAAN PERSIAPAN						
1. Biaya Pembuatan Gambar Dan RAB	LS	1,00 pkt	2.500.000,00	2.500.000,00		
2. Biaya Pembuatan Proposal dll	LS	1,00 pkt	1.500.000,00	1.500.000,00		
3. Pas. Pictor PRODUK Bausplank	LS	1,00 pkt	2.000.000,00	2.000.000,00		
4. Pck. Pembersihan Lokasi	LS	1,00 pkt	444.000,00	444.000,00		
				Jumlah I	6.444.000,00	
II. PEKERJAAN TANAH						
1. Pck. Galian Tanah	A.2.3.1.1	115,35 m ³	75.000,00	8.651.250,00		
2. Pck. Urugan Tanah Kembali	A.2.3.1.9	38,45 m ³	25.000,00	961.250,00		
3. Pck. Urugan Sirtu	A.2.3.1.14	158,40 m ³	229.000,00	36.273.600,00		
4. Pas. Batu Kosong/ Anstamping	A.3.2.1.9	29,00 m ²	541.800,00	15.712.200,00		
5. Pas. Porosasi Batu Kali sps 1/5	A.3.2.1.4.b	63,60 m ³	930.180,00	59.345.480,00		
				Jumlah II	120.943.784,00	
III. PEKERJAAN PASANGAN DLL						
1. Pas. Begitang Kayu Lokal (2x pakai)	A.4.1.1.21b	143,02 m ²	138.000,00	19.736.760,00		
2. Pas. Pembersihan	A.4.1.1.17b	2.608,43 kg	15.350,00	40.039.339,10		
3. Pas. Geton K 225	A.4.1.1.7	15,92 m ³	1.097.477,78	17.468.005,05		
4. Pas. 1/2 Batu Batu sps 1/6	A.4.4.1.11	371,89 m ²	143.536,00	53.380.091,06		
5. Pas. Plesteran sps 1/5	A.4.4.2.6	743,79 m ²	61.300,80	45.594.725,87		
6. Pas. Karamik Lantai 40/40	A.4.4.3.35.c	259,05 m ²	207.350,00	53.714.017,50		
				Jumlah III	229.932.938,58	
IV. PEKERJAAN ATAP DAN PINTU						
1. Pas. Kuda-kuda Kayu Kruing	A.4.6.1.13c	1,31 m ³	10.483.200,00	13.686.865,92		
2. Pas. Gording/ Nok Kayu Kruing	A.4.6.1.15c	2,32 m ³	9.990.000,00	22.465.295,00		
3. Pas. Rangka Atap Kayu Kruing	A.4.6.1.16b	407,10 m ²	1.07.971,00	43.954.994,10		
4. Pas. Kusen Kayu Kruing	A.4.6.1.2c	1,75 m ³	11.803.500,00	20.544.604,78		
5. Pas. Daun Pintu Kayu Kruing	A.4.6.1.9c	10,68 m ²	788.000,00	7.543.040,00		
6. Pas. Daun Jendela Kayu Kruing	A.4.6.1.6c	15,24 m ²	364.800,00	6.507.872,00		
7. Pas. Jalusi Kayu Kruing	LS	52,25 m ²	250.000,00	13.062.500,00		
8. Pas. Rangka Eternit Kayu Kempas	A.4.6.1.19b	311,36 m ²	132.000,00	41.098.860,00		
9. Pas. Atap Genteng Pres Jatiwangi	A.4.5.2.18	407,10 m ²	84.000,00	34.196.400,00		
10. Pas. Genteng Kubangan Pres Jatiwangi	A.4.5.2.18	34,90 m ²	115.860,00	3.997.170,00		
11. Pas. Eternit	A.4.5.1.1a	311,36 m ²	31.950,00	9.947.792,25		
12. Pas. List Eternit	A.4.5.1.9	201,00 m	19.600,00	3.939.600,00		
13. Pas. Lisplank Kayu Kempas	A.4.6.1.21c	92,60 m ²	79.200,00	7.333.920,00		
				Jumlah IV	230.878.595,05	
V. PEKERJAAN KUNCI						
1. Pas. Kunci Tanam Biasa	A.4.6.2.2	6,00 bh	161.000,00	966.000,00		
2. Pas. Engsel Jendela	A.4.6.2.6	64,00 bh	33.000,00	2.112.000,00		
3. Pas. Engsel Pintu	A.4.6.2.5	19,00 bh	39.500,00	741.000,00		
4. Pas. Grendel Jendela	LS	64,00 bh	30.000,00	1.920.000,00		
5. Pas. Grendel Pintu	LS	12,00 bh	35.000,00	420.000,00		
6. Pas. Hak Angin	A.4.6.2.9	64,00 bh	29.500,00	1.888.000,00		
7. Pas. Kaca tp. 9 mm	A.4.6.2.17a	18,15 m ²	184.500,00	3.350.520,00		
				Jumlah V	11.367.520,00	
VI. PEKERJAAN INSTALASI LISTRIK						
1. Pas. Jaringan Listrik PLN	LS	1,00 pkt	6.000.000,00	6.000.000,00		
2. Pas. Instalasi Listrik	LS	16,00 rtk	200.000,00	3.200.000,00		
3. Pas. Lampu	LS	10,00 bh	100.000,00	1.000.000,00		
4. Pas. Saklar Ganda	LS	2,00 bh	80.000,00	160.000,00		
5. Pas. Saklar Tunggal	LS	3,00 bh	80.000,00	240.000,00		
6. Pas. Stop Koodak	LS	6,00 bh	80.000,00	480.000,00		
				Jumlah VI	11.080.000,00	
VII. PEKERJAAN PENGECATAN						
1. Cat Tembok	A.4.7.1.10	1055,14 m ²	31.160,00	32.878.218,49		
2. Cat Kayu	A.4.7.1.4	139,24 m ²	46.503,00	6.475.263,79		
				Jumlah VII	39.353.482,22	
				Jumlah I+II+III+IV+V+VI+VII	650.000.319,86	
				Dibulatkan	650.000.000,00	
TERBILANG : ENAM RATUS LIMA PULUH JUTA RUPIAH						

Kabunan, 2022

Mengetahui :

Ketua Panitia



Daftar biaya material dan sumber daya

No	Uraian Pekerjaan	Yang Dipakai	Volume	Satuan (Rp)	Harga (Rp)	Semua (Rp)
1.	2	3	4	5	6	7
A MATERIAL						
1	Patok Propil/ Bauplank	Ls	1,00 Pkt	2.000.000,00	2.000.000,00	
2	Batu Bata 3 x 11 x 22 (20)	Ls	26.050,00 Bh	1.100,00	28.655.000,00	
3	Batu kali pecah	Ls	46,00 M3	350.000,00	16.100.000,00	
4	Batu Blonos	Ls	63,00 M3	300.000,00	18.900.000,00	
5	Batu pecah dg mesin (2-3 cm)	Ls	12,00 M3	320.000,00	3.840.000,00	
6	Pasir Pasang	Ls	87,00 M3	280.000,00	24.360.000,00	
7	Pasir Urug	Ls	13,00 M3	150.000,00	1.950.000,00	
8	Pasir Beton	Ls	8,00 M3	350.000,00	2.800.000,00	
9	PC Semen Abu - abu (50 Kg)	Ls	414,00 zak	65.000,00	26.910.000,00	
10	PC Semen Warna (40 Kg)	Ls	10,00 zak	100.000,00	1.000.000,00	
11	Sirtu	Ls	190,00 M3	170.000,00	32.300.000,00	
12	Bubungan genteng pres jtww isi 4/m2	Ls	173,00 Bh	6.500,00	1.124.500,00	
13	Genteng Pres Jatwangi isi 25/m2 750x250	Ls	10.180,00 Bh	2.400,00	24.432.000,00	
14	Kayu Kempas 3/20	Ls	0,70 M3	6.000.000,00	4.200.000,00	
15	Kayu Kempas 5/7	Ls	4,80 M3	5.000.000,00	24.000.000,00	
16	Kayu Papan Kruting	Ls	0,80 M3	8.000.000,00	6.400.000,00	
17	Kayu Kruting 8/12	Ls	4,00 M3	7.500.000,00	30.000.000,00	
18	Kayu Kruting 6/12	Ls	2,00 M3	7.500.000,00	15.000.000,00	
19	Kayu Kruting 5/7	Ls	5,70 M3	4.730.000,00	26.961.000,00	
20	Kayu Kruting 2/3	Ls	1,30 M3	4.470.000,00	5.811.000,00	
21	Kayu Lokal Papan	Ls	3,50 M3	2.400.000,00	8.400.000,00	
22	Keramik 40/40, warna	Ls	285,00 M2	60.000,00	17.100.000,00	
23	Besa Beton polos	Ls	2.738,00 Kg	13.000,00	35.594.000,00	
24	Besa Strip (tebal 5mm, lebar 5 cm)	Ls	55,00 Kg	18.000,00	990.000,00	
25	Kawat Beton	Ls	39,00 Kg	20.000,00	780.000,00	
26	Eternit (saflax) 1 x 1 m2, t = 5 mm	Ls	343,00 m2	18.500,00	6.345.500,00	
27	Lis kayu 2/4	Ls	211,00 M'	8.000,00	1.688.000,00	
28	Amplas	Ls	27,00 Lbr	6.000,00	162.000,00	
29	Plamur Kayu	Ls	20,00 Kg	25.000,00	500.000,00	
30	Plamur tembok	Ls	105,00 Kg	36.000,00	3.780.000,00	
31	Cat Kayu	Ls	60,00 Kg	60.000,00	3.600.000,00	
32	Cat Tembok (setara Catylac)	Ls	370,00 Kg	40.000,00	14.800.000,00	
33	Kuas 3"	Ls	15,00 Bh	10.000,00	150.000,00	
34	Lem kayu	Ls	11,00 Kg	16.000,00	176.000,00	
35	Menie kayu	Ls	28,00 Kg	35.000,00	980.000,00	
36	Minyak Cat	Ls	4,00 Ltr	19.100,00	76.400,00	
37	Kaca bening 5 mm	Ls	20,00 M2	150.000,00	3.000.000,00	
38	Engsel Jendela Kuning	Ls	64,00 Bh	20.000,00	1.280.000,00	
39	Pas. Grendel Pintu	Ls	12,00 Bh	35.000,00	420.000,00	
40	Pas. Grendel Jendela	Ls	64,00 Bh	30.000,00	1.920.000,00	
41	Engsel Pintu Kuning	Ls	18,00 Bh	20.000,00	360.000,00	
42	Kait Angin	Ls	64,00 Bh	10.000,00	640.000,00	
43	Kunci tanam 2 slag	Ls	6,00 Bh	100.000,00	600.000,00	
44	Paku (Reng, Usuk, Plafond)	Ls	216,00 Kg	20.000,00	4.320.000,00	
45	Paku 12 cm (kg)	Ls	17,00 Kg	22.000,00	374.000,00	
46	Paku Eternit	Ls	4,00 Kg	20.000,00	80.000,00	
47	Pas. Instalasi Listrik	Ls	16,00 bhk	200.000,00	3.200.000,00	
48	Pas. Lampu	Ls	10,00 bh	100.000,00	1.000.000,00	
49	Pas. Saklar Ganda	Ls	2,00 bh	80.000,00	160.000,00	
50	Pas. Saklar Tunggal	Ls	3,00 bh	80.000,00	240.000,00	
51	Pas. Stop Kontak	Ls	6,00 bh	80.000,00	480.000,00	
52	Pas. Jalusi Kayu Kruting	Ls	52,25 m2	250.000,00	13.062.500,00	
Jumlah A						479.001.900

B TENAGA						
1	Pekerja	Ls	1.150,00 OH	100.000,00	115.000.000,00	
2	Tukang Batu	Ls	340,00 OH	120.000,00	40.800.000,00	
3	Tukang Kayu	Ls	400,00 OH	120.000,00	48.000.000,00	
4	Tukang Besi	Ls	40,00 OH	120.000,00	4.800.000,00	
5	Tukang Cat	Ls	20,00 OH	120.000,00	2.400.000,00	
Jumlah B						217.000.000,00
Jumlah A+B						646.001.900,00
Dibulatkan 650.000.000,00						

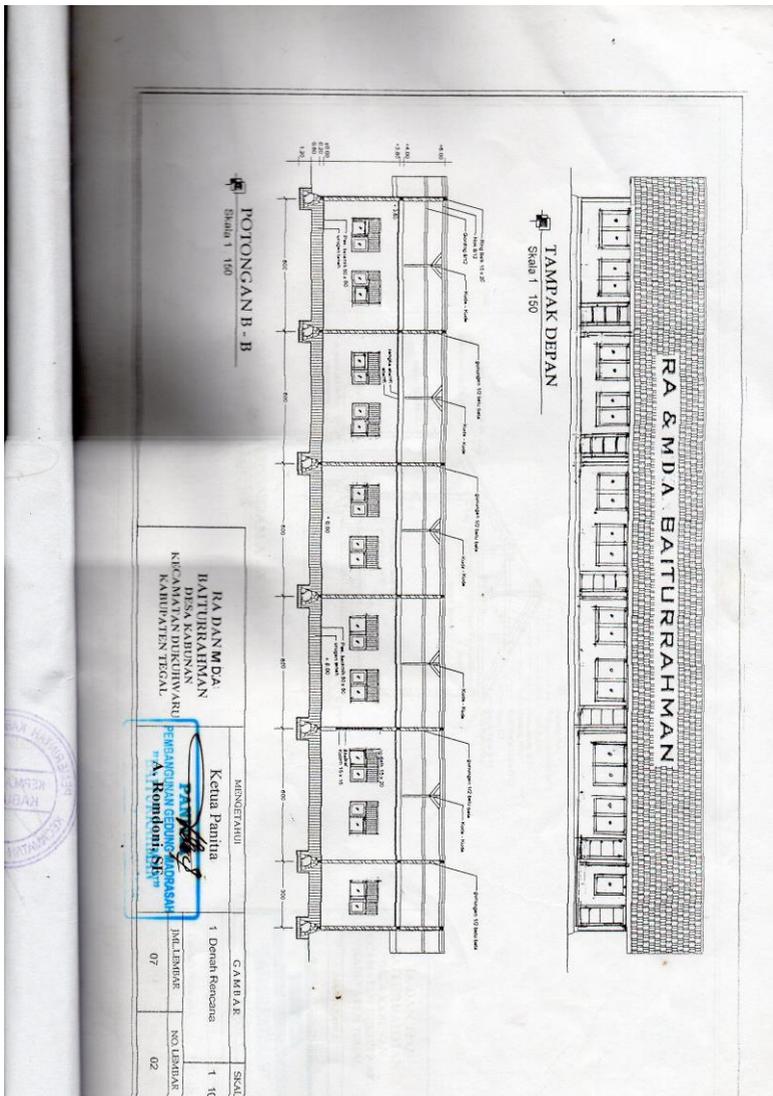
TERBILANG : ENAM RATUS EMPAT PULUH ENAM JUTA RUPIAH

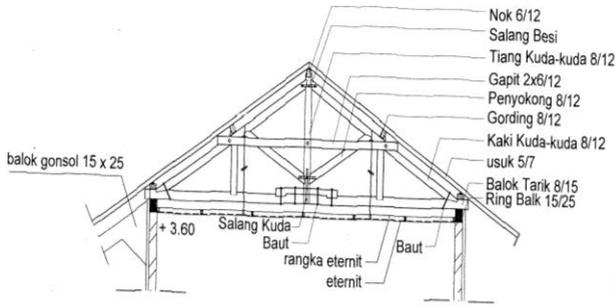
Kabunan, 2022

Mengetahui :
Kepala Sekolah
RA DAN TPQ BAITURRAHMAN

LATIPAH

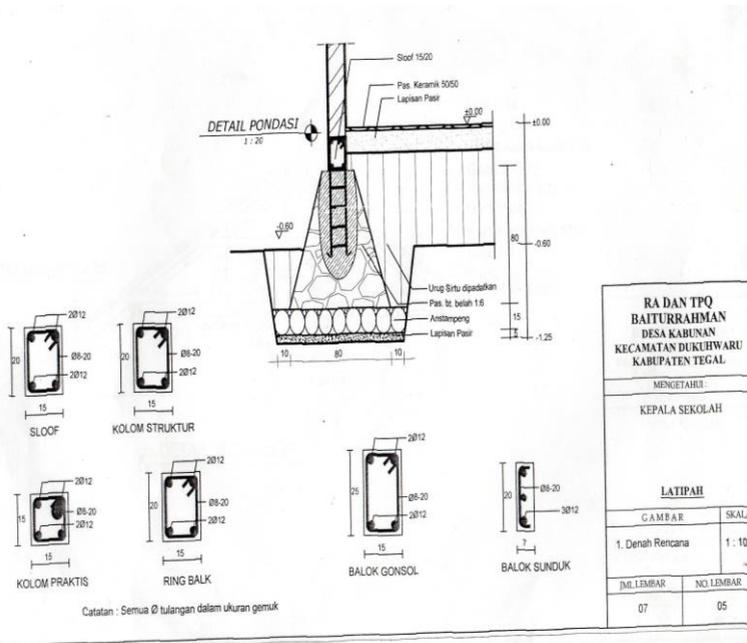
Gambar Denah Rencana Bangunan





DETAIL KUDA-KUDA
Skala 1 : 50

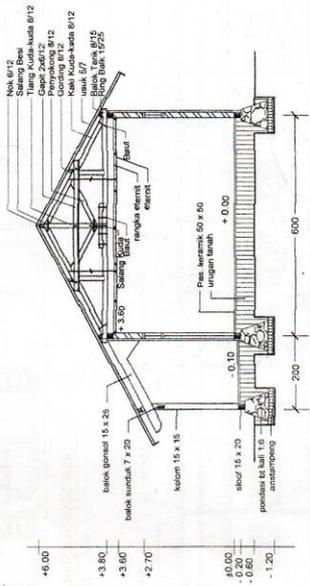
RA DAN TPQ BAITURRAHMAN DESA KABUNAN KECAMATAN DUKUHWARU KABUPATEN TEGAL	
MENGETAHLI	
KEPALA SEKOLAH	
LATIPAH	
G A M B A R	SKALA
1. Denah Rencana	1 : 100
JML LEMBAR	NO LEMBAR
07	06



Catatan : Semua Ø tulangan dalam ukuran gemuk

RA DAN TPQ BAITURRAHMAN DESA KABUNAN KECAMATAN DUKUHWARU KABUPATEN TEGAL	
MENGETAHLI	
KEPALA SEKOLAH	
LATIPAH	
G A M B A R	SKALA
1. Denah Rencana	1 : 100
JML LEMBAR	NO LEMBAR
07	05

RA DAN TPO BAITURRAHMAN DESA KABUNAN KECAMATAN DUKUHWARU KABUPATEN TEGAL	
MENGHATAHUI KEPALA SEKOLAH	
LATIPAH	
G A M B A R	S K A L A
1. Denah Rencana 1 : 100	
J M L L E M B A R	N O L E M B A R
07	04



POTONGAN A - A
 Skala 1 : 100

Gambar cuplikan pengerjaan proyek



RIWAYAT HIDUP

A. Identitas Diri

1. Nama Lengkap : Moh. Faizal Amri
2. TTL : Tegal, 09 Desember 2000
3. Alamat Rumah : Jl. Wijaya Kusuma Rt 03/03
Desa Kabunan Kecamatan
Dukuhwaru Kabupaten Tegal
4. Nomor HP : 0895395285659
5. Email : faizalamri899@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

1. Pendidikan Formal
 - a. MI Tarbiyatul Athfal Kabunan
 - b. SMP Negeri 1 Dukuhwaru
 - c. SMK Bhakti Praja Dukuhwaru

Semarang, 03 Desember 2024

Penulis

Moh. Faizal Amri

NIM. 1808046022