

***CRITICAL PATH METHOD DAN PROGRAM EVALUATION AND
REVIEW TECHNIQUE PADA OPTIMALISASI WAKTU PROYEK***
**(Studi Kasus: Proyek Peningkatan Saluran Drainase di Dinas
Pekerjaan Umum, Penataan Ruang, Perumahan,
dan Kawasan Permukiman Kota Malang)**

SKRIPSI

OLEH:
MUHAMMAD HABIBULLAH B.A.F
NIM. 200601110037



**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2024**

***CRITICAL PATH METHOD DAN PROGRAM EVALUATION AND
REVIEW TECHNIQUE PADA OPTIMALISASI WAKTU PROYEK***
**(Studi Kasus: Proyek Peningkatan Saluran Drainase di Dinas
Pekerjaan Umum, Penataan Ruang, Perumahan,
dan Kawasan Permukiman Kota Malang)**

SKRIPSI

**Diajukan Kepada
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
untuk Memenuhi Salah Satu Pesyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Matematika (S.Mat.)**

**Oleh
Muhammad Habibullah B.A.F
NIM. 200601110037**

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2024**

**CRITICAL PATH METHOD DAN PROGRAM EVALUATION AND
REVIEW TECHNIQUE PADA OPTIMALISASI WAKTU PROYEK
(Studi Kasus: Proyek Peningkatan Saluran Drainase di Dinas
Pekerjaan Umum, Penataan Ruang, Perumahan,
dan Kawasan Permukiman Kota Malang)**

SKRIPSI

**Oleh
Muhammad Habibullah B.A.F
NIM. 200601110037**

Telah Disetujui untuk Diuji
Malang, 31 Oktober 2024

Dosen Pembimbing I



Juhari, M.Si.
NIPPPK. 19840209 202321 1 010

Dosen Pembimbing II



Ach. Nashiehuddin, M.A.
NIP. 19730705 200003 1 002

Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika



Dr. Elly Susanti, M.Sc.
NIP. 19741129 200012 2 005

**CRITICAL PATH METHOD DAN PROGRAM EVALUATION AND
REVIEW TECHNIQUE PADA OPTIMALISASI WAKTU PROYEK
(Studi Kasus: Proyek Peningkatan Saluran Drainase di Dinas
Pekerjaan Umum, Penataan Ruang, Perumahan,
dan Kawasan Permukiman Kota Malang)**

SKRIPSI

Oleh
Muhammad Habibullah B.A.F
NIM. 200601110037

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Matematika (S.Mat)

Tanggal 13 November 2024

Ketua Penguji : Dr. Usman Pagalay, M.Si.

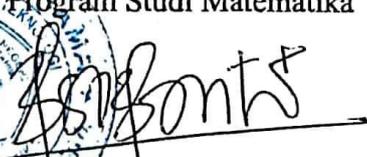
Anggota Penguji I : Ari Kusumastuti, M.Si., M.Pd.

Anggota Penguji II : Juhari, M.Si.

Anggota Penguji III : Ach. Nashichuddin, M.A.



Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika



Dr. Elly Susanti, M.Sc.
NIP. 197411292000122005



PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Habibullah B.A.F
NIM : 200601110037
Program Studi : Matematika
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Skripsi : *Critical Path Method dan Program Evaluation and Review Technique* Pada Optimalisasi Waktu Proyek (Studi Kasus: Proyek Peningkatan Saluran Drainase di Dinas Pekerjaan Umum, Penataan Ruang, Perumahan, dan Kawasan Permukiman Kota Malang).

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri. Bukan merupakan pengambilan data, tulisan, atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan dan pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar Pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 13 November 2024

Yang membuat pernyataan



Muhammad Habibullah B.A.F

200601110037

HALAMAN MOTTO

“Barangsiapa mengejar dunia, dia akan mendapatkannya. Dan barangsiapa mengejar akhiat, maka dia akan mendapat keduanya.”

(Muhammad Habibullah B.A.F)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dan skripsi ini penulis persembahkan untuk:

Ibunda Siti Rofiah yang tiada henti-hentinya untuk mendoakan semua anaknya di sepertiga malam terakhir. Ayahanda Achmad Fauzi yang selalu mendukung dan mendoakan dalam setiap langkah dan keputusan yang penulis ambil. Teman-teman yang selalu membantu dalam menyelesaikan kesulitan penulis. Dosen-dosen yang telah membantu menyelesaikan skripsi penulis. Serta diri saya sendiri yang mau diajak untuk memaksakan diri dan bersusah payah dalam menyelesaikan segala tantangan dan tekanan selama menempuh pendidikan strata satu.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah Swt. atas segala limpahan rahmat, taufik, dan karunia-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan lancar. *Shalawat* dan salam tidak lupa senantiasa tercurah limpahkan kepada baginda Nabi Agung Muhammad Saw yang telah membawa kita dari zaman *jahiliyyah* ke zaman yang terang benderang yaitu *addinul* Islam.

Terselesainya proposal skripsi ini tidak lepas dari doa, bantuan, bimbingan, serta arahan dari berbagai pihak, karena itu peneliti mengucapkan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. M. Zainuddin, M.A., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Prof. Dr. Sri Harini, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Elly Susanti, M.Sc., selaku Ketua Program Studi Matematika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Bapak Juhari, M.Si., selaku dosen pembimbing I yang senantiasa memberikan bimbingan, arahan, dan ilmu kepada peneliti dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Bapak Ach. Nashichuddin, M.A., selaku dosen pembimbing II yang senantiasa memberikan bimbingan, arahan, dan ilmu kepada peneliti dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Seluruh bapak dan ibu dosen Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
7. Ibu saya Siti Rofiah dan Bapak saya Achmad Fauzi yang senantiasa memberikan dukungan doa, moril, dan materil.
8. Kakak saya Maisaroh Fauzi serta adik saya Iklil Baklul Fadhilah dan Zahra Putri Ngiyas yang selalu peduli dan mendukung dalam kegiatan positif.
9. Seluruh mahasiswa Program Studi Matematika angkatan 2020.
10. Teman saya dan keluarga besar Ribathul Qur'an Wardatul Ishlah yang menjadi motivasi saya untuk bisa terus belajar, berkarya, dan berbagi ilmu.
11. Dan seluruh pihak yang terlibat secara langsung maupun tidak langsung yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.

Dengan seluruh kerendahan hati peneliti menyadari terciptanya proposal skripsi ini masih belum bisa dikatakan sempurna. Maka dari itu, peneliti berharap kritik dan saran yang membangun demi terlahirnya penyempurnaan proposal skripsi ini. Semoga karya ini mampu memberikan kebermanfaatan untuk orang banyak. Aamiin ya Rabbal ‘Alamiin.

Malang, 13 November 2024

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
HALAMAN MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR SIMBOL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
مستخلص البحث.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Masalah	5
BAB II KAJIAN TEORI	6
2.1 Jaringan Kerja atau <i>Network Planning</i>	6
2.2 <i>Critical Path Method</i> (CPM).....	12
2.3 <i>Program Evaluation and Review Technique</i> (PERT).....	21
2.4 Optimasi Proyek	28
2.5 Optimalisasi Waktu Al-Qur'an.....	29
BAB III METODE PENELITIAN	33
3.1 Jenis Penelitian	33
3.2 Data dan Sumber Data.....	33
3.3 Tahapan Penelitian.....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	37
4.1 Jaringan kerja Metode CPM	37
4.2 Estimasi Ketidakpastian Metode PERT	50
4.3 Perbandingan Waktu CPM, PERT, dan Data Aktual	57
4.4 Optimalisasi Waktu Proyek dalam Perspektif Islam	58
BAB V PENUTUP	61
5.1 Kesimpulan.....	61
5.2 Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN.....	66
RIWAYAT HIDUP	73

DAFTAR SIMBOL

- (i, j) : Aktivitas yang terlibat.
- E_i : Waktu paling awal peristiwa.
- L_i : Waktu paling lambat peristiwa.
- $(Es)_{ij}$: Waktu paling awal aktivitas (i, j) dimulai.
- $(Ef)_{ij}$: Waktu paling awal aktivitas (i, j) selesai.
- $(Ls)_{ij}$: Waktu paling akhir aktivitas (i, j) dimulai.
- $(Lf)_{ij}$: Waktu paling akhir aktivitas (i, j) selesai.
- D_{ij} : Perkiraan waktu penyelesaian aktivitas (i, j) .
- $(Tf)_{ij}$: Total float atau waktu aktivitas (i, j) boleh ditunda.
- t_o : Waktu optimis aktivitas dapat diselesaikan.
- t_L : Waktu paling mungkin aktivitas dapat diselesaikan.
- t_P : Waktu pesimis aktivitas dapat diselesaikan.
- σ_{ij} : Standar deviasi aktivitas (i, j) .
- σ_{ij}^2 : Varians aktivitas (i, j) .
- T_L : Waktu yang diharapkan atau kontraktual proyek diselesaikan.
- T_E : Waktu penyelesaian proyek.
- z : Probabilitas proyek dapat diselesaikan.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Arrow</i>	7
Gambar 2.2	<i>Node</i>	7
Gambar 2.3	<i>Dummy</i>	7
Gambar 2.4	Anak Panah dengan Garis Tebal.....	8
Gambar 2.5	Aktivitas A Pendahulu Aktivitas B dan B Pendahulu C.....	9
Gambar 2.6	Aktivitas A dan Aktivitas B pendahulu Aktivitas C	9
Gambar 2.7	Aktivitas A Pendahulu Aktivitas B dan C.....	9
Gambar 2.8	Aktivitas A dan B Pendahulu Aktivitas C dan D.....	10
Gambar 2.9	Aktivitas B Pendahulu Aktivitas C dan D.....	10
Gambar 2.10	Aktivitas A Pendahulu B dan C serta D Menjadi Pengikat	10
Gambar 2.11	Penulisan Jaringan.....	11
Gambar 2.12	Penomoran dan Penamaan Kegiatan.....	11
Gambar 2.13	Aktivitas Bersinggungan Tidak Diperbolehkan.....	12
Gambar 2.14	Aktivitas Perulangan Tidak Diperbolehkan	12
Gambar 2.15	Aktivitas <i>Dummy</i>	12
Gambar 2.16	Jaringan Kerja CPM.....	18
Gambar 2.17	Jalur Kritis CPM.....	21
Gambar 2.18	Kurva Waktu t_E	24
Gambar 2.19	Jalur Kritis PERT	27
Gambar 4.1	Diagram Jaringan Kerja	38
Gambar 4.2	Diagram Jalur Kritis Metode CPM	49
Gambar 4.3	Diagram Jalur Kritis Metode PERT	53

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kegiatan Proyek CPM	17
Tabel 2.2	Hasil Perhitungan Maju dan Mundur.....	20
Tabel 2.3	Kegiatan Proyek PERT	26
Tabel 2.4	Varians Jalur Kritis	28
Tabel 3.1	Hubungan dan Urutan Aktivitas Proyek.....	34
Tabel 3.2	Estimasi Waktu Ketidakpastian	35
Tabel 4.1	Hasil Perhitungan <i>ES</i> , <i>LS</i> , <i>EF</i> , dan <i>LF</i>	44
Tabel 4.2	Hasil Perhitungan <i>slack</i> Metode CPM.....	47
Tabel 4.3	Hasil Perhitungan Waktu t_E Metode PERT.....	51
Tabel 4.4	Target Kemungkinan Penyelesaian Proyek	56
Tabel 4.5	Perbandingan Waktu Proyek.....	57

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hubungan dan Urutan Aktivitas Proyek.....	66
Lampiran 2. Estimasi Waktu Ketidakpastian.....	66
Lampiran 3. Hasil Perhitungan <i>ES</i> , <i>LS</i> , <i>EF</i> , dan <i>LF</i>	67
Lampiran 4. Hasil Perhitungan <i>slack</i> Metode CPM.....	68
Lampiran 5. Hasil Perhitungan Waktu t_E Metode PERT	69
Lampiran 6. Tabel Distribusi Normal	70
Lampiran 7. Target Kemungkinan Penyelesaian Proyek.....	71
Lampiran 8. Perbandingan Waktu Proyek	72

ABSTRAK

B.A.F, Muhammad Habibullah. 2024. *Critical Path Method dan Program Evaluation and Review Technique Pada Optimalisasi Waktu Proyek (Studi Kasus: Proyek Peningkatan Saluran Drainase on Dinas Pekerjaan Umum, Penataan Ruang, Perumahan, dan Kawasan Permukiman Kota Malang)*. Skripsi. Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (1) Juhari, M.Si. (2) Ach Nasichuddin, M.A.

Kata Kunci: Optimasi; CPM; PERT; Penjadwalan; Jalur Kritis

Pada dasarnya proyek memiliki tiga unsur utama yang menjadi perhatian khusus yaitu biaya, kualitas, dan waktu. Untuk memenuhi hal tersebut, maka suatu Perusahaan harus mempunyai metode yang dapat digunakan agar sumber daya yang dimiliki dapat dimanfaatkan secara optimal. Banyak Perusahaan di Indonesia menggunakan Gant Chart dan Kurva S sebagai cara untuk membuat rencana waktu pekerjaannya (time schedule) tanpa menggunakan metode yang lain. Begitu juga dalam pelaksanaan pekerjaan proyek peningkatan saluran drainase di jalan S. Supriadi RW. 1 Kelurahan Sukun Kota Malang, menggunakan metode Kurva S sebagai perencanaan waktu pelaksanaannya. Maka dalam penelitian ini dilakukan evaluasi untuk meneliti masalah penjadwalan proyek dengan metode PERT dan CPM yang nantinya juga dapat digambarkan dalam bentuk *network*, menentukan urutan pekerjaan yang mendahului dan didahului, dan kegiatan kritisnya. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui jalur kritis dan durasi Kegiatan sehingga pekerjaan mana saja yang membutuhkan perhatian agar tepat pada waktu yang ditentukan. Metode penelitian yang dilakukan pada Jl. S. Supriadi RW. 1 Kelurahan Sukun Kota Malang adalah kuantitatif yang dimulai dengan menghitung durasi pekerjaan, menentukan jalur kritisnya dengan metode PERT dan CPM serta membandingkan kedua metode tersebut dengan waktu aktualnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa antara kedua metode tersebut memiliki jalur kritis yang berbeda namun waktu penyelesaian yang hampir sama. Jalur kritis dengan metode CPM diperoleh 2 jalur kritis, namun 2 jalur kritis tersebut memiliki waktu optimal yang sama yaitu selama 50 hari dengan 10 kegiatan kritis. Sedangkan metode PERT diperoleh 1 jalur kritis dengan waktu optimal selama 49,81 hari dan 10 kegiatan kritis. Jika kedua metode tersebut dibandingkan dengan waktu aktual di lapangan, metode CPM dan PERT memiliki 10 hari waktu yang lebih cepat. Dengan kedua waktu tersebut diperoleh probabilitas sebesar 55,17% proyek dapat diselesaikan dan untuk probabilitas yang lebih besar proyek dapat dikerjakan selama 52 hari dengan probabilitas penyelesaian sebesar 97%. Namun untuk menjaga aktivitas sesuai dengan waktu dan kualitas perencanaan maka kontraktor harus memberi perhatian pada aktivitas-aktivitas yang ada.

ABSTRACT

B.A.F, Muhammad Habibullah. 2024. **Critical Path Method and Program Evaluation and Review Technique on Project Time Optimization (Case Study: Drainage Channel Improvement Project at the Department of Public Works, Spatial Planning, Housing, and Residential Areas of Malang City)**. Thesis. Mathematics Program, Faculty of Science and Teknologi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisors: (1) Juhari, M.Si. (2) Ach Nasichuddin, M.A.

Keywords: Optimization; CPM; PERT; Time Schedule; Critical Path

Basically, a project has three main elements that are of special concern, namely cost, quality, and time. To meet these needs, a company must have a method that can be used so that the resources it has can be utilized optimally. Many companies in Indonesia use Gant Chart and S Curve as a way to make a work schedule without using other methods. Likewise, in the implementation of the drainage channel improvement project on S. Supriadi street RW. 1 Kelurahan Sukun Kota Malang, using the S Curve method as a time plan for its implementation. So in this study, an evaluation was carried out to examine the problem of project scheduling with the PERT and CPM methods which can also be described in the form of a network, determining the sequence of work that precedes and is preceded, and its critical activities. The purpose of this study is to determine the critical path and duration of activities so that which work requires attention to be right on time. The research method used on S. Supriadi street RW. 1 Kelurahan Sukun Kota Malang is quantitative, which begins by calculating the duration of the work, determining the critical path using the PERT and CPM methods, and comparing the two methods with the actual time. The results of the study show that between the two methods have different critical paths but almost the same completion time. The critical path with the CPM method obtained two critical paths, but the two critical paths have the same optimal time, which is 50 days with 10 critical activities. While the PERT method obtained one critical path with an optimal time of 49,81 days and 10 critical activities. If the two methods are compared with the actual time in the field, the CPM and PERT methods have 10 days faster time. With both times, a probability of 55,17% of the project can be completed and for a greater probability the project can be worked on for 52 days with a completion probability of 97%. However, to maintain activities following the time and quality of planning, the contractor must pay attention to the existing activities.

مستخلص البحث

ب. أ. ف، محمد حبيب الله. ٢٠٢٤. أسلوب المسار الحرج وتقنية تقييم البرامج ومراجعتها في تحسين وقت المشروع (دراسة حالة: مشروع تحسين قناة الصرف الصحي في وزارة الأشغال العامة والتخطيط المكاني والإسكان والمناطق السكنية في مدينة مالانج). رسالة جامعية. قسم الرياضيات، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعات مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحوكومية مالانج. المشرفون: (١) جهارى، ماجستير في العلوم (٢) احمد نصيح الدين، ماجستير في الدين.

الكلمة المفتاحية: تحسين؛ CPM؛ PERT؛ الجدولة؛ المسار الحرج

في الأساس، يحتوي المشروع على ثلاثة عناصر رئيسية ذات أهمية خاصة، وهي التكلفة والجودة والوقت. ولتحقيق ذلك، يجب أن يكون لدى الشركة طريقة يمكن استخدامها حتى يمكن استخدام مواردها على النحو الأمثل. تستخدم العديد من الشركات في إندونيسيا Gant Charts و S Curves كوسيلة لتخطيط وقت عملها (الجدول الزمني) دون استخدام طرق أخرى. وبالمثل، في تنفيذ أعمال مشروع تحسين قناة الصرف الصحي في الشارع س. سوبريادي، قرية سوكون، مدينة مالانج، باستخدام طريقة S Curves كتخطيط لوقت التنفيذ. لذلك في هذا البحث، تم إجراء تقييم لفحص مشكلة جدولة المشروع باستخدام أساليب PERT و CPM والتي يمكن وصفها لاحقًا أيضًا في شكل شبكة، وتحديد تسلسل العمل الذي يسبقه ويسبقه، والأنشطة الهامة. الغرض من هذا البحث هو تحديد المسار الحرج ومدة الأنشطة بحيث يتطلب العمل الاهتمام في الوقت المحدد. كانت طريقة البحث التي تم إجراؤها في الشارع س. سوبريادي، قرية سوكون، مدينة مالانج، كمية، حيث بدأت بحساب مدة العمل، وتحديد المسار الحرج باستخدام طريقتي PERT و CPM ومقارنة الطريقتين مع الوقت الفعلي. تظهر نتائج البحث أن الطريقتين لهما مسارات حرجة مختلفة ولكن نفس وقت الانتهاء تقريبًا. ينتج المسار الحرج باستخدام طريقة CPM مسارين حرجين، ولكن المسارين الحرجين لهما نفس الوقت الأمثل، أي ٥٠ يومًا مع ١٠ أنشطة حرجة. وفي الوقت نفسه، حصلت طريقة PERT على مسار حرج واحد بزمن أمثل قدره ٤٩,٨١ يومًا و ١٠ أنشطة حرجة. إذا تمت مقارنة الطريقتين بالوقت الفعلي في الميدان، فإن طريقتي CPM و PERT تتمتعان بوقت أسرع بمقدار ١٠ أيام. مع هذين الوقتين، يمكن إكمال المشروع بنسبة ٥٥,١٧٪ ومع احتمال أكبر يمكن إكمال المشروع في ٥٢ يومًا مع احتمال إنجاز بنسبة ٩٧٪. ومع ذلك، للحفاظ على الأنشطة وفقًا لوقت وجودة التخطيط، يجب على المقاول الاهتمام بالأنشطة الحالية.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam pelaksanaan proyek pembangunan umumnya memiliki batas waktu (*deadline*) (Maarif, 2022), artinya proyek harus diselesaikan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan. Berkaitan dengan masalah proyek ini diperlukan suatu manajemen yang akan mengelola penjadwalan dari awal hingga proyek berakhir agar pengerjaan proyek dapat berjalan optimal.

Pengoptimalan waktu juga secara tidak langsung dibahas dalam Al-qur'an surah Al-Insyirah ayat 7. Pada ayat tersebut disebutkan bahwa apabila kamu telah selesai dari suatu urusan, maka susulkan dengan urusan lain. Berikut merupakan arti dari surah Al-Insyirah ayat 7 (Abdullah, 2003):

“Apabila engkau telah selesai (dengan suatu kebajikan), maka teruslah bekerja keras (untuk kebajikan yang lain)”. (QS. Al-Insyirah/94:7)

Menurut tafsir Ibnu Katsir dalam (Abdullah, 2003) menjelaskan bahwa apabila kamu telah selesai dari suatu urusan, maka susulkan dengan urusan lain dengan bersungguh-sungguh dan penuh semangat serta tidak mengosongkan satu waktu dari suatu urusan ke urusan yang lain. Oleh karena itu, pengoptimalan waktu berperan penting dalam melakukan setiap urusan.

Dalam hal manajemen proyek banyak manajer yang menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM) dan *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) menyatakan bahwa teknik ini efektif untuk mengoptimalkan waktu proyek dengan mencari jalur kritis (Bagshaw, 2021). Salah satu prosesnya dengan memperhatikan aktivitas yang saling berkesinambungan antara suatu aktivitas

dengan aktivitas lain yang dapat meminimalisir keterlambatan pekerjaan, sehingga waktu tersebut menjadi optimal minimum.

Metode kurva S digunakan dalam perencanaan waktu pelaksanaan proyek peningkatan saluran drainase di jalan S. Supriadi Kelurahan Sukun Kota Malang. Pada proyek konstruksi, kurva S adalah metode penjadwalan proyek yang paling sering digunakan karena dapat menunjukkan perkembangan proyek berdasarkan pekerjaan, waktu, dan bobot pekerjaan. Oleh karena itu, banyak tim pelaksana proyek menggunakan metode kurva S. Dalam penelitian ini, evaluasi dilakukan untuk menyelidiki masalah penjadwalan proyek dengan menggunakan metode CPM dan PERT. Masalah ini dapat digambarkan dalam bentuk *network* dengan menentukan urutan pekerjaan yang mendahului dan didahului serta menentukan jalur kritisnya. karena itu penelitian ini diperlukan.

Beberapa penelitian terdahulu yang pernah meneliti terkait masalah ini diantaranya adalah (Aprilyanti dkk., 2019) dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa CPM dapat menyelesaikan proyek dengan waktu lebih pendek dari metode PDM (*Precedence Diagram Method*), dalam penelitian (Oktafiana & Baroroh, 2022) disimpulkan bahwa perencanaan jadwal reparasi kapal di ternate dengan metode PDM, PERT, dan CPM memiliki waktu yang sama yakni 48 hari. Penelitian terkait perbandingan PERT dan TCTO (*Time Cost Trade Off*) pernah dilakukan oleh (Elfira, 2019), menyatakan bahwa metode TCTO lebih efisien dalam memperkirakan waktu proyek dibandingkan PERT. Penelitian yang menyajikan penerapan CPM dalam penjadwalan proyek Perusahaan Mosul oleh (Danfulani dkk., 2023) menyimpulkan bahwa dengan metode CPM proyek dapat diselesaikan lebih cepat 5 minggu dibandingkan waktu perencanaan awal.

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut dikatakan bahwa setiap metode analisis jaringan tidak bisa diterapkan pada semua jenis masalah manajemen proyek (Astuti M, 2011).

Terdapat beberapa keuntungan dalam menerapkan metode CPM yaitu cocok untuk formulasi, penjadwalan, serta mengolah bermacam jenis aktivitas di berbagai pekerjaan konstruksi, karena menyediakan waktu pelaksanaan yang didasarkan pada pengamatan serta pengalaman yang pernah dilaksanakan sebelumnya (Iwawo dkk., 2016). Namun CPM dan PERT memiliki pendekatan yang berbeda, CPM direkayasa dengan memakai pendekatan deterministik satu waktu yang menganggap adanya kepastian dan PERT direkayasa menggunakan pendekatan yang mencerminkan bahwa rentang waktu aktivitas bergantung pada beberapa faktor serta variasi (Soeharto, 1999). Penggunaan metode PERT bertujuan untuk mengetahui tingkat ketepatan jadwal proyek dan mengoptimalkannya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka permasalahan yang akan dikaji sebagai berikut.

1. Bagaimana implementasi algoritma metode *Critical Path Method* (CPM) dan *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) dalam pengoptimalan waktu proyek peningkatan drainase pada Dinas Pekerjaan Umum, Penataan Ruang, Perumahan, dan Kawasan Permukiman Kota Malang?

2. Bagaimana perbandingan metode *Critical Path Method* (CPM) dan *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) dalam pengoptimalan waktu proyek peningkatan drainase pada Dinas Pekerjaan Umum, Penataan Ruang, Perumahan, dan Kawasan Permukiman Kota Malang?
3. Bagaimana perbandingan metode *Critical Path Method* (CPM) dan *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) dengan realita yang dilakukan sebelumnya, dalam mengoptimalkan waktu proyek peningkatan drainase pada Dinas Pekerjaan Umum, Penataan Ruang, Perumahan, dan Kawasan Permukiman Kota Malang?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan terdapat tujuan penelitian sebagai berikut.

1. Untuk mengetahui pengimplementasian algoritma metode *Critical Path Method* (CPM) dan *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) dalam pengoptimalan waktu proyek peningkatan saluran drainase pada Dinas Pekerjaan Umum, Penataan Ruang, Perumahan, dan Kawasan Permukiman Kota Malang.
2. Untuk mengetahui perbandingan metode *Critical Path Method* (CPM) dan *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) dalam pengoptimalan waktu proyek peningkatan saluran drainase pada Dinas Pekerjaan Umum, Penataan Ruang, Perumahan, dan Kawasan Permukiman Kota Malang.
3. Untuk mengetahui perbandingan metode *Critical Path Method* (CPM) dan *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) dengan realita yang

dilakukan sebelumnya, dalam mengoptimalkan waktu proyek peningkatan drainase pada Dinas Pekerjaan Umum, Penataan Ruang, Perumahan, dan Kawasan Permukiman Kota Malang.

1.4 Manfaat Penelitian

Terdapat beberapa manfaat yang diharapkan oleh peneliti, yaitu:

1. Sebagai sarana untuk mengembangkan ilmu matematika yang telah dipelajari dan mengimplementasikan teori ke dalam masalah dunia nyata.
2. Sebagai tambahan wawasan serta pengetahuan maupun dapat dijadikan sebagai bahan referensi tambahan mengenai metode CPM (*Critical Path Method*) dan PERT (*Program Evaluation Review Technique*).
3. Sebagai bahan data untuk pihak kontraktor mengenai perencanaan waktu proyek disetiap aktivitas pengerjaan supaya bisa mengendalikan waktu penyelesaian proyek dengan lebih efektif dan efisien sehingga bisa meminimalisir keterlambatan pengerjaan proyek.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini yakni tidak memperhatikan alat yang digunakan dan permasalahan akibat alam seperti cuaca, bencana alam, dan lain-lain.

BAB II KAJIAN TEORI

2.1 Jaringan kerja atau *Network Planning*

Jaringan kerja adalah hubungan antara aktivitas yang diilustrasikan dalam diagram kerja. Kombinasi penalaran logis yang dijelaskan menggunakan jaringan yang berisi jalur yang mendukung pemrosesan analitis disebut juga analisis jaringan. Dengan membangun jaringan, pihak pelaksana dapat mengetahui aktivitas mana yang perlu dikerjakan terlebih dahulu, aktivitas mana yang bisa ditunda, dan peralatan mana yang sementara bisa digunakan untuk aktivitas lain (Nurwahidin, 2016).

Jaringan kerja sangat diperlukan untuk perencanaan, dan pemantauan langkah-langkah konstruksi. Jaringan dapat digunakan untuk menjelaskan hubungan antara setiap aktivitas dan waktu, yang secara grafis mewakili aliran aktivitas untuk melaksanakan suatu proyek.

Terdapat empat jenis simbol yang digunakan untuk menggambarkan suatu jaringan (Lulut, 2022) yaitu:

1. *Arrow*

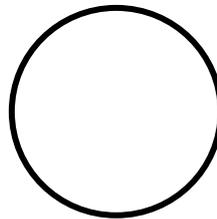
Arrow atau anak panah menyatakan sebagai kegiatan (*activity*). kegiatan ini diartikan sebagai sesuatu yang membutuhkan waktu untuk pemakaian *resources* (pekerja, alat, bahan, dan biaya). Kepala anak panah sebagai pedoman arah setiap aktivitas yang menunjukkan bahwa aktivitas dimulai dari permulaan sampai menuju akhir. Panjang atau kemiringan anak panah tidak memiliki makna apapun.



Gambar 2.1 Anak Panah

2. *Node* atau lingkaran kecil

suatu peristiwa atau kejadian (*event*) proyek akan digambarkan dengan *node* atau lingkaran kecil. Setiap aktivitas selalu dimulai dengan suatu kejadian dan diakhiri dengan kejadian serta diberi penomoran sebagai pembeda antar kejadian.



Gambar 2.2 *Node*

3. *Dummy*

Dummy atau anak panah garis putus-putus menunjukkan aktivitas semu untuk membatasi mulainya aktivitas. Karena fungsinya hanya sebagai penghubung antar 2 aktivitas maka aktivitas ini tidak memiliki waktu atau durasinya 0.



Gambar 2.3 *Dummy*

4. Anak panah garis tebal

Anak panah ini bertujuan untuk menunjukkan aktivitas proyek yang termasuk dalam jalur kritis.



Gambar 2.4 Anak Panah dengan Garis Tebal

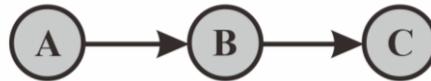
Network planning juga memiliki manfaat dalam pengaplikasiannya, manfaat tersebut adalah sebagai berikut (Anenda, 2020):

- a. Dapat memahami hubungan ketergantungan antar aktivitas dengan cara menggambarkan suatu logika serta dapat membuat perencanaan proyek yang lebih detail.
- b. Dapat mengetahui waktu yang diperlukan oleh setiap aktivitas sehingga pelaksana proyek dapat memperkirakan tindakan pencegahan apabila terjadi penyimpangan.
- c. Dapat mengetahui mana aktivitas yang dapat ditunda atau yang harus segera dilakukan.
- d. Dapat membantu menyampaikan proses kerja proyek.
- e. Dapat membantu dalam mengefisiensi pekerjaan baik dari segi biaya maupun sumber daya.
- f. Dapat membantu menganalisis setiap aktivitas proyek sehingga dapat mengetahui apa saja resiko yang mungkin terjadi.

Dalam pembuatan diagram kerja, suatu proyek dalam setiap peristiwanya memiliki titik awal dan titik akhir, yang berarti bahwa setiap aktivitas dalam sebuah memiliki waktu mulai dan waktu akhir. Untuk membuat suatu jaringan

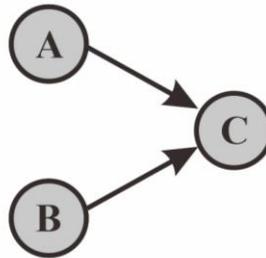
kerja, simbol yang digunakan harus berhubungan dengan aktivitas yang harus diselesaikan. Hubungan antar simbol dan aktivitas tersebut (Anenda, 2020).

- Aktivitas A harus terselesaikan sebelum memulai aktivitas B dan aktivitas B harus dilakukan sebelum aktivitas C dimulai.



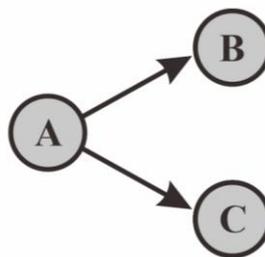
Gambar 2.5 Aktivitas A Pendahulu Aktivitas B dan B Pendahulu Aktivitas C

- Aktivitas C dapat dikerjakan sebelum aktivitas A dan aktivitas B selesai.



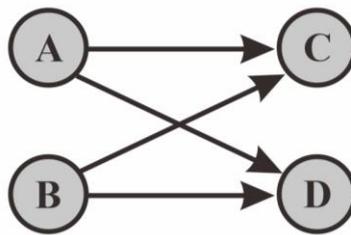
Gambar 2.6 Aktivitas A dan Aktivitas B pendahulu Aktivitas C

- Aktivitas B dan C dapat dilakukan setelah aktivitas A selesai.



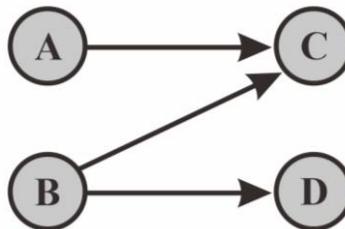
Gambar 2.7 Aktivitas A Pendahulu Aktivitas B dan C

- Aktivitas C dan aktivitas D dapat dilakukan setelah aktivitas A dan aktivitas B selesai.



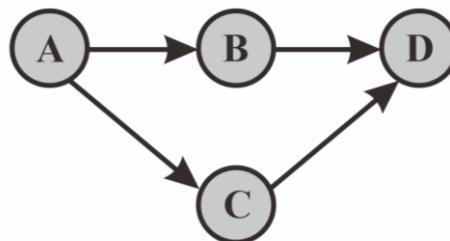
Gambar 2.8 Aktivitas A dan B Pendahulu Aktivitas C dan D

- Aktivitas C dimulai setelah aktivitas A dan B selesai dilakukan, tetapi untuk aktivitas D dapat dilakukan sebelum aktivitas A selesai.



Gambar 2.9 Aktivitas B Pendahulu Aktivitas C dan D

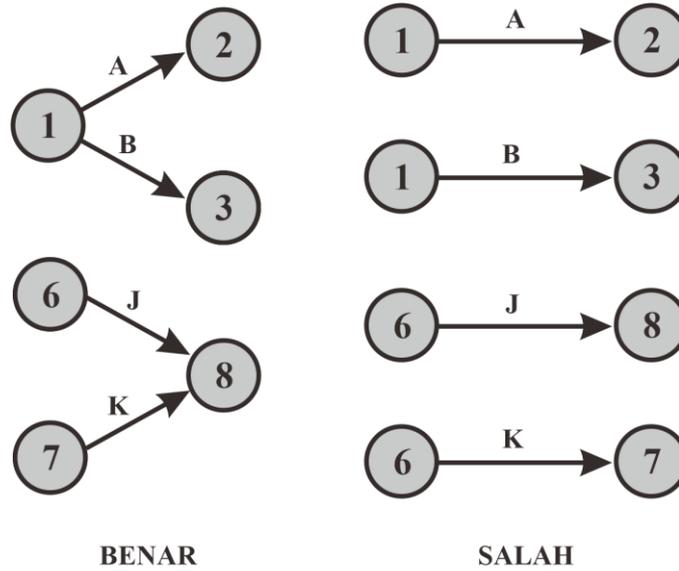
- Aktivitas B dan C dimulai setelah aktivitas A selesai serta aktivitas D dilakukan setelah aktivitas B dan C selesai.



Gambar 2.10 Aktivitas A Pendahulu Aktivitas B dan C serta Aktivitas D Menjadi Pengikat

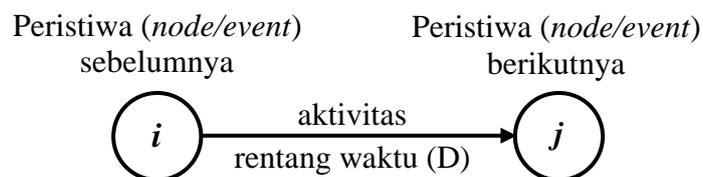
Terdapat beberapa aturan yang harus diperhatikan dalam pembuatan jaringan kerja sebagai berikut (Astuti M, 2011).

- Hanya boleh terdapat satu awal dan satu akhir untuk jaringan, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.11.



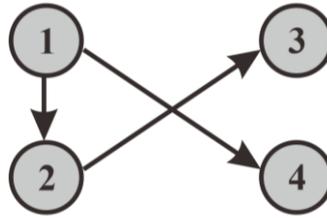
Gambar 2.11 Penulisan Jaringan

- b. Nomor kejadian harus ditulis di dalam lingkaran atau simpul (atau segitiga/persegi/persegi panjang dll). Nama kegiatan harus menggunakan huruf kapital dan ditulis di atasnya panah. Waktu yang diperlukan untuk kegiatan tersebut dituliskan di bawah tanda panah.



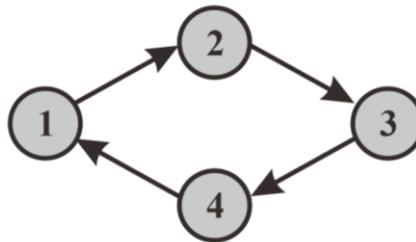
Gambar 2.12 Penomoran dan Penamaan Kegiatan

- c. Saat menggambar jaringan, usahakan agar aktivitas tidak saling bersinggungan. Busur atau loop seperti pada gambar 2.13 tidak boleh bergabung dengan aktivitas.



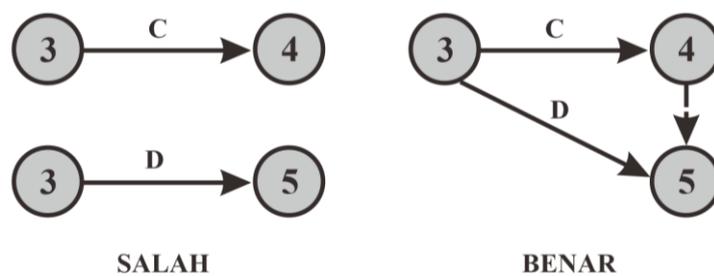
Gambar 2.13 Aktivitas Bersinggungan Tidak Diperbolehkan

- d. Perulangan (*loop*) harus dihindari. Artinya panah jaringan harus bergerak dalam satu arah, yaitu mulai dari awal harus bergerak menuju akhir, seperti pada berikut.



Gambar 2.14 Aktivitas Perulangan Tidak Diperbolehkan

- e. Apabila dua aktivitas dimulai pada peristiwa yang sama dan berakhir pada peristiwa yang sama, maka aktivitas tersebut harus dilakukan melalui aktivitas *dummy*.



Gambar 2.14 Aktivitas *Dummy*

2.2 Critical Path Method (CPM)

Pada tahun 1957 *Critical Path Method* mulai dikembangkan oleh insinyur dan matematikawan yakni James E. Kelley dari Remington Rand dan Morgan R.

Walker dari Dupont, untuk membantu membangun pabrik kimia Dupont. Tujuan penggunaan metode ini adalah untuk merencanakan serta mengelola setiap aktivitas yang melibatkan masalah kompleks seperti, desain, konstruksi, serta pemeliharaan pada saat itu (Safitri dkk., 2019).

Selain itu, metode CPM telah berhasil diterapkan dalam beberapa aplikasi, termasuk (Wayne, 2004):

1. Penjadwalan proyek konstruksi seperti gedung perkantoran, jalan raya, dan kolam renang.
2. Penjadwalan pemindahan rumah sakit dengan 400 tempat tidur dari Portland ke pinggiran kota.
3. Mengembangkan prosedur hitung mundur untuk peluncuran penerbangan luar angkasa.
4. Memasang sistem komputer baru.
5. Merancang dan memasarkan produk baru.
6. Menyelesaikan penggabungan Perusahaan.
7. Membangun kapal.

Metode CPM digunakan untuk mengidentifikasi jalur penting dalam serangkaian aktivitas proyek yang sedang berjalan. Penting untuk dicatat bahwa jalur kritis menampilkan tugas-tugas yang, jika implementasinya tertunda, dapat mengakibatkan kemunduran di seluruh proyek (Safitri dkk., 2019). Heizer dan Render kemudian menyatakan bahwa metode CPM adalah suatu rangkaian aktivitas dalam sebuah proyek yang menunjukkan hubungan antara aktivitas satu dengan yang lainnya. Dengan metode CPM, waktu penyelesaian proyek dan hubungan antar sumber daya dianggap telah ditentukan secara akurat (Anenda,

2020).

Dalam proses mengidentifikasi jalur kritis, CPM menggunakan beberapa istilah dan rumus-rumus perhitungan yang perlu diketahui, antara lain sebagai berikut.

1. (i, j) merupakan aktivitas yang terlibat, dengan i peristiwa ekor dan j peristiwa kepala.
2. E_i yang berarti waktu paling awal dari suatu peristiwa i .
3. L_i artinya waktu paling lambat yang diizinkan dari suatu peristiwa i tanpa menunda penyelesaian proyek.
4. $(Es)_{ij}$ artinya waktu paling awal dimulai (*Earliest Start*) suatu aktivitas (i, j) . Jika waktu kegiatan dinyatakan dalam hari, maka waktu ini adalah hari paling awal kegiatan tersebut dimulai.
5. $(Ef)_{ij}$ merupakan waktu paling awal selesai (*Earliest Finish*) suatu aktivitas (i, j) .
6. $(Ls)_{ij}$ yang berarti waktu paling akhir dimulai (*Latest Start*) suatu aktivitas (i, j) .
7. $(Lf)_{ij}$ artinya waktu paling akhir kegiatan selesai (*Latest Finish*) suatu aktivitas (i, j) .
8. D_{ij} merupakan perkiraan waktu penyelesaian aktivitas (i, j) . Umumnya menggunakan satuan waktu hari, minggu, bulan, dan lain-lain.

Dalam menentukan jalur kritis, seseorang harus melakukan perhitungan maju dan mundur. Tujuan perhitungan ini adalah untuk mengetahui titik awal dan akhir pelaksanaan pekerjaan, serta menentukan waktu luang aktivitas. Proses perhitungannya mengikuti metode ini:

1. *Forward Computation* (Perhitungan Maju)

Forward computation atau perhitungan maju merupakan perhitungan waktu awal suatu aktivitas bisa dimulai dengan waktu paling awal suatu aktivitas bisa diselesaikan. Metode perhitungan ini terlebih dahulu menentukan *ES* (*Earliest Start*) serta *EF* (*Earliest Finish*), dimana:

- a. $(ES)_{ij}$ diperoleh dengan:

$$(ES)_{ij} = \max [(EF)_{ij} \text{ semua predecessor dari } (i, j)] \quad (2.1)$$

- b. $(EF)_{ij}$ diperoleh dengan:

$$(EF)_{ij} = (ES)_{ij} + D_{ij} \quad (2.2)$$

dengan mengikuti langkah berikut.

- Langkah 1** : Misalkan waktu mulai dari sebuah kejadian dinotasikan dengan 1 dan akhir kejadian dinotasikan dengan n , Misalkan $i = 1$ dan $T_E(j) = 0$,
- Langkah 2** : Misalkan $ES_{(i,j)} = T_E(i)$ dan $EF_{(i,j)} = ES_{(i,j)} + t_{(i,j)}$ untuk semua j dan terdapat anak panah (i, j) .
- Langkah 3** : Untuk node j , jika $EF_{(i,j)}$ telah dihitung untuk semua i , maka $T_E(j) = \max (EF_{(i,j)} \text{ pendahulu})$.
- Langkah 4** : Ulangi step 2 dan 3 untuk semua i , sampai $T_E(n)$ telah dihitung.

2. *Backward Computation* (Perhitungan Mundur)

Backward computation atau perhitungan mundur merupakan perhitungan waktu paling terakhir suatu aktivitas bisa dimulai dengan waktu paling terakhir suatu aktivitas bisa diselesaikan. Metode perhitungan ini

terlebih dahulu menentukan Ls (*Latest Start*) dan Lf (*Latest Finish*), dimana:

a. $(Ls)_{ij}$ diperoleh dengan:

$$(Ls)_{ij} = (Lf)_{ij} - D_{ij} \quad (2.3)$$

b. $(Lf)_{ij}$ diperoleh dengan:

$$(Lf)_{ij} = \min [(Ls)_{ij} \text{ semua successor dari } (i, j)] \quad (2.4)$$

dengan mengikuti langkah berikut.

Langkah 1 : Perhitungan dimulai dari node akhir dan bergerak menuju node awal. Mengasumsikan waktu paling akhir adalah

$$E = L$$

Langkah 2 : Misalkan $(Lf)_{ij} = L_j$ dan $(Ls)_{ij} = (Lf)_{ij} - D_{ij}$ untuk semua i dan terdapat anak panah (i, j) .

Langkah 3 : Untuk node i , jika $(Ls)_{ij}$ telah dihitung untuk semua i , maka $L_j = \min[(Ls)_{ij} \text{ semua succesor dari } (i, j)]$

Langkah 4 : Ulangi step 2 dan 3 untuk semua i , sampai $L(1)$ telah dihitung.

Jalur kritis yang merupakan rute terpanjang dalam jaringan proyek, berperan penting dalam menetapkan prioritas pekerjaan proyek. Hal ini diperoleh dengan mengidentifikasi aktivitas-aktivitas yang mempunyai dampak paling besar terhadap keterlambatan pelaksanaan proyek. Aktivitas-aktivitas ini disebut sebagai aktivitas kritis dan sangat penting proyek untuk diselesaikan secara tepat waktu karena tidak dapat ditunda. Jika terjadi keterlambatan pada aktivitas tersebut, maka seluruh aktivitas yang lain akan mengalami keterlambatan (Safitri dkk., 2019).

Dalam perencanaan jaringan, ada batas waktu yang disebut total *float*. Total *float* yang disimbolkan dengan $(Tf)_{ij}$ merupakan waktu yang diperkenankan suatu kegiatan boleh ditunda melampaui waktu paling awal tanpa menyebabkan keterlambatan berakhirnya proyek (Wayne, 2004). Total *float* dapat ditentukan dengan menggunakan perhitungan berikut:

$$(Tf)_{ij} = (Ls)_{ij} - (Es)_{ij} = (Lf)_{ij} - (Ef)_{ij} \quad (2.5)$$

Suatu aktivitas dikatakan sebagai aktivitas kritis atau berada pada jalur kritis ketika total *float* sama dengan nol. Jalur kritis hanya melalui aktivitas kritis yang mulai dari aktivitas kritis awal hingga aktivitas akhir (Wayne, 2004).

Contoh 2.2

Berikut diberikan data kegiats proyek:

Sumber: (Wayne, 2004)

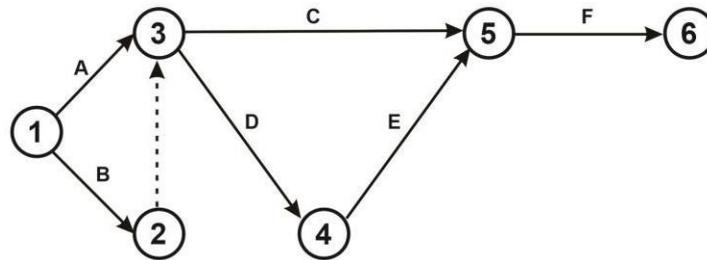
Tabel 2.1 Kegiatan Proyek CPM

Kode	Kegiatan	<i>Predecessor</i>	<i>succesor</i>	Waktu
A	Pekerja kereta api	-	C, D	6
B	Membeli bahan baku	-	C, D	9
C	Menghasilkan produk 1	A, B	F	8
D	Menghasilkan produk 2	A, B	E	7
E	Uji produk 2	D	F	10
F	Perakitan produk 1 dan 2	C, E	-	12

Gambar diagram proyek tersebut dan tentukan jalur kritisnya dengan metode CPM.

Penyelesaian:

1. Membuat diagram kerja



Gambar 2.16 Jaringan kerja CPM

2. Menentukan jalur kritis

Jalur kritis ditentukan oleh dua proses perhitunagn yaitu:

- a. Perhitungan maju (*forward computation*)

Menggunakan persamaan (2.1) dan persamaan (2.2). kita ketahui bahwa nilai Es setiap awal aktivitas adalah sama dengan nol.

Maka,

Aktivitas A

$$(Es)_{13} = 0$$

$$(Ef)_{13} = (Es)_{13} + D_{13} = 0 + 6 = 6$$

Aktivitas B

$$(Es)_{12} = 0$$

$$(Ef)_{12} = (Es)_{13} + D_{13} = 0 + 9 = 9$$

Aktivitas C

$$(Es)_{35} = \max[(Ef)_{13}, (Ef)_{12}] = \max[6, 9] = 9$$

$$(Ef)_{35} = (Es)_{35} + D_{35} = 9 + 8 = 17$$

Aktivitas D

$$(Es)_{34} = \max[(Ef)_{13} \cdot (Ef)_{12}] = \max[6 \cdot 9] = 9$$

$$(Ef)_{34} = (Es)_{34} + D_{35} = 9 + 7 = 16$$

Aktivitas E

$$(Es)_{45} = \max[(Ef)_{34}] = \max[16] = 16$$

$$(Ef)_{45} = (Es)_{45} + D_{45} = 16 + 10 = 26$$

Aktivitas F

$$(Es)_{56} = \max[(Ef)_{356} \cdot (Ef)_{45}] = \max[17 \cdot 26] = 26$$

$$(Ef)_{56} = (Es)_{56} + D_{56} = 26 + 12 = 38$$

- b. Perhitungan mundur (*backward computation*)

Menggunakan persamaan (2.3) dan persamaan (2.4). kita ketahui bahwa nilai $E = L$ atau $(Ef)_{56} = (Lf)_{56} = 38$. Maka,

Aktivitas F

$$(Lf)_{56} = 38$$

$$(Ls)_{56} = (Lf)_{56} - D_{ij} = 38 - 12 = 26$$

Aktivitas E

$$(Lf)_{45} = \min[(Ls)_{56}] = \min[26] = 26$$

$$(Ls)_{45} = (Lf)_{45} - D_{35} = 26 - 10 = 16$$

Aktivitas D

$$(Lf)_{34} = \min[(Ls)_{45}] = \min[16] = 16$$

$$(Ls)_{34} = (Lf)_{34} - D_{34} = 16 - 7 = 9$$

Aktivitas C

$$(Lf)_{35} = \min[(Ls)_{56}] = \min[26] = 26$$

$$(Ls)_{35} = (Lf)_{35} - D_{35} = 26 - 8 = 18$$

Aktivitas B

$$(Lf)_{12} = \min[(Ls)_{34}, (Ls)_{35}] = \min[9, 18] = 9$$

$$(Ls)_{12} = (Lf)_{12} - D_{12} = 9 - 9 = 0$$

Aktivitas A

$$(Lf)_{13} = \min[(Ls)_{34}, (Ls)_{35}] = \min[9, 18] = 9$$

$$(Ls)_{13} = (Lf)_{12} - D_{12} = 9 - 6 = 3$$

Dalam bentuk tabular, hasil lengkap perhitungan *Es*, *Ls*, *Ef*, dan *Lf*,
Sebagaimana dalam tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2 hasil Perhitungan Maju dan Mundur

No	Aktivitas	Waktu	Es	Ef	Ls	Lf
1	A	6 hari	0	6	3	9
2	B	9 hari	0	9	0	9
3	C	8 hari	9	17	18	26
4	D	7 hari	9	16	9	16
5	E	10 hari	16	26	16	26
6	F	12 hari	26	38	26	38

3. Menghitung total *float*

Langkah berikutnya yakni menghitung total *float* dengan persamaan 2.5.

Menghitung total *float* ini berfungsi untuk menentukan aktivitas-aktivitas yang termasuk ke dalam aktivitas kritis. Berikut merupakan perhitungana total *float*.

Aktivitas A $(Tf)_{12} = 3 - 0 = 3$

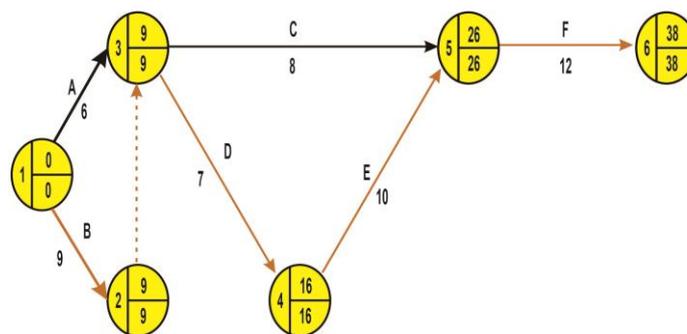
$$\text{Aktivitas B} \quad (Tf)_{13} = 0 - 0 = 0$$

$$\text{Aktivitas C} \quad (Tf)_{35} = 18 - 9 = 9$$

$$\text{Aktivitas D} \quad (Tf)_{34} = 9 - 9 = 0$$

$$\text{Aktivitas E} \quad (Tf)_{45} = 16 - 16 = 0$$

$$\text{Aktivitas F} \quad (Tf)_{56} = 26 - 26 = 0$$



Gambar 2.17 Jalur Kritis CPM

Dari gambar tersebut jalur kritis terlihat *node* dan anak panah berwarna kuning dan dari hasil diagram didapatkan jalur kritis B, D, E, dan F dengan waktu penyelesaian pekerjaan proyek selama 38 hari.

2.3 Program Evaluation and Review Technique (PERT)

PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) merupakan salah satu bentuk *management science* yang digunakan untuk pengelolaan serta pengendalian suatu proyek. Metode PERT merupakan metode yang memiliki tujuan untuk meminimalisir penundaan dan keterlambatan produksi selama pengerjaan proyek, serta mengoordinasikan berbagai bagian pekerjaan secara keseluruhan agar penyelesaian proyek dapat dipercepat. Metode PERT memungkinkan pengguna tidak hanya menghitung waktu proyek yang diharapkan, tetapi juga untuk mengukur kemungkinan (probabilitas) proyek, atau

bagian dari proyek yang diselesaikan dalam jangka waktu tertentu. Terdapat beberapa komponen dalam metode PERT, yaitu:

1. Aktivitas atau kegiatan.
2. Waktu aktivitas.
3. Perkiraan waktu penyelesaian.
4. Penjadwalan proyek.

Beberapa manfaat dalam penerapan metode PERT, yaitu:

1. Dapat mengetahui ketergantungan serta hubungan pada setiap aktivitas dalam pengerjaan proyek.
2. Dapat mengetahui implikasi serta waktu jika terjadi keterlambatan dalam sebuah proyek yang sedang dikerjakan.
3. Dapat mengetahui jalur alternatif lain, sehingga proyek tidak mengalami keterlambatan.
4. Dapat mengetahui kemungkinan percepatan satu atau lebih sebuah aktivitas.
5. Dapat mengetahui atas akhir waktu penyelesaian sebuah proyek.

Seperti halnya metode CPM, yang menggunakan diagram anak panah dalam mengilustrasikan aktivitas proyek. Demikian juga perhitungan aktivitas kritis, *float*, dan jalur kritis dimana dalam metode PERT dikatakan *slack*. Terdapat perbedaan yang dapat diketahui dari metode PERT yaitu dalam estimasi kurun waktu kegiatan, dimana CPM hanya menggunakan satu waktu, sedangkan PERT menggunakan tiga estimasi waktu yaitu waktu optimis t_o , waktu paling mungkin atau realistis t_L , dan waktu pesimis t_p yang memiliki arti sebagai berikut (Soeharto, 1999).

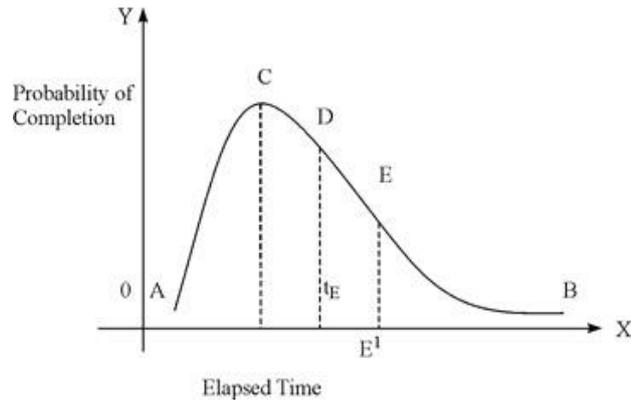
1. t_o merupakan rentang waktu optimis atau waktu tersingkat dalam menyelesaikan kegiatan jika semua kegiatan yang lain berjalan mulus.
2. t_L adalah rentang waktu paling mungkin atau waktu yang sering terjadi untuk menyelesaikan suatu kegiatan.
3. t_p merupakan rentang waktu pesimis atau waktu paling lama dalam menyelesaikan suatu kegiatan jika terdapat kendala di kegiatan yang lain.

Seperti yang telah dijelaskan diatas penggunaan tiga angka estimasi bertujuan untuk memberikan rentang yang lebih panjang dalam melakukan estimasi waktu dibanding hanya menggunakan satu deterministik waktu dengan menggunakan teori probabilitas.

Metode PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) menggunakan rumusan t_E untuk menghitung waktu aktivitas yang diharapkan, dengan menggabungkan ketiga angka tersebut menjadi satu angka. Model matematika tersebut merupakan perhitungan rata-rata aktivitas yang dikerjakan secara berulang dalam jumlah yang besar. Jika waktu yang sesungguhnya dan jumlah frekuensinya dicatat secara sistematis akan diperoleh kurva beta distribusi. Dalam menentukan TE digunakan asumsi bahwa waktu optimis t_o dan waktu pesimis t_p adalah sama. Sedangkan waktu normal atau realistik t_L adalah 4 kali lebih besar dari peristiwa t_o dan t_p (Soeharto, 1999). sehingga rumus dapat ditulis dengan

$$t_E = \frac{t_o + 4t_L + t_p}{6} \quad (2.6)$$

Arti dari waktu yang diharapkan tersebut adalah bahwa ada peluang lima puluh-lima puluh untuk menyelesaikan aktivitas dalam durasi waktu t_E seperti pada kurva berikut (Rama Murthy, 2007).



Gambar 2.18 Kurva Waktu t_E

Terdapatnya rentang waktu tersebut menandai bahwa terdapat derajat ketidakpastian dari tiap kegiatan tersebut. Besar ketidakpastian ini bergantung pada besar perkiraan angka t_0 dan t_p . Pada masalah tersebut PERT menggunakan standar deviasi dan varians parameter sebagai Penjelasan (Rama Murthy, 2007). Berdasarkan ilmu statistik, angka standar deviasi sebesar $\frac{1}{6}$ dari rentang distribusi ($t_p - t_0$), sehingga dapat ditulis seperti:

$$\sigma_{ij} = \frac{t_p - t_0}{6} \quad (2.7)$$

dan varians kegiatan

$$\sigma_{ij}^2 = \left(\frac{t_p - t_0}{6} \right)^2 \quad (2.8)$$

Dalam menaksir kemungkinan (probabilitas) selesainya proyek dengan durasi yang diinginkan. Tim pelaksana proyek biasanya memiliki target dalam menyelesaikan proyeknya untuk mendapatkan suatu kemajuan. Tim pelaksana ingin mengetahui probabilitas kepastian penyelesaian proyek dalam mendapatkan target tersebut. Dari keinginan tersebut dengan menghitung probabilitas

penyelesaian proyek (dengan jumlah aktivitas), dengan menerapkan teorema *central limit*, maka diperoleh langkah sebagai berikut (Rama Murthy, 2007).

Langkah 1 : Mengidentifikasi jalur kritis dan aktivitas kritis.

Langkah 2 : Menghitung varians (σ^2) dengan persamaan 2.8.

Langkah 3 : Buatlah daftar aktivitas kritis dan jumlahkan varians dari jalur kritis dengan persamaan

$$\sum (\sigma^2 \text{ jalur kritis})$$

Langkah 4 : Hitung akar kuadrat dari penjumlahan varians jalur kritis dengan persamaan

$$\sqrt{\sum (\sigma^2 \text{ jalur kritis})}$$

Langkah 5 : Carilah selisih antara waktu kontraktual atau waktu yang diharapkan T_L dan waktu penyelesaian proyek T_E dengan rumus $T_L - T_E$.

Bergantung pada nilai T_L , yaitu

Jika $T_L = T_E$ maka $T_L - T_E = 0$

Jika $T_L > T_E$ maka $T_L - T_E =$ bernilai positif

Jika $T_L < T_E$ maka $T_L - T_E =$ bernilai negatif

Langkah 6 : Kemudian hitung rasio dengan persamaan

$$z = \frac{T_L - T_E}{\sqrt{\sum \sigma^2}} \quad (2.9)$$

Gunakan angka z tersebut untuk mencari besar probabilitas atau kemungkinan kegiatan dapat diselesaikan sesuai target dengan menggunakan *cumulative normal distribution function* (%). Dengan rincian berikut.

- Jika $T_L = T_E$ maka probabilitasnya adalah 50%.
- Jika $T_L > T_E$ maka z positif, probabilitas penyelesaian proyek lebih besar dari 50%.
- Jika $T_L < T_E$ maka z negatif, probabilitas penyelesaian proyek lebih kecil dari 50%.

Contoh 2.3

Berikut diberikan data kegiatan proyek:

Tabel 2.3 Kegiatan Proyek PERT

Kegiatan	Predecessor	Waktu		
		t_O	t_L	t_P
A	-	2	6	10
B	-	4	6	12
C	A	2	3	4
D	A	2	4	6
E	B, D	3	6	9
F	B, C, D	6	10	14
G	F	1	3	5

Selesaikan dengan metode PERT

Penyelesaian:

1. Menghitung waktu diharapkan aktivitas terselesaikan

$$\text{Aktivitas A} \quad t_E = \frac{2+4(6)+10}{6} = \frac{36}{6} = 6$$

$$\text{Aktivitas B} \quad t_E = \frac{4+4(6)+12}{6} = \frac{40}{6} = 6,66$$

$$\text{Aktivitas C} \quad t_E = \frac{2+4(3)+4}{6} = \frac{18}{6} = 3$$

$$\text{Aktivitas D} \quad t_E = \frac{2+4(4)+6}{6} = \frac{24}{6} = 4$$

$$\text{Aktivitas E} \quad t_E = \frac{3+4(6)+9}{6} = \frac{36}{6} = 6$$

$$\text{Aktivitas F} \quad t_E = \frac{6+4(6)+14}{6} = \frac{60}{6} = 6$$

$$\text{Aktivitas G} \quad t_E = \frac{1+4(3)+5}{6} = \frac{18}{6} = 3$$

2. Menghitung standar deviasi dan varians aktivitas

$$\text{Aktivitas A} \quad \sigma = \frac{10-2}{6} = \frac{8}{6} = 1,33 \quad \sigma^2 = 1,33^2 = 1,77$$

$$\text{Aktivitas B} \quad \sigma = \frac{12-4}{6} = \frac{8}{6} = 1,33 \quad \sigma^2 = 1,33^2 = 1,77$$

$$\text{Aktivitas C} \quad \sigma = \frac{4-2}{6} = \frac{2}{6} = 0,33 \quad \sigma^2 = 0,33^2 = 0,11$$

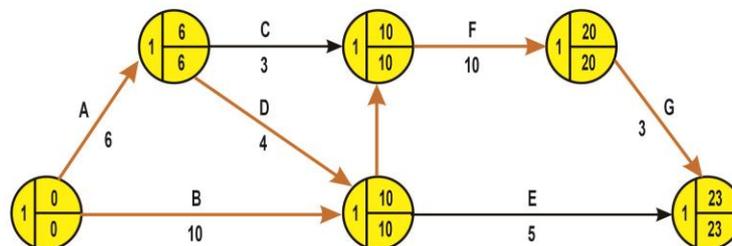
$$\text{Aktivitas D} \quad \sigma = \frac{6-2}{6} = \frac{4}{6} = 0,66 \quad \sigma^2 = 0,66^2 = 0,44$$

$$\text{Aktivitas E} \quad \sigma = \frac{9-3}{6} = \frac{3}{6} = 1 \quad \sigma^2 = 1^2 = 1$$

$$\text{Aktivitas F} \quad \sigma = \frac{14-6}{6} = \frac{8}{6} = 1,33 \quad \sigma^2 = 0,33^2 = 1,77$$

$$\text{Aktivitas G} \quad \sigma = \frac{5-1}{6} = \frac{4}{6} = 0,66 \quad \sigma^2 = 0,66^2 = 0,44$$

3. Menggambar diagram jaringan



4. Menentukan jalur kritis

Setelah jaringan. Selanjutnya adalah menghitung waktu penyelesaian proyek. Waktu penyelesaian proyek diperoleh $T_E = 23$ minggu. Proyek ini memiliki dua jalur kritis yaitu $A - D - F - G$ dan $B - F - G$.

5. Menghitung jumlah varians aktivitas kritis

Jalur Kritis	Varians σ^2
A	1,77
D	0,44
F	1,77
G	0,44
$\sum \sigma^2$	4,42

Jalur Kritis	Varians σ^2
B	1,77
F	1,77
G	0,44
$\sum \sigma^2$	3,98

6. Menghitung akar kuadrat dari jumlah varians aktivitas kritis

$$\text{Jalur kritis 1 } \sqrt{\sum \sigma^2} = \sqrt{4,42} = 2,10$$

$$\text{Jalur kritis 2 } \sqrt{\sum \sigma^2} = \sqrt{3,98} = 1,99$$

7. Menghitung probabilitas proyek dapat diselesaikan

Diberikan $T_L = 22$ minggu maka dengan persamaan 2.9 diperoleh

$$z = \frac{22-23}{2,10} = -\frac{1}{2,10} = -0,476 \text{ atau } z = \frac{22-23}{2,10} = -\frac{1}{1,99} = -0,502$$

Jadi probabilitas proyek dapat diselesaikan selama 22 minggu adalah 49%

2.4 Optimasi Proyek

Optimasi proyek melibatkan ilmu strategi dan pengelolaan sumber daya fisik manusia dan material dengan menggunakan teknik optimasi kontemporer dengan tujuan mencapai tujuan tertentu, seperti standar lingkungan, jadwal, pengendalian kualitas, biaya dan penyelesaian tepat waktu (Sutomo dkk., 2016). Oleh karena itu, perencanaan proyek yang efektif, alokasi sumber daya yang efisien, praktik manajemen serta pengawasan yang baik sangat diperlukan agar mencapai tujuan proyek yang sesuai dengan perencanaan.

Optimasi proyek mengacu pada penerapan prinsip-prinsip manajemen proyek. Teori manajemen berasumsi bahwa sumber daya seperti modal keuangan,

metode pengerjaan, pasar, material, sumber daya manusia dan lain sebagainya. Keterbatasan ini dapat menjadi hambatan, namun bisa dihilangkan. Keterbatasan sumber daya ini dapat diatasi dengan menggunakan prinsip-prinsip manajemen. Dengan memanfaatkan prinsip-prinsip manajemen, kendala sumber daya dapat dihilangkan, dan tujuan proyek dapat dicapai (Elfira, 2019).

Jika perusahaan menerapkan pengoptimalan proyek dengan benar, perusahaan dapat menyelesaikan banyak tugas dengan sumber daya yang lebih sedikit dan waktu yang lebih singkat. Hal ini mengarah pada peningkatan efisiensi, efektivitas, dan tingkat produktivitas (Kerzner, 1987).

2.5 Waktu dalam Al-Qur'an

Hidup merupakan serangkaian aktivitas untuk menyelesaikan berbagai macam permasalahan dalam batas tertentu sebelum kembali menghadap Tuhannya. Bagi seorang muslim, hidup yang sebenarnya adalah proses mempersiapkan diri dengan mencari bekal serta jalan terbaik menuju keridhaan-Nya. Dalam memudahkan hal tersebut, Allah memberikan waktu sebagai aset yang paling penting kepada setiap umat manusia. Salah satu alasan mengapa waktu menjadi aset yang paling penting bagi setiap manusia mengingat karena waktu memiliki karakteristik yang akan terus berlalu dan berpacu tanpa mengenal kembali serta nyaris tidak dapat dirasakan. Malik bin Nabi pernah mengungkapkan dalam kitab karangannya yaitu *Syurut Al-Nahdlah*, beliau memulai dengan menukil satu ungkapan yang dinilai sebagai hadis Nabi oleh sebagian ulama: *“Tidak akan terbit fajar pada satu haripun kecuali ia akan berseru “Wahai anak Adam, akulah harimu yang baru dan akan menjadi saksi*

jerih payahmu. Maka, manfaatkanlah aku sebaik mungkin karena aku tidak akan pernah kembali meskipun hari kiamat telah tiba”(Quraish & Shihab, 1998)

Al-Qur'an sebagai pedoman hidup banyak memberikan petunjuk baik tersurat maupun tersirat kepada manusia tentang bagaimana manusia bisa menjadi beruntung. Melalui berbagai ayat Allah bersumpah berdasarkan waktu dalam Al-Qur'an, seperti *wa al-lail* (demi malam), *wa al-ashr* (demi masa), *wa al-nahar* (demi siang), *wa al-subh* (demi waktu subuh), *wa al-fajr* (demi waktu fajar), dan lain-lain. Para ulama yang mempelajari Al-Qur'an (mufassir) juga berpendapat bahwa sumpah Allah atas nama waktu di dalam Al-Qur'an menunjukkan sangat pentingnya waktu dalam setiap kehidupan manusia. Hal ini menunjukkan bahwa waktu sebagai nikmat yang paling berharga yang diberikan Allah dan harus dimanfaatkan secara bijak.

Setiap orang memiliki persepsi yang berbeda-beda terkait pengertian dan pemahaman tentang konsep waktu, sehingga pemanfaatan waktu dan hasil yang dicapai oleh setiap orang berbeda. Agama islam juga melihat bahwa pemahaman seseorang terhadap hakikat waktu merupakan cerminan keimanan dan ketaqwaannya. Dikatakan bahwa seorang muslim menyia-nyiakan waktunya untuk aktivitas yang tidak bermanfaat, maka hidupnya menjadi kurang bermakna. Maka dari itu, secara tegas islam sangat menganjurkan umatnya untuk mengisi waktu kosongnya dengan aktivitas yang bermanfaat seperti bekerja.

Tanda-tanda penggunaan waktu yang tidak efisien adalah ketidakmampuan seseorang dalam menentukan prioritas dengan baik serta kecenderungan menunda-nunda aktivitas. Orang yang tidak dapat menentukan prioritas dengan baik seringkali tidak mengetahui aktivitas mana yang harus diselesaikan terlebih

dahulu. Akibatnya, aktivitas-aktivitas penting yang biasanya harus dikerjakan terlebih dahulu dibayangi oleh aktivitas-aktivitas yang kurang penting. Sebaliknya, orang akan kesulitan menyelesaikan pekerjaannya dalam waktu yang telah ditetapkan ketika sering menunda-nunda waktu sehingga berakibat pada kualitas pekerjaannya yang buruk.

Mengingat betapa pentingnya waktu supaya manusia tidak terperangkap oleh tipu muslihat kehidupan duniawi yang bersifat sementara, dalam hadits arbain nawawi yang diriwayatkan oleh al-Bukhori 6416. Dalam hadits tersebut dijelaskan yang artinya:

“Ibnu Umar R.A, beliau berkata: ‘Pada suatu hari Rasulullah meletakkan tangan dipundakku kemudian bersabda: ‘jalanilah hidupmu di dunia ini layaknya orang yang sedang lewat atau musafir (orang asing)’. Oleh karena itu, Ibnu Umar R.a berkata: tatkala kamu berada di waktu sore maka janganlah menunggu pagi hari, dan jika kamu berada di waktu pagi maka jangan menunggu sore hari. Gunakan waktu yang sehat untuk menghadapi penyakit, dan gunakan waktu hidupmu untuk menghadapi kematian” (Nawawi, 2000).

Hadits ini memberikan hikmah agar seseorang tidak menunda segala aktivitas yang bisa dilakukan saat ini, karena waktu yang akan terus berjalan dan tidak akan pernah berhenti.

Hal tersebut selaras dengan firman Allah di dalam surat Al-Insyirah ayat 7 yang menekankan bahwa apabila seseorang selesai melakukan suatu aktivitas, hendaknya ia melanjutkan ke aktivitas lain. Secara bahasa *fanshab* berasal dari kata *nashaba* yang berarti ‘lelah’. Dalam hal ini lelah dimaknai sebagai tindakan melakukan aktivitas selanjutnya dengan bersungguh-sungguh. Dalam (Zaen, 2016) Imam Ath-Thabari berpendapat bahwa jenis aktivitas yang dimaksud dalam Surat Al-Insyirah ayat 7 bisa melingkupi semua aktivitas baik ukhrowi maupun duniawi karena Allah tidak menjelaskan secara spesifik.

Menurut tafsir tahlili makna yang terkandung dalam Surah Al-Insyirah ayat 7 adalah jika engkau selesai dari suatu amalan, maka bangkitlah untuk melakukan amalan lainnya. Jika engkau telah menyelesaikan urusan dunia, maka kerjakanlah urusan akhirat. Jika engkau selesai dari urusan akhirat maka sibukkan dengan urusan dunia (Hafidzah, 2015). Sehingga seorang muslim adalah orang yang produktif dalam segala sisi, baik urusan dunia maupun urusan akhirat. Sedangkan orang yang banyak berleha-leha dan pengangguran, maka dia adalah orang yang tercela. Abdullah bin Mas'ud dalam Kitab *Shifatu as-Shafwah* juz 1 halaman 414 bahwa: *“Sesungguhnya aku sangat benci ketika melihat orang pengangguran, (dia) tidak bekerja untuk dunianya dan tidak juga beramal untuk akhiratnya”* (Hafidzah, 2015).

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan oleh peneliti adalah penelitian kuantitatif. Peneliti umumnya memanfaatkan penelitian kuantitatif untuk memperoleh data yang tepat berdasarkan fenomena empiris dan terukur. Pendekatan ini lebih disukai ketika peneliti berusaha menyajikan informasi dalam bentuk numerik, seperti waktu yang dihabiskan untuk setiap aktivitas pekerjaan proyek. Kemudian setelah data terkumpul, dilakukan pengolahan untuk memperoleh sebuah kesimpulan secara kuantitatif. Hasil dari penelitian ini akan menjadi suatu cara untuk menanggulangi permasalahan dibidang proyek

3.2 Jenis dan Sumber Data

Penelitian ini dilakukan berdasarkan data yang diperoleh dari proyek peningkatan saluran drainase di Jl. S. Supriadi RW. 1 Kelurahan Sukun Kota Malang yang diperoleh Dinas Pekerjaan Umum, Penataan Ruang, Perumahan, dan Kawasan Permukiman (DPUPRPKP).

Data ini merupakan data yang dikumpulkan sendiri oleh individu atau perorangan secara langsung dari objek penelitian. Pada penelitian ini, data primer yang digunakan adalah hasil wawancara dengan pihak yang terlibat dalam pelaksana proyek. Wawancara ini dilakukan dengan narasumber yang sudah berpengalaman dalam bidangnya. Pada wawancara ini, didapatkan informasi mengenai pelaksanaan kegiatan proyek berupa urutan dan hubungan antar aktivitas proyek serta hambatan yang dihadapi oleh pelaksana proyek.

Dalam menentukan urutan dan hubungan antar aktivitas proyek dapat ditunjukkan pada Tabel 3.1 yaitu:

Tabel 3.1 Hubungan dan Urutan Aktivitas Proyek

No	Aktivitas	Durasi	<i>Predecessor</i>	<i>successor</i>
A	Mobilisasi	2	-	B, C, D
B	Galian perkerasan beraspal	4	A	E, F
C	Bongkar beton dengan jack hammer	6	A	F
D	Galian tanah biasa	4	A	F
E	Timbunan pasir pengisi	2	B	G, H
F	Pasang box culvert monolit 80x80 cm	18	B, C, D	G, H
G	Timbunan tanah kembali	2	E, F	I
H	Beton mutu K-100	5	E, F	I
I	Baja tulangan polos	5	G, H	J, K
J	Bekisting dinding beton biasa	4	I	I
K	Beton mutu K-250	5	I	I
L	Mortar tipe N (1 PC:4 PP)	4	J, K	J, K
M	Siaran dengan mortar	3	J, K	J, K
N	Plesteran tebal 1cm	1	M	M
O	Acian	1	M	M
P	Pemasangan besi profil siku	4	N, O	N, O
Q	Pembersihan proyek	1	P	-

Dalam menentukan waktu pelaksanaan terdapat tiga estimasi waktu berdasarkan ketidakpastian kerja. Estimasi ketidakpastian tersebut dapat ditunjukkan pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Estimasi Waktu Ketidakpastian

No	Aktivitas	Waktu Optimis	Waktu Pesimis	Waktu Realistis
A	Mobilisasi	1 hari	3 hari	2 hari
B	Galian perkerasan beraspal	3 hari	5 hari	4 hari
C	Bongkar beton dengan jack hammer	5 hari	7 hari	6 hari
D	Galian tanah biasa	3 hari	5 hari	4 hari
E	Timbunan pasir pengisi	1 hari	3 hari	1,5 hari
F	Pasang box culvert monolit 80x80 cm	15 hari	20 hari	18 hari
G	Timbunan tanah kembali	1 hari	2 hari	1,5 hari
H	Beton mutu K-100	3 hari	6 hari	5 hari
I	Baja tulangan polos	4 hari	6 hari	5 hari
J	Bekisting dinding beton biasa	2 hari	4 hari	3 hari
K	Beton mutu K-250	3 hari	6 hari	5 hari
L	Mortar tipe N (1 PC:4 PP)	3 hari	5 hari	4 hari
M	Siaran dengan mortar	2 hari	4 hari	3 hari
N	Plesteran tebal 1cm	0,5 hari	1,5 hari	1 hari
O	Acian	0,5 hari	2 hari	1 hari
P	Pemasangan besi profil siku	2 hari	5 hari	4 hari
Q	Pembersihan proyek	0,5 hari	2 hari	1 hari

3.3 Tahapan Penelitian

Secara ringkas tahapan pada penelitian ini dimulai dengan mencari data berupa rekapitulasi pekerjaan proyek dan *time schedule* kemudian Menyusun jaringan kerja dengan metode CPM dan menghitung estimasi ketidakpastian

dengan PERT dan menentukan probabilitas dengan CPM – PERT untuk mengetahui presentase peluang proyek dapat diselesaikan.

Berdasarkan rumusan masalah, maka tahapan penelitian dibagi menjadi tiga bagian yaitu:

1. Menyusun jaringan kerja menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM).
 - a. Membuat diagram kerja.
 - b. Menentukan jalur kritis, dengan cara:
 - 1) Menghitung nilai ES menggunakan persamaan 2.1.
 - 2) Menghitung nilai EF menggunakan persamaan 2.2.
 - 3) Menghitung nilai LS menggunakan persamaan 2.3.
 - 4) Menghitung nilai LF menggunakan persamaan 2.4.
 - 5) Menghitung nilai *slack* menggunakan persamaan 2.5.
2. Menentukan estimasi ketidakpastian menggunakan metode *Program Evaluation and Review Technique* (PERT).
 - a. Merinci rencana dan urutan aktivitas pekerjaan.
 - b. Memperkirakan waktu yang diperlukan untuk setiap aktivitas, yaitu waktu optimis, waktu pesimis, dan waktu normal.
 - c. Menghitung waktu aktivitas yang diharapkan dengan persamaan 2.6.
 - d. Menghitung standar deviasi dan varians dengan persamaan 2.6 dan 2.7
 - e. Menentukan nilai t_e yang berada pada jalur kritis menggunakan persamaan 2.8.
 - f. Menghitung nilai z menggunakan persamaan 2.9.
 - g. Menghitung presentase probabilitas durasi kerja.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

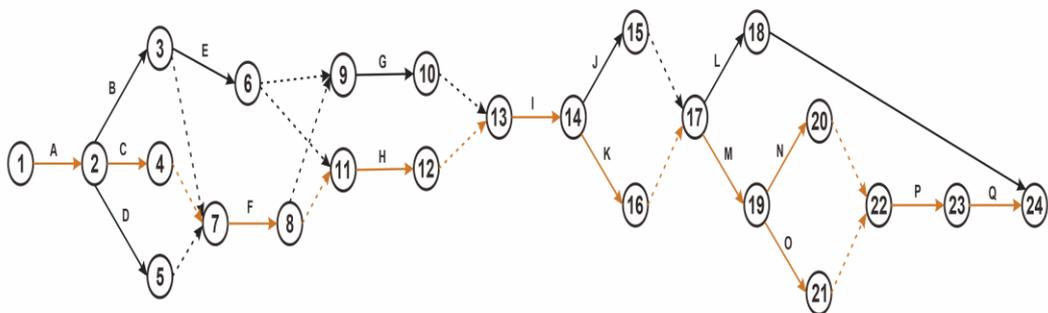
4.1 Jaringan Kerja Menggunakan Metode *Critical Path Method* (CPM)

Critical Path Method (CPM) dan *Program Evaluation Review Technique* (PERT) memiliki pendekatan yang berbeda. CPM direkayasa memakai pendekatan deterministik satu angka yang mencerminkan adanya kepastian, sedangkan PERT direkayasa dengan pendekatan yang menganggap bahwa kurun waktu kegiatan tergantung pada banyak faktor dan variasi.

Critical Path (jalur kritis) menghubungkan aktivitas-aktivitas proyek yang penting. Aktivitas kritis memerlukan pengawasan ekstra karena jika aktivitas tersebut terlambat, aktivitas lain juga akan terlambat. Dimulai dengan membuat model jaringan kerja, penyusunan ini mengidentifikasi jalur penting yang akan berfungsi sebagai model dasar penjadwalan proyek. Dari model ini, nantinya penjadwalan dan alternatif lain yang dapat digunakan jika perusahaan mengalami masalah dalam pekerjaannya.

Mengidentifikasi aktivitas adalah langkah pertama dalam pembuatan jaringan kerja. Ini mencakup durasi aktivitas, aktivitas pendahulu, dan aktivitas pengikut. Aktivitas pendahulu adalah aktivitas yang harus diselesaikan sebelum aktivitas lain dimulai, dan aktivitas pengikut adalah aktivitas yang mengikuti aktivitas tertentu. Setiap aktivitas memiliki hubungan dan urutan yang dapat ditunjukkan oleh aktivitas predator dan aktivitas successor. Tabel 3.1 menunjukkan hubungan dan urutan aktivitas kerja pada proyek peningkatan saluran drainase oleh DPUPRPKP Kota Malang.

Tabel 3.1 menunjukkan bahwa uraian aktivitas masing-masing memiliki durasi, *predecessor*, dan *sucesor*. Karena tidak ada aktivitas yang dilakukan sebelum aktivitas A, maka tidak ada aktivitas *predecessor* untuk aktivitas A. Sebaliknya, aktivitas *successor* untuk aktivitas A adalah aktivitas B, C, dan D, yang dilakukan setelah aktivitas A selesai. Hal ini juga berlaku untuk aktivitas-aktivitas lainnya. Sebuah jaringan kerja atau *network planning* menggambarkan hubungan antar aktivitas tersebut. Berikut adalah gambaran jaringan rencana yang terbentuk.



Gambar 4.1 Diagram Jaringan kerja

Model jaringan kerja pada Gambar 4.1 diawali oleh aktivitas A dan diakhiri oleh aktivitas Q yang menggambarkan tentang alur dari aktivitas pada proyek peningkatan saluran drainase oleh DPUPRPKP Kota Malang. Pada proyek peningkatan saluran drainase oleh DPUPRPKP Kota Malang, terdapat 17 aktivitas yang disusun menjadi beberapa jalur. Beberapa aktivitas tersebut digambarkan dengan sebuah *node* serta dihubungkan menggunakan anak panah. Jaringan kerja seperti ini dibuat dengan mempertimbangkan hubungan antar aktivitas dari proyek secara menyeluruh.

Setelah membuat jaringan kerja, langkah berikutnya adalah menentukan jalur kritis menggunakan metode CPM. Untuk menentukan jalur kritis, dilakukan dua proses perhitungan yang digunakan yaitu perhitungan maju (*forward computation*), yang dimulai pada titik awal menuju titik akhir, berfungsi untuk menentukan *earliest start Es* serta *earliest finish Ef* dan perhitungan mundur (*backward computation*), yang dimulai pada titik akhir menuju titik awal, berfungsi untuk menentukan *latest start Ls* serta *latest finish Lf*. Diperlukan perhatian lebih apabila terdapat aktivitas yang memiliki lebih dari satu aktivitas penghubung untuk menentukan nilai *Es* dan *Ef*. Jika menentukan nilai *Es*, maka dipilih nilai maksimal dari *Ef predecessor* aktivitas-nya. Apabila menentukan nilai *Lf*, maka dipilih nilai minimal dari *Ls successor* aktivitasnya.. Berikut adalah perhitungan untuk perhitungan aktivitas proyek maju dan mundur.

1. Perhitungan maju (*forward computation*)

Menggunakan persamaan (2.1) dan persamaan (2.2). Kita ketahui bahwa nilai *Es* setiap awal aktivitas adalah sama dengan nol, maka,

Aktivitas A

$$(Es)_{1,2} = 0$$

$$(Ef)_{1,2} = (Es)_{1,2} + D_{1,2} = 0 + 2 = 2$$

Aktivitas B

$$(Es)_{2,3} = \max[(Ef)_{1,2}] = \max[2] = 2$$

$$(Ef)_{2,3} = (Es)_{2,3} + D_{2,3} = 2 + 4 = 6$$

Aktivitas C

$$(Es)_{2,4} = \max[(Ef)_{1,2}] = \max[2] = 2$$

$$(Ef)_{2,4} = (Es)_{2,4} + D_{2,4} = 2 + 6 = 8$$

Aktivitas D

$$(Es)_{2,5} = \max[(Ef)_{1,2}] = \max[2] = 2$$

$$(Ef)_{2,5} = (Es)_{2,5} + D_{2,5} = 2 + 4 = 6$$

Aktivitas E

$$(Es)_{3,6} = \max[(Ef)_{2,3}] = \max[6] = 6$$

$$(Ef)_{3,6} = (Es)_{3,6} + D_{3,6} = 6 + 2 = 8$$

Aktivitas F

$$(Es)_{7,8} = \max[(Ef)_{2,4}, (Ef)_{2,5}] = \max[8, 6] = 8$$

$$(Ef)_{7,8} = (Es)_{7,8} + D_{7,8} = 8 + 18 = 26$$

Aktivitas G

$$(Es)_{9,10} = \max[(Ef)_{7,8}] = \max[26] = 26$$

$$(Ef)_{9,10} = (Es)_{9,10} + D_{9,10} = 26 + 2 = 28$$

Aktivitas H

$$(Es)_{11,12} = \max[(Ef)_{3,6}, (Ef)_{7,8}] = \max[6, 26] = 26$$

$$(Ef)_{11,12} = (Es)_{11,12} + D_{11,12} = 26 + 5 = 31$$

Aktivitas I

$$(Es)_{13,14} = \max[(Ef)_{9,10}, (Ef)_{11,12}] = \max[28, 31] = 31$$

$$(Ef)_{13,14} = (Es)_{13,14} + D_{13,14} = 31 + 5 = 36$$

Aktivitas J

$$(Es)_{14,15} = \max[(Ef)_{13,14}] = \max[36] = 36$$

$$(Ef)_{14,15} = (Es)_{14,15} + D_{14,15} = 36 + 4 = 40$$

Aktivitas K

$$(Es)_{14,16} = \max[(Ef)_{13,14}] = \max[36] = 36$$

$$(Ef)_{14,16} = (Es)_{14,15} + D_{14,15} = 36 + 5 = 41$$

Aktivitas L

$$(Es)_{17,18} = \max[(Ef)_{14,15}, (Ef)_{14,16}] = \max[40,41] = 41$$

$$(Ef)_{17,18} = (Es)_{17,18} + D_{17,18} = 41 + 4 = 45$$

Aktivitas M

$$(Es)_{17,19} = \max[(Ef)_{14,15}, (Ef)_{14,16}] = \max[40,41] = 41$$

$$(Ef)_{17,19} = (Es)_{17,19} + D_{17,19} = 41 + 3 = 44$$

Aktivitas N

$$(Es)_{19,20} = \max[(Ef)_{17,19}] = \max[44] = 44$$

$$(Ef)_{19,20} = (Es)_{19,20} + D_{19,20} = 44 + 1 = 45$$

Aktivitas O

$$(Es)_{19,21} = \max[(Ef)_{17,19}] = \max[44] = 44$$

$$(Ef)_{19,21} = (Es)_{19,21} + D_{19,21} = 44 + 1 = 45$$

Aktivitas P

$$(Es)_{22,23} = \max[(Ef)_{19,20}, (Ef)_{19,21}] = \max[45,45] = 45$$

$$(Ef)_{22,23} = (Es)_{22,23} + D_{22,23} = 45 + 4 = 49$$

Aktivitas Q

$$(Es)_{23,24} = \max[(Ef)_{17,18}, (Ef)_{22,23}] = \max[45,49] = 49$$

$$(Ef)_{23,24} = (Es)_{23,24} + D_{23,24} = 49 + 1 = 50$$

2. Perhitungan mundur (*backward computation*)

Selanjutnya yaitu melakukan perhitungan mundur dengan persamaan 2.3 dan persamaan 2.4. Seperti yang kita ketahui sebelumnya pada bab 2 bahwa nilai $E = L$ atau $(Ef)_{23,24} = (Lf)_{23,24} = 50$, maka

Aktivitas Q

$$(Lf)_{23,24} = 50$$

$$(Ls)_{23,24} = (Lf)_{23,24} - D_{23,24} = 50 - 1 = 49$$

Aktivitas P

$$(Lf)_{22,23} = \min[(Ls)_{23,24}] = \min[49] = 49$$

$$(Ls)_{22,23} = (Lf)_{22,23} - D_{22,23} = 49 - 4 = 45$$

Aktivitas O

$$(Lf)_{19,21} = \min[(Ls)_{22,23}] = \min[45] = 45$$

$$(Ls)_{19,21} = (Lf)_{19,21} - D_{19,21} = 45 - 1 = 44$$

Aktivitas N

$$(Lf)_{19,20} = \min[(Ls)_{22,23}] = \min[45] = 45$$

$$(Ls)_{19,20} = (Lf)_{19,20} - D_{19,20} = 45 - 1 = 44$$

Aktivitas M

$$(Lf)_{17,19} = \min[(Ls)_{19,21}, (Ls)_{19,20}] = \min[44, 44] = 44$$

$$(Ls)_{17,19} = (Lf)_{17,19} - D_{17,19} = 44 - 3 = 41$$

Aktivitas L

$$(Lf)_{17,18} = \min[(Ls)_{23,24}] = \min[50] = 50$$

$$(Ls)_{17,18} = (Lf)_{17,18} - D_{17,18} = 50 - 4 = 46$$

Aktivitas K

$$(Lf)_{14,16} = \min[(Ls)_{17,18}, (Ls)_{17,19}] = \min[46, 41] = 41$$

$$(Ls)_{14,16} = (Lf)_{14,16} - D_{14,16} = 41 - 5 = 36$$

Aktivitas J

$$(Lf)_{14,15} = \min[(Ls)_{17,18}, (Ls)_{17,19}] = \min[46, 41] = 41$$

$$(Ls)_{14,15} = (Lf)_{14,15} - D_{14,15} = 41 - 4 = 37$$

Aktivitas I

$$(Lf)_{13,14} = \min[(Ls)_{14,15}, (Ls)_{14,16}] = \min[37, 36] = 36$$

$$(Ls)_{13,14} = (Lf)_{13,14} - D_{13,14} = 36 - 5 = 31$$

Aktivitas H

$$(Lf)_{11,12} = \min[(Ls)_{13,14}] = \min[31] = 31$$

$$(Ls)_{11,12} = (Lf)_{11,12} - D_{11,12} = 31 - 5 = 26$$

Aktivitas G

$$(Lf)_{9,10} = \min[(Ls)_{13,14}] = \min[31] = 31$$

$$(Ls)_{9,10} = (Lf)_{9,10} - D_{9,10} = 31 - 2 = 29$$

Aktivitas F

$$(Lf)_{7,8} = \min[(Ls)_{9,10}, (Ls)_{11,12}] = \min[29, 26] = 26$$

$$(Ls)_{7,8} = (Lf)_{7,8} - D_{7,8} = 26 - 18 = 8$$

Aktivitas E

$$(Lf)_{3,6} = \min[(Ls)_{11,12}] = \min[26] = 26$$

$$(Ls)_{3,6} = (Lf)_{3,6} - D_{3,6} = 26 - 2 = 24$$

Aktivitas D

$$(Lf)_{2,5} = \min[(Ls)_{7,8}] = \min[8] = 8$$

$$(Ls)_{2,5} = (Lf)_{2,5} - D_{2,5} = 8 - 4 = 4$$

Aktivitas C

$$(Lf)_{2,4} = \min[(Ls)_{7,8}] = \min[8] = 8$$

$$(Ls)_{2,4} = (Lf)_{2,4} - D_{2,4} = 8 - 6 = 2$$

Aktivitas B

$$(Lf)_{2,3} = \min[(Ls)_{3,6}] = \min[24] = 24$$

$$(Ls)_{2,3} = (Lf)_{2,3} - D_{2,3} = 24 - 6 = 18$$

Aktivitas A

$$(Lf)_{1,2} = \min[(Ls)_{2,4}, (Ls)_{2,5}] = \min[2, 4] = 2$$

$$(Ls)_{1,2} = (Lf)_{1,2} - D_{1,1} = 2 - 2 = 0$$

Dalam bentuk tabular, hasil lengkap perhitungan ES, LS, EF , dan LF sebagaimana dalam Tabel 4.4.

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan ES, LS, EF , dan LF

No	Aktivitas	Waktu	ES	EF	LS	LF
1	A	2 hari	0	2	0	2
2	B	4 hari	2	6	2	24
3	C	6 hari	2	8	2	8
4	D	4 hari	2	6	4	8
5	E	2 hari	6	8	24	26
6	F	18 hari	8	26	8	26
7	G	2 hari	26	28	29	31
8	H	5 hari	26	31	26	31
9	I	5 hari	31	36	31	36
10	J	4 hari	36	40	37	41
11	K	5 hari	36	41	36	41
12	L	4 hari	41	45	46	50
13	M	3 hari	41	44	41	44
14	N	1 hari	44	45	44	45
15	O	1 hari	44	45	44	45
16	P	4 hari	45	49	45	49
17	Q	1 hari	49	50	49	50

Langkah berikutnya yakni menghitung waktu tenggang (*total float*). Waktu tenggang aktivitas ini dihitung dengan persamaan 2.5 yaitu mengurangi waktu paling akhir dimulai $(Ls)_{ij}$ dengan waktu paling awal dimulai $(Es)_{ij}$, juga mengurangi waktu paling akhir selesai $(Lf)_{ij}$ dengan waktu paling awal selesai $(Ef)_{ij}$. Menghitung waktu tenggang ini berfungsi untuk menentukan aktivitas-aktivitas yang termasuk ke dalam aktivitas kritis. Berikut merupakan perhitungan *total float*.

$$\text{Aktivitas A} \quad (Tf)_{1,2} = 0 - 0 = 0$$

$$(Tf)_{1,2} = 2 - 2 = 0$$

$$\text{Aktivitas B} \quad (Tf)_{2,3} = 2 - 2 = 0$$

$$(Tf)_{2,3} = 24 - 6 = 18$$

$$\text{Aktivitas C} \quad (Tf)_{2,4} = 2 - 2 = 0$$

$$(Tf)_{2,4} = 8 - 8 = 0$$

$$\text{Aktivitas D} \quad (Tf)_{2,5} = 4 - 2 = 2$$

$$(Tf)_{2,5} = 8 - 6 = 2$$

$$\text{Aktivitas E} \quad (Tf)_{3,6} = 24 - 6 = 18$$

$$(Tf)_{3,6} = 26 - 8 = 18$$

$$\text{Aktivitas F} \quad (Tf)_{7,8} = 8 - 8 = 0$$

$$(Tf)_{7,8} = 26 - 26 = 0$$

$$\text{Aktivitas G} \quad (Tf)_{9,10} = 29 - 26 = 3$$

$$(Tf)_{9,10} = 31 - 28 = 3$$

$$\text{Aktivitas H} \quad (Tf)_{11,12} = 26 - 26 = 0$$

$$(Tf)_{11,12} = 31 - 31 = 0$$

$$\text{Aktivitas I} \quad (Tf)_{13,14} = 31 - 31 = 0$$

$$(Tf)_{13,14} = 36 - 36 = 0$$

Aktivitas *J* $(Tf)_{14,15} = 37 - 36 = 1$

$$(Tf)_{14,15} = 41 - 40 = 1$$

Aktivitas *K* $(Tf)_{14,16} = 36 - 36 = 0$

$$(Tf)_{14,16} = 41 - 41 = 0$$

Aktivitas *L* $(Tf)_{17,18} = 46 - 41 = 5$

$$(Tf)_{17,18} = 50 - 45 = 5$$

Aktivitas *M* $(Tf)_{17,19} = 41 - 41 = 0$

$$(Tf)_{17,19} = 44 - 44 = 0$$

Aktivitas *N* $(Tf)_{19,20} = 44 - 44 = 0$

$$(Tf)_{19,20} = 45 - 45 = 0$$

Aktivitas *O* $(Tf)_{19,21} = 44 - 44 = 0$

$$(Tf)_{19,21} = 45 - 45 = 0$$

Aktivitas *P* $(Tf)_{22,23} = 45 - 45 = 0$

$$(Tf)_{22,23} = 49 - 49 = 0$$

Aktivitas *Q* $(Tf)_{23,24} = 49 - 49 = 0$

$$(Tf)_{23,24} = 50 - 50 = 0$$

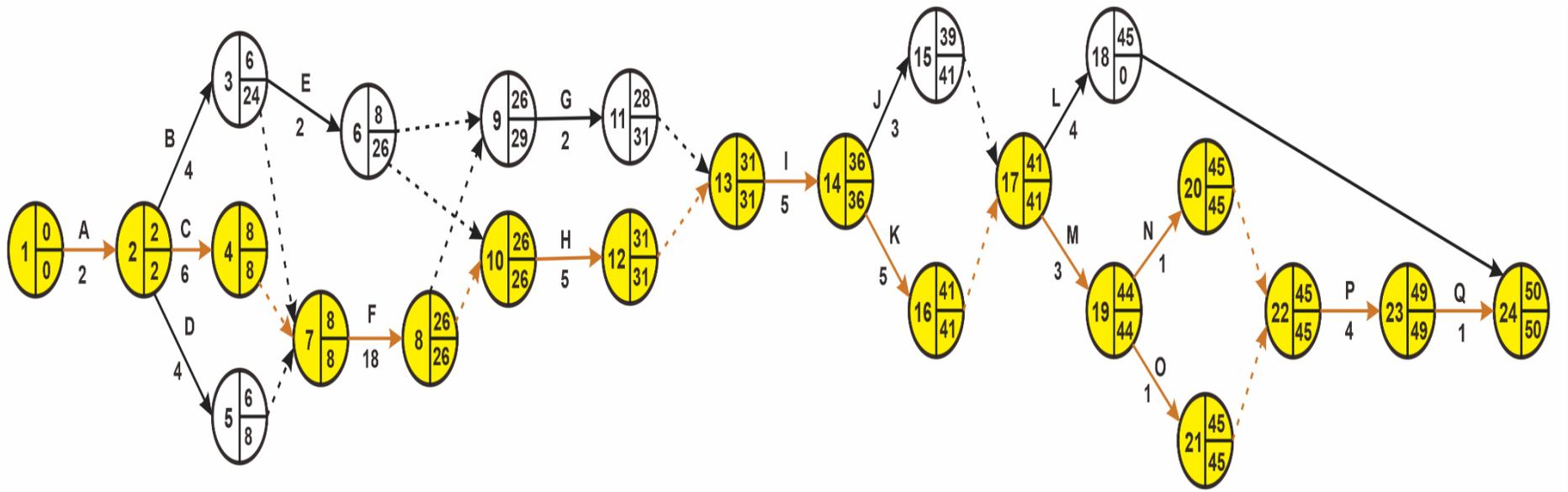
Dari hasil perhitungan waktu tenggang (*float/slack*) maka dapat diketahui aktivitas mana saja yang masuk ke dalam aktivitas kritis atau jalur kritis, dimana perhitungan dari kedua $Tf = 0$. Sedangkan jika terdapat salah satu $Tf \neq 0$ sebagai contoh pada aktivitas *L* yang diketahui bahwa $Tf = 5$, itu artinya aktivitas tersebut tidak bisa dikatakan sebagai aktivitas kritis karena aktivitas tersebut dapat dimulai pada saat *ES* atau mundur 1 hari, 2 hari, dan hanya dapat mundur maksimal 5 hari, sedangkan aktivitas kritis tidak boleh mundur atau

terlambat dalam pelaksanaannya. Berikut hasil perhitungan *float/slack* dalam bentuk tabel.

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan *slack* Metode CPM

No	Aktivitas	Waktu Aktivitas	ES	EF	LS	LF	<i>Slack</i>
1	A	2 hari	0	2	0	2	0
2	B	4 hari	2	6	2	24	18
3	C	6 hari	2	8	2	8	0
4	D	4 hari	2	6	2	8	2
5	E	2 hari	6	8	24	26	18
6	F	18 hari	8	26	8	26	0
7	G	2 hari	26	28	29	31	3
8	H	5 hari	26	31	26	31	0
9	I	5 hari	31	36	31	36	0
10	J	4 hari	36	39	36	41	1
11	K	5 hari	36	41	36	41	0
12	L	4 hari	41	45	41	50	5
13	M	3 hari	41	44	41	44	0
14	N	1 hari	44	45	44	45	0
15	O	1 hari	44	45	44	45	0
16	P	4 hari	45	49	45	49	0
17	Q	1 hari	49	50	49	50	0

Setelah melakukan perhitungan ES , LS , EF , dan LF , langkah yang terakhir adalah menentukan jalur kritis dengan menggambarkan diagram seperti pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Diagram Jalur Kritis Metode CPM

Dari gambar tersebut jalur kritis terlihat *node* dan anak panah berwarna kuning dan dari hasil diagram didapatkan 2 jalur kritis. Selanjutnya akan dijumlahkan untuk mengetahui berapa lama waktu penyelesaian jalur kritis yang terdapat pada proyek drainase, yaitu:

1. $A + C + F + H + I + K + M + N + P + Q$
 $2 + 6 + 18 + 5 + 5 + 5 + 3 + 1 + 4 + 1 = 50$ hari
2. $A + C + F + H + I + K + M + O + P + Q$
 $2 + 6 + 18 + 5 + 5 + 5 + 3 + 1 + 4 + 1 = 50$ hari

4.2 Estimasi Ketidakpastian Menggunakan Metode *Program Evaluation and Review Technique* (PERT)

Berdasarkan Tabel 3.2 metode PERT menggunakan 3 estimasi waktu, maka dari itu harus dijadikan satu angka yang dirumuskan dengan t_E menggunakan teori probabilitas kurva distribusi. Berikut merupakan perhitungan t_E .

$$\text{Aktivitas A } t_E = \frac{1+4(2)+3}{6} = \frac{12}{6} = 2$$

$$\text{Aktivitas B } t_E = \frac{3+4(4)+5}{6} = \frac{24}{6} = 4$$

$$\text{Aktivitas C } t_E = \frac{5+4(6)+7}{6} = \frac{36}{6} = 6$$

$$\text{Aktivitas D } t_E = \frac{3+4(4)+5}{6} = \frac{24}{6} = 4$$

$$\text{Aktivitas E } t_E = \frac{1+4(1,5)+3}{6} = \frac{10}{6} = 2$$

$$\text{Aktivitas F } t_E = \frac{15+4(18)+20}{6} = \frac{107}{6} = 17,83$$

$$\text{Aktivitas G } t_E = \frac{1+4(1,5)+2}{6} = \frac{9}{6} = 1,5$$

$$\text{Aktivitas H } t_E = \frac{3+4(5)+6}{6} = \frac{29}{6} = 4,83$$

$$\text{Aktivitas I } t_E = \frac{4+4(5)+6}{6} = \frac{30}{6} = 5$$

$$\text{Aktivitas J } t_E = \frac{2+4(3)+4}{6} = \frac{18}{6} = 3$$

$$\text{Aktivitas K } t_E = \frac{3+4(5)+6}{6} = \frac{29}{6} = 5,16$$

$$\text{Aktivitas L } t_E = \frac{3+4(4)+5}{6} = \frac{28}{6} = 4,66$$

$$\text{Aktivitas M } t_E = \frac{2+4(3)+4}{6} = \frac{18}{6} = 3$$

$$\text{Aktivitas N } t_E = \frac{0,5+4(1)+1,5}{6} = \frac{6}{6} = 1$$

$$\text{Aktivitas O } t_E = \frac{0,5+4(1)+2}{6} = \frac{6,5}{6} = 1,08$$

$$\text{Aktivitas P } t_E = \frac{2+4(4)+5}{6} = \frac{23}{6} = 3,83$$

$$\text{Aktivitas Q } t_E = \frac{0,5+4(1)+2}{6} = \frac{6,5}{6} = 1,08$$

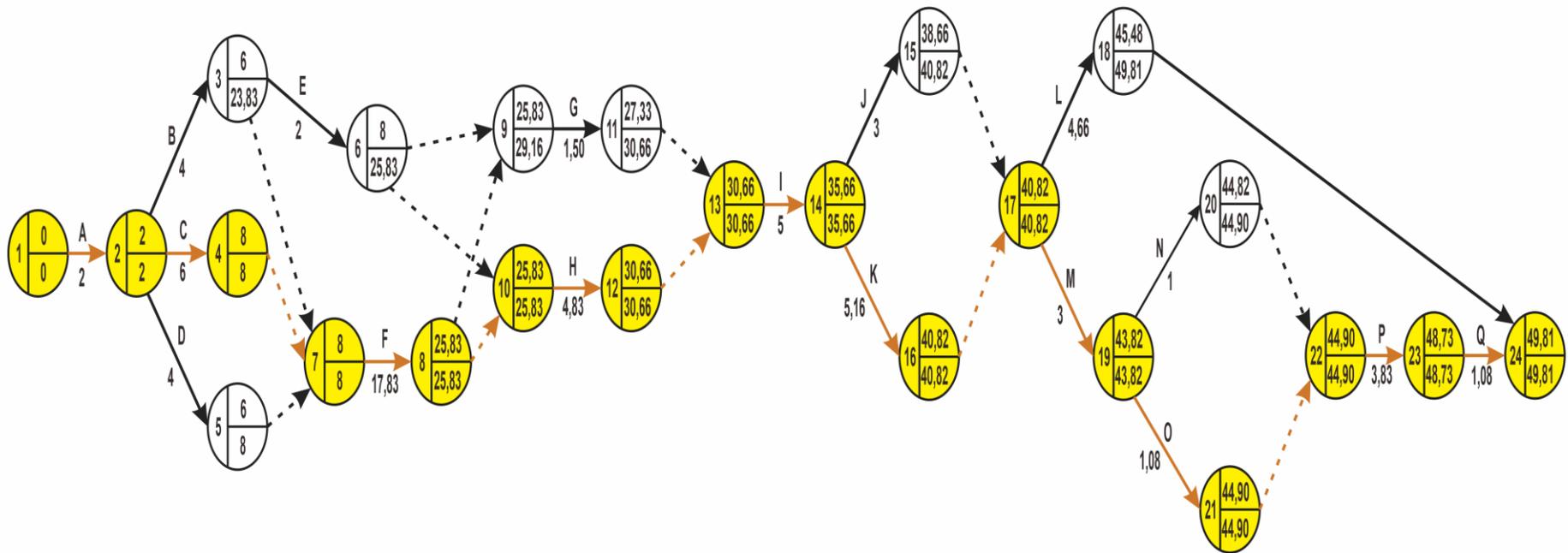
Setelah menghitung waktu t_E , langkah selanjutnya sama seperti metode CPM yaitu menghitung perhitungan dan mundur dengan waktu t_E untuk menentukan ES, LS, EF , dan LF menggunakan persamaan (2.1) dan persamaan (2.2). Berikut hasil perhitungan maju dan mundur dalam bentuk tabel.

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Waktu t_E Metode PERT

No	Aktivitas	Waktu t_E (Hari)	ES	EF	LS	LF
1	A	2	0	2	0	2
2	B	4	2	6	2	23,83
3	C	6	2	8	2	8
4	D	4	2	6	2	8

5	E	2	6	8	23,83	25,83
6	F	17,83	8	25,83	8	25,83
7	G	1,5	25,83	27,33	29,16	30,66
8	H	4,83	25,83	30,66	25,83	30,66
9	I	5	30,66	35,66	30,66	35,66
10	J	3	35,66	38,66	35,66	40,82
11	K	5,16	35,66	40,82	35,66	40,82
12	L	4,66	40,82	45,18	40,82	49,81
13	M	3	40,82	43,82	40,82	43,82
14	N	1	43,82	44,82	43,82	44,90
15	O	1,08	43,82	44,90	43,82	44,90
16	P	3,83	44,90	48,73	44,90	48,73
17	Q	1,08	48,73	49,81	48,73	49,81

Setelah melakukan perhitungan *ES*, *LS*, *EF*, dan *LF*, langkah yang terakhir adalah menentukan jalur kritis dengan menggambarkan diagram seperti pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Diagram Jalur Kritis Metode PERT

Dari diagram diatas diketahui bahwa jalur kritis pada metode PERT ada pada aktivitas A, C, F, H, I, K, M, O, P, Q dengan total waktu 49,81 hari. Selanjutnya adalah menghitung standar deviasi dari setiap aktivitas untuk mencari probabilitas proyek dapat terselesaikan. Berdasarkan ilmu statistik, angka standar deviasi sebesar $\frac{1}{6}$ dengan rentang distribusi ($t_P - t_O$). Maka dari itu, standar deviasi setiap aktivitas seperti pada perhitungan berikut ini.

$$\text{Aktivitas A } \sigma_{1,2} = \frac{3-1}{6} = \frac{2}{6} = 0,33$$

$$\text{Aktivitas C } \sigma_{2,4} = \frac{7-5}{6} = \frac{2}{6} = 0,33$$

$$\text{Aktivitas F } \sigma_{7,8} = \frac{20-15}{6} = \frac{5}{6} = 0,83$$

$$\text{Aktivitas H } \sigma_{11,12} = \frac{6-3}{6} = \frac{3}{6} = 0,5$$

$$\text{Aktivitas I } \sigma_{13,14} = \frac{6-4}{6} = \frac{2}{6} = 0,33$$

$$\text{Aktivitas K } \sigma_{14,16} = \frac{6-3}{6} = \frac{3}{6} = 0,5$$

$$\text{Aktivitas M } \sigma_{17,19} = \frac{4-2}{6} = \frac{2}{6} = 0,33$$

$$\text{Aktivitas O } \sigma_{19,21} = \frac{2-0,5}{6} = \frac{1,5}{6} = 0,25$$

$$\text{Aktivitas P } \sigma_{22-23} = \frac{5-2}{6} = \frac{3}{6} = 0,5$$

$$\text{Aktivitas Q } \sigma_{23-24} = \frac{2-0,5}{6} = \frac{1,5}{6} = 0,25$$

Langkah selanjutnya yaitu mencari nilai varians dari setiap aktivitas untuk mencari probabilitas proyek dapat terselesaikan. Dengan persamaan 2.8 maka diperoleh.

$$\text{Aktivitas A } \sigma_{1,2}^2 = \left(\frac{3-1}{6}\right)^2 = \left(\frac{2}{6}\right)^2 = 0,33^2 = 0,1$$

$$\text{Aktivitas C } \sigma_{2,4}^2 = \left(\frac{7-5}{6}\right)^2 = \left(\frac{2}{6}\right)^2 = 0,33^2 = 0,1$$

$$\text{Aktivitas F } \sigma_{7,8}^2 = \left(\frac{20-15}{6}\right)^2 = \left(\frac{5}{6}\right)^2 = 0,83^2 = 0,69$$

$$\text{Aktivitas H } \sigma_{11,12}^2 = \left(\frac{6-3}{6}\right)^2 = \left(\frac{3}{6}\right)^2 = 0,5^2 = 0,25$$

$$\text{Aktivitas I } \sigma_{13,14}^2 = \left(\frac{6-4}{6}\right)^2 = \left(\frac{2}{6}\right)^2 = 0,33^2 = 0,1$$

$$\text{Aktivitas K } \sigma_{14,16}^2 = \left(\frac{6-3}{6}\right)^2 = \left(\frac{3}{6}\right)^2 = 0,5^2 = 0,25$$

$$\text{Aktivitas M } \sigma_{17,19}^2 = \left(\frac{4-2}{6}\right)^2 = \left(\frac{2}{6}\right)^2 = 0,33^2 = 0,1$$

$$\text{Aktivitas O } \sigma_{19,21}^2 = \left(\frac{2-0,5}{6}\right)^2 = \left(\frac{1,5}{6}\right)^2 = 0,25^2 = 0,06$$

$$\text{Aktivitas P } \sigma_{22-23}^2 = \left(\frac{5-2}{6}\right)^2 = \left(\frac{3}{6}\right)^2 = 0,5^2 = 0,25$$

$$\text{Aktivitas Q } \sigma_{23-24}^2 = \left(\frac{2-0,5}{6}\right)^2 = \left(\frac{1,5}{6}\right)^2 = 0,25^2 = 0,06$$

Langkah terakhir adalah menentukan probabilitas proyek mencapai target jadwal dengan menggunakan nilai varians aktivitas pada jalur kritis dan menghitung nilai distribusi normal (Z). Dalam menentukan probabilitas proyek dapat diselesaikan terdapat beberapa nilai yang harus dihitung:

1. Menghitung jumlah varians aktivitas kritis dengan

$$\begin{aligned} \sum \sigma^2 = & \sum (\sigma_{1,2}^2 + \sigma_{2,4}^2 + \sigma_{7,8}^2 + \sigma_{11,12}^2 + \sigma_{13,14}^2 + \sigma_{14,16}^2 + \sigma_{17,19}^2 + \sigma_{19,21}^2 \\ & + \sigma_{22-23}^2 + \sigma_{23-24}^2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum\sigma^2 &= \sum(0,1 + 0,1 + 0,69 + 0,25 + 0,1 + 0,25 + 0,1 + 0,06 + 0,25 \\ &\quad + 0,06)\end{aligned}$$

$$\sum\sigma^2 = 1,94$$

2. Menghitung akar kuadrat dari jumlah varian aktivitas kritis

$$\begin{aligned}\sqrt{\sum\sigma^2} &= \sqrt{1,94} \\ &= 1,4\end{aligned}$$

3. Menghitung probabilitas proyek dapat diselesaikan dengan persamaan 2.9 maka

$$z = \frac{(50 - 49,81)}{1,4} = \frac{0,19}{1,4} = 0,53$$

Berdasarkan tabel Z distribusi normal dengan nilai 0,1357 maka diperoleh peluang sebesar 0,5517, artinya terdapat peluang sebesar 55,17% untuk menyelesaikan proyek tersebut dalam kurun waktu 50 hari. Untuk analisis lengkapnya pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Target Kemungkinan Penyelesaian Proyek

No	Target	Deviasi (Z)	Tabel Normal	Probabilitas
1	49	-0,5785	0,2843	28%
2	50	0,1357	0,5517	55%
3	51	0,85	0,8023	80%
4	52	1,5642	0,9406	94%

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa:

1. Kemungkinan proyek dapat diselesaikan dalam waktu 49 hari adalah 28%

2. Kemungkinan proyek dapat diselesaikan dalam waktu 50 hari adalah 55%
3. Kemungkinan proyek dapat diselesaikan dalam waktu 51 hari adalah 80%
4. Kemungkinan proyek dapat diselesaikan dalam waktu 52 hari adalah 94%

4.3 Perbandingan Waktu Metode CPM, PERT, dan Data Aktual

Dari hasil Analisa masing-masing metode perencanaan proyek diatas dan metode penjadwalan awal proyek peningkatan saluran drainase dapat dilihat dalam tabel berikut:

Tabel 4.5 Perbandingan Waktu Proyek

No	Kegiatan	Waktu CPM	Waktu PERT	Waktu Aktual
1	A	2	2	3
2	B	4	4	5
3	C	6	6	7
4	D	4	4	5
5	E	2	2	3
6	F	18	17,83	20
7	G	2	1,5	2
8	H	5	4,83	6
9	I	5	5	6
10	J	4	3	4
11	K	5	5,16	6
12	L	4	4,66	5
13	M	3	3	4
14	N	1	1	1,5
15	O	1	1,08	2
16	P	4	3,83	5
17	Q	1	1,08	2

Tabel 4.5 menunjukkan waktu perbandingan pada penelitian ini yang dapat diketahui bahwa antara metode CPM, PERT, dan waktu aktual yaitu waktu CPM dan PERT memiliki selisih waktu yang tidak terlalu signifikan atau bahkan sama. Berbeda dengan waktu aktual yang memiliki selisih yang cukup untuk membuat proyek lebih lama terselesaikan. Jadi durasi pada metode CPM lebih cepat dibanding metode PERT. Namun metode PERT lebih cepat dibandingkan waktu aktualnya.

4.4 Optimalisasi Waktu Proyek dalam Perspektif Islam

Waktu adalah kesempatan dan anugerah terbesar yang diberikan Tuhan kepada manusia. Namun, banyak orang tidak menyadari akan keberadaannya dan terjebak dalam hal-hal yang kurang atau bahkan tidak bermanfaat sama sekali. Dalam sebuah hadits yang diriwayatkan oleh Ibnu Abbas, Nabi Muhammad SAW bersabda yang artinya, *“Ada dua buah kenikmatan yang sering disia-siakan oleh manusia yaitu nikmat kesehatan dan waktu luang.”* (HR. Bukhari) (Muhammad bin Ismail, 1993).

Pada hakikatnya, manusia memiliki momen-momen yang sangat penting dalam kehidupannya yang bersifat tentatif dan akan berakhir sesuai dengan batas waktu yang telah ditentukan oleh Allah (Sabri dkk., 2012). Oleh karena itu, hendaknya manusia dapat mengupayakan usaha terbaik dalam menjalani momen-momen tersebut. Nabi Muhammad SAW bersabda dalam hadits yang diriwayatkan oleh Ibnu Abbas, *“Pergunakanlah lima keadaan sebelum datang lima keadaan: hidupmu sebelum matimu, mudamu sebelum tuamu, sehatmu sebelum sakitmu, kayamu sebelum miskinmu dan senggangmu sebelum sempitmu”* (HR. Al-Baihaqi) (Fadilatul, 2019). Setiap manusia akan dimintai

pertanggungjawaban atas waktu yang telah diberikan kepadanya kelak di hari kiamat. Diceritakan dari Ibnu Umar dan Ibnu Mas'ud bahwasanya Nabi Muhammad SAW bersabda: *“Tiada tergelincir kedua telapak kaki keturunan Adam pada hari kiamat di sisi Tuhannya, sampai ia ditanya tentang lima hal, yaitu tentang umurnya di mana ia habiskan, tentang masa mudanya di mana ia binasakan, tentang hartanya dari mana ia peroleh dan kemana membelanjakan, serta apa yang telah ia amalkan dari ilmunya”* (HR. Tirmidzi) (Sabri dkk., 2012).

Berdasarkan tafsir surat Al-Insyirah yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, bahwa seseorang harus bersungguh-sungguh untuk memulai aktivitas lain setelah menyelesaikan suatu aktivitas. Seseorang harus memiliki kesibukan, ini dijelaskan dalam Surat Al-Insyirah ayat ke-7. Menurut (Fadilatul, 2019) seseorang harus memulai suatu aktivitas setelah menyelesaikan satu aktivitas yang lain. Ayat ini menegaskan bahwa seorang muslim yang benar tidak akan menyia-nyiakan waktunya. Perintah yang diberikan kepada umat Islam dalam surah al-Insyirah ayat ke-7 ini adalah untuk selalu bekerja dan memanfaatkan peluang yang ada. Dalam bergama seseorang harus bisa memerangi kebiasaan menunda-nunda pekerjaan selain berpengaruh pada pekerjaan yang tidak terselesaikan juga karena waktu tidak akan bisa berhenti.

Perencanaan, pengelolaan, pengontrolan, dan pemantauan produktifitas waktu adalah semua bagian dari optimalisasi waktu. Menurut (Fadilatul, 2019), manajemen waktu digunakan dalam proyek untuk mengawasi kemajuan yang telah dicapai dan memaksimalkan efisiensi waktu. Ketidakkonsistenan dalam mematuhi rancangan penggunaan waktu yang sudah dibuat adalah masalah yang sangat umum dalam manajemen waktu. Untuk mencegah hal ini terjadi, penting

untuk melindungi waktu yang sudah direncanakan dengan melindungi diri dari pengaruh dan ancaman dari dalam maupun luar, dengan mempertimbangkan kembali tujuan dan target yang ingin dicapai, dan mempertimbangkan waktu yang masih tersisa.

Kebiasaan manajemen waktu yang baik juga akan berdampak pada pengelolaan seluruh aktivitas secara efisien dan efektif. Pepatah arab mengatakan, “*Al-waqt ka as-saif, fa in lam taqtha’haa qatha’aka*”. Waktu itu ibarat seperti pedang, jika kamu dapat memanfaatkan dengan baik maka kamu akan mendapat manfaatnya. Namun jika kamu menyia-nyiakan waktu tersebut dengan aktivitas yang tidak berguna, maka kamu akan tertebas dengan waktu itu sendiri (Gaffar, 2014).

Pada penelitian ini, optimasi digunakan dalam mencari waktu cepat dan efisien dengan menggunakan algoritma metode *critical path method* dan *program evaluation and review technique*. Hal ini berakibat pada efisiensi waktu bekerja dengan cara menentukan aktivitas kritis pada proyek drainase. Hal ini berakibat pada menurunnya dana yang dikeluarkan oleh instansi terkait dikarenakan urutan pengerjaan aktivitas proyek yang digunakan adalah aktivitas hasil pengoptimalan dengan metode *Critical Path Method* dan *Program Evaluation And Review Technique*.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian ini diperoleh kesimpulan berikut ini.

1. Bentuk jaringan kerja pada metode CPM dan PERT yang telah dilakukan dalam penelitian ini diperoleh bahwa terdapat beberapa aktivitas yang dilakukan bersamaan yang dapat memperpendek jalur aktivitas atau dapat mempercepat durasi. Metode CPM menghasilkan dua jalur kritis yaitu A, C, F, H, I, K, M, N, P, Q dan A, C, F, H, I, K, M, O, P, Q. Sedangkan menggunakan metode PERT menghasilkan satu jalur kritis yaitu A, C, F, H, I, K, M, O, P, Q.
2. Perbandingan metode CPM dan PERT pada penelitian ini diperoleh hasil yang tidak jauh berbeda yaitu metode CPM menghasilkan diperoleh waktu optimal selama 50 hari. Sedangkan menggunakan metode PERT perhitungan pada jalur kritis diperoleh waktu optimal selama 49,81 hari atau dibulatkan selama 50 hari, dengan probabilitas penyelesaian sebesar 55,17% proyek dapat diselesaikan dan untuk probabilitas yang lebih besar proyek dapat dikerjakan selama 52 hari dengan probabilitas penyelesaian sebesar 97%.
3. Menggunakan analisis Kurva S menghasilkan waktu 80 hari dan menurut data dilapangan proyek ini telah diselesaikan selama 60 hari. Artinya dari sisi aljabar metode CPM dan PERT memiliki waktu yang lebih cepat daripada Analisa Kurva S. Sedangkan dari sisi penerapan Analisa Kurva S lebih efisien karena semakin panjang waktu yang ada, maka semakin baik

kualitas dan hasil pekerjaan tersebut. Namun untuk menjaga aktivitas sesuai dengan waktu dan kualitas perencanaan maka kontraktor harus memberi perhatian pada aktivitas-aktivitas yang ada.

5.2 Saran

Penelitian selanjutnya disarankan agar dapat mengembangkan penerapan optimasi waktu proyek dengan menggunakan metode yang lebih beragam, untuk mengetahui metode manakah yang lebih efektif dalam menentukan waktu paling optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah. (2003). Lubabu At-Tafsir min Ibnu Katsir. Dalam *Pustaka Imam Asy-Syafi'i* (Vol. 8).
- Anenda, L. P. (2020). *Analisis Network Planning pada Proyek Konstruksi Jalan oleh CV. X Menggunakan Metode PERT-CPM*.
- Aprilyanti, R., Rudiyanto, M. A., & Asriningpuri, W. (2019). *Analisa Perbandingan Critical Path Method (CPM) dan Precedence Diagram Method (PDM) Pada Proyek Pembangunan Pasar Kedungmaling Kabupaten Mojokerto*.
<http://repository.unim.ac.id/158/2/jurnal%20rian%20aprilyanti%202018.pdf>
- Astuti M, M. (2011). *Operations Research (Riset Operasi)*. <https://repository.uin-suska.ac.id/10403/1/Riset%20Operasi.pdf>
- Bagshaw, K. B. (2021). PERT and CPM in Project Management with Practical Examples. *American Journal of Operations Research*, 11(04), 215–226. <https://doi.org/10.4236/ajor.2021.114013>
- Danfulani, U. B., Mohammed, M., Reuben, B. Z., Yakubu, J. A., & Digil, S. I. (2023). Application Of Critical Path Method (CPM) To Optimal Project Scheduling: A Case Of Mosul Building Company, Yola North Local Government Adamawa State, Nigeria. *FUDMA Journal of Sciences*, 7(3), 186–192. <https://doi.org/10.33003/fjs-2023-0703-1860>
- Elfira, S. (2019). *Analisis Optimasi Biaya dan Waktu dengan Metode PERT dan TCTO* (Vol. 12).
- Fadilatul, I. N. (2019). *Implementasi Konsep Critical Path Method (CPM) dalam Kehidupan Sehari-Hari Sebagai Solusi Efisiensi Waktu: Telaah Surat Al-Insyirah Ayat 7 dan Hadits Nabi* (Vol. 3, Nomor 1).
- Fiddaroyni, F. S. (2024, Juli 23). *Konsep Continuous Activity dalam Surah Al-Insyirah Ayat 7*. tafsiralquran.id.
- Gaffar, A. (2014). Konsep Waktu dalam Al-Qur'an. Dalam *Abdul Gaffar | 135 Tafsire* (Vol. 2). <https://doi.org/10.24252/jt.v2i1.7463>

- Hafidzah, A. (2015). *Tafsir Juz Amma Model Tahlili*.
<https://albayyinatulilmiiyah.files.wordpress.com/2015/11/tafsir-juz-amma-pdf.pdf>
- Iwawo, E. R. M., Tjakra, J., & Pratasih, P. A. K. (2016). Penerapan Metode CPM Pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus Pembangunan Gedung Baru Kompleks Eben Haezar Manado). *Jurnal Sipil Statik*, 4(9), 551–558.
- Kemenag RI. (2019). *Quran Kemenag*. Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an.
<https://quran.kemenag.go.id/>
- Kerzner, H. (1987). *In Search of Excellent in project management*. 38.
- Lulut, A. (2022). *Riset Operasi*. www.indiepress.co.id
- Maarif, S. (2022). *Analisa Penjadwalan Proyek dengan Metode PERT dan CPM pada Pembangunan Gedung Hotel di Sidoarjo*. 648–658.
- Muhammad bin Ismail. (1993). *Al-Jami' Ash-Shahih Al-Musnad Al-Mukhtashor min Umuri Rasulillah* (4 ed.). Dar Thauq al-Najah.
- Nawawi, I. (2000). *Jadilah Engkau di Dunia ini seperti Orang Asing*. Hadits Arba'in. <https://haditsarbain.com/hadits/jadilah-engkau-di-dunia-ini-seperti-orang-asing/>
- Nurwahidin, M. (2016). *Analisa Network Planning dan Sumber Dayapada Proyek Pengembangan Dermaga Semampirdengan Critical Path Method (CPM)*.
- Oktafiana, L. O., & Baroroh, I. (2022). Comparative Analysis of CPM, PDM and PERT Methods in Ship Repair Scheduling Planning KN. RB 309 Ternate 01. *BERKALA SAINSTEK*, 10(3), 162.
<https://doi.org/10.19184/bst.v10i3.32479>
- Quraish, M., & Shihab, M. A. (1998). *Tafsir Maudhu'i atas Pelbagai Persoalan Umat*.
- Rama Murthy, P. (2007). *Operations Research, Second Edition*.
- Sabri, A., Fakultas Tarbiyah, D., Imam, I., & Padang, B. (2012). *Pengelolaan Waktu dalam Pelaksanaan Pendidikan Islam*.
- Safitri, E., Basriati, S., Hanum, L., Matematika, J., Sains dan Teknologi, F., Sultan Syarif Kasim Riau Jl Soebrantas No, U. H., & Baru, S. (2019). Optimasi Penjadwalan Proyek menggunakan CPM dan PDM (Studi Kasus: Pembangunan Gedung Balai Nikah dan Manasik Haji KUA Kecamatan

Kateman Kabupaten Indragiri Hilir). *Jurnal Sains Matematika dan Statistika*, 5(2).

Soeharto, I. (1999). Manajemen Proyek. Dalam *Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional)* (Vol. 1, hlm. 254–279).

<https://nawindah.files.wordpress.com/2016/05/e-book-manajemen-proyek.pdf>

Sutomo, Y., Anwar, S., Eng, M., & Firmanto, A. (2016). *Analisis Manajemen Proyek Pembangunan Kantor PT. Prima Multi Usaha Indonesia*. 435–445.

Wayne, L. W. (2004). *Operations Research*. www.duxbury.com

LAMPIRAN

Lampiran 1. Hubungan dan Urutan Aktivitas Proyek

No	Aktivitas	Durasi	<i>Predecessor</i>	<i>successor</i>
A	Mobilisasi	2	-	B, C, D
B	Galian perkerasan beraspal	4	A	E, F
C	Bongkar beton dengan jack hammer	6	A	F
D	Galian tanah biasa	4	A	F
E	Timbunan pasir pengisi	2	B	G, H
F	Pasang box culvert monolit 80x80 cm	18	B, C, D	G, H
G	Timbunan tanah kembali	2	E, F	I
H	Beton mutu K-100	5	E, F	I
I	Baja tulangan polos	5	G, H	J, K
J	Bekisting dinding beton biasa	4	I	I
K	Beton mutu K-250	5	I	I
L	Mortar tipe N (1 PC:4 PP)	4	J, K	J, K
M	Siaran dengan mortar	3	J, K	J, K
N	Plesteran tebal 1cm	1	M	M
O	Acian	1	M	M
P	Pemasangan besi profil siku	4	N, O	N, O
Q	Pembersihan proyek	1	P	-

Lampiran 2. Estimasi Waktu Ketidakpastian

No	Aktivitas	Waktu Optimis	Waktu Pesimis	Waktu Realistis
A	Mobilisasi	1 hari	3 hari	2 hari
B	Galian perkerasan beraspal	3 hari	5 hari	4 hari

C	Bongkar beton dengan jack hammer	5 hari	7 hari	6 hari
D	Galian tanah biasa	3 hari	5 hari	4 hari
E	Timbunan pasir pengisi	1 hari	3 hari	1,5 hari
F	Pasang box culvert monolit 80x80 cm	15 hari	20 hari	18 hari
G	Timbunan tanah kembali	1 hari	2 hari	1,5 hari
H	Beton mutu K-100	3 hari	6 hari	5 hari
I	Baja tulangan polos	4 hari	6 hari	5 hari
J	Bekisting dinding beton biasa	2 hari	4 hari	3 hari
K	Beton mutu K-250	3 hari	6 hari	5 hari
L	Mortar tipe N (1 PC:4 PP)	3 hari	5 hari	4 hari
M	Siaran dengan mortar	2 hari	4 hari	3 hari
N	Plesteran tebal 1cm	0,5 hari	1,5 hari	1 hari
O	Acian	0,5 hari	2 hari	1 hari
P	Pemasangan besi profil siku	2 hari	5 hari	4 hari
Q	Pembersihan proyek	0,5 hari	2 hari	1 hari

Lampiran 3. Hasil Perhitungan *ES, LS, EF, dan LF*

No	Aktivitas	Waktu	ES	EF	LS	LF
1	A	2 hari	0	2	0	2
2	B	4 hari	2	6	2	24
3	C	6 hari	2	8	2	8
4	D	4 hari	2	6	4	8
5	E	2 hari	6	8	24	26
6	F	18 hari	8	26	8	26

7	G	2 hari	26	28	29	31
8	H	5 hari	26	31	26	31
9	I	5 hari	31	36	31	36
10	J	4 hari	36	40	37	41
11	K	5 hari	36	41	36	41
12	L	4 hari	41	45	46	50
13	M	3 hari	41	44	41	44
14	N	1 hari	44	45	44	45
15	O	1 hari	44	45	44	45
16	P	4 hari	45	49	45	49
17	Q	1 hari	49	50	49	50

Lampiran 4. Hasil Perhitungan *Slack* Metode CPM

No	Aktivitas	Waktu Aktivitas	ES	EF	LS	LF	<i>Slack</i>
1	A	2 hari	0	2	0	2	0
2	B	4 hari	2	6	2	24	18
3	C	6 hari	2	8	2	8	0
4	D	4 hari	2	6	2	8	2
5	E	2 hari	6	8	24	26	18
6	F	18 hari	8	26	8	26	0
7	G	2 hari	26	28	29	31	3
8	H	5 hari	26	31	26	31	0
9	I	5 hari	31	36	31	36	0
10	J	4 hari	36	39	36	41	1

11	K	5 hari	36	41	36	41	0
12	L	4 hari	41	45	41	50	5
13	M	3 hari	41	44	41	44	0
14	N	1 hari	44	45	44	45	0
15	O	1 hari	44	45	44	45	0
16	P	4 hari	45	49	45	49	0
17	Q	1 hari	49	50	49	50	0

Lampiran 5. Hasil Perhitungan Waktu t_E Metode PERT

No	Aktivitas	Waktu t_E (Hari)	ES	EF	LS	LF
1	A	2	0	2	0	2
2	B	4	2	6	2	23,83
3	C	6	2	8	2	8
4	D	4	2	6	2	8
5	E	2	6	8	23,83	25,83
6	F	17,83	8	25,83	8	25,83
7	G	1,5	25,83	27,33	29,16	30,66
8	H	4,83	25,83	30,66	25,83	30,66
9	I	5	30,66	35,66	30,66	35,66
10	J	3	35,66	38,66	35,66	40,82
11	K	5,16	35,66	40,82	35,66	40,82
12	L	4,66	40,82	45,18	40,82	49,81
13	M	3	40,82	43,82	40,82	43,82
14	N	1	43,82	44,82	43,82	44,90

15	O	1,08	43,82	44,90	43,82	44,90
16	P	3,83	44,90	48,73	44,90	48,73
17	Q	1,08	48,73	49,81	48,73	49,81

Lampiran 6. Tabel Distribusi Normal

Table A.3 Normal Probability Table

735

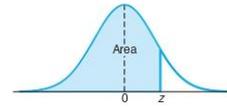


Table A.3 Areas under the Normal Curve

<i>z</i>	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
-3.4	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002
-3.3	0.0005	0.0005	0.0005	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0003
-3.2	0.0007	0.0007	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005
-3.1	0.0010	0.0009	0.0009	0.0009	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0007	0.0007
-3.0	0.0013	0.0013	0.0013	0.0012	0.0012	0.0011	0.0011	0.0011	0.0010	0.0010
-2.9	0.0019	0.0018	0.0018	0.0017	0.0016	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014
-2.8	0.0026	0.0025	0.0024	0.0023	0.0023	0.0022	0.0021	0.0021	0.0020	0.0019
-2.7	0.0035	0.0034	0.0033	0.0032	0.0031	0.0030	0.0029	0.0028	0.0027	0.0026
-2.6	0.0047	0.0045	0.0044	0.0043	0.0041	0.0040	0.0039	0.0038	0.0037	0.0036
-2.5	0.0062	0.0060	0.0059	0.0057	0.0055	0.0054	0.0052	0.0051	0.0049	0.0048
-2.4	0.0082	0.0080	0.0078	0.0075	0.0073	0.0071	0.0069	0.0068	0.0066	0.0064
-2.3	0.0107	0.0104	0.0102	0.0099	0.0096	0.0094	0.0091	0.0089	0.0087	0.0084
-2.2	0.0139	0.0136	0.0132	0.0129	0.0125	0.0122	0.0119	0.0116	0.0113	0.0110
-2.1	0.0179	0.0174	0.0170	0.0166	0.0162	0.0158	0.0154	0.0150	0.0146	0.0143
-2.0	0.0228	0.0222	0.0217	0.0212	0.0207	0.0202	0.0197	0.0192	0.0188	0.0183
-1.9	0.0287	0.0281	0.0274	0.0268	0.0262	0.0256	0.0250	0.0244	0.0239	0.0233
-1.8	0.0359	0.0351	0.0344	0.0336	0.0329	0.0322	0.0314	0.0307	0.0301	0.0294
-1.7	0.0446	0.0436	0.0427	0.0418	0.0409	0.0401	0.0392	0.0384	0.0375	0.0367
-1.6	0.0548	0.0537	0.0526	0.0516	0.0505	0.0495	0.0485	0.0475	0.0465	0.0455
-1.5	0.0668	0.0655	0.0643	0.0630	0.0618	0.0606	0.0594	0.0582	0.0571	0.0559
-1.4	0.0808	0.0793	0.0778	0.0764	0.0749	0.0735	0.0721	0.0708	0.0694	0.0681
-1.3	0.0968	0.0951	0.0934	0.0918	0.0901	0.0885	0.0869	0.0853	0.0838	0.0823
-1.2	0.1151	0.1131	0.1112	0.1093	0.1075	0.1056	0.1038	0.1020	0.1003	0.0985
-1.1	0.1357	0.1335	0.1314	0.1292	0.1271	0.1251	0.1230	0.1210	0.1190	0.1170
-1.0	0.1587	0.1562	0.1539	0.1515	0.1492	0.1469	0.1446	0.1423	0.1401	0.1379
-0.9	0.1841	0.1814	0.1788	0.1762	0.1736	0.1711	0.1685	0.1660	0.1635	0.1611
-0.8	0.2119	0.2090	0.2061	0.2033	0.2005	0.1977	0.1949	0.1922	0.1894	0.1867
-0.7	0.2420	0.2389	0.2358	0.2327	0.2296	0.2266	0.2236	0.2206	0.2177	0.2148
-0.6	0.2743	0.2709	0.2676	0.2643	0.2611	0.2578	0.2546	0.2514	0.2483	0.2451
-0.5	0.3085	0.3050	0.3015	0.2981	0.2946	0.2912	0.2877	0.2843	0.2810	0.2776
-0.4	0.3446	0.3409	0.3372	0.3336	0.3300	0.3264	0.3228	0.3192	0.3156	0.3121
-0.3	0.3821	0.3783	0.3745	0.3707	0.3669	0.3632	0.3594	0.3557	0.3520	0.3483
-0.2	0.4207	0.4168	0.4129	0.4090	0.4052	0.4013	0.3974	0.3936	0.3897	0.3859
-0.1	0.4602	0.4562	0.4522	0.4483	0.4443	0.4404	0.4364	0.4325	0.4286	0.4247
-0.0	0.5000	0.4960	0.4920	0.4880	0.4840	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681	0.4641

Table A.3 (continued) Areas under the Normal Curve

<i>z</i>	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.1	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.2	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.3	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.4	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998

Lampiran 7. Target Kemungkinan Penyelesaian Proyek

No	Target	Deviasi (Z)	Tabel Normal	Probabilitas
1	49	-0,5785	0,2843	28%
2	50	0,1357	0,5517	55%
3	51	0,85	0,8023	80%
4	52	1,5642	0,9406	94%

Lampiran 8. Perbandingan Waktu Proyek

No	Kegiatan	Waktu CPM	Waktu PERT	Waktu Aktual
1	A	2	2	3
2	B	4	4	5
3	C	6	6	7
4	D	4	4	5
5	E	2	2	3
6	F	18	17,83	20
7	G	2	1,5	2
8	H	5	4,83	6
9	I	5	5	6
10	J	4	3	4
11	K	5	5,16	6
12	L	4	4,66	5
13	M	3	3	4
14	N	1	1	1,5
15	O	1	1,08	2
16	P	4	3,83	5
17	Q	1	1,08	2

RIWAYAT HIDUP



Muhammad Habibullah B.A.F, biasa dipanggil Habib, lahir di Bangkalan, 05 Januari 2002. Penulis merupakan putra dari pasangan Bapak Akhmad Fauzi dan Ibu Siti Rofiah. Penulis merupakan anak kedua dari empat bersaudara. Sejak kecil penulis memiliki rasa ingin tahu yang tinggi terhadap dunia sekitar, yang mendorong penulis untuk terus belajar dan berkembang. Pendidikan formal penulis dimulai di SDN Demangan 04 pada tahun 2008-2014. Setelah itu, penulis melanjutkan pendidikan di MTsN Bangkalan hingga tahun 2017. Masa remaja penulis dipenuhi dengan berbagai kegiatan, baik akademik maupun non akademik, yang memperkuat karakter dan wawasan penulis. Pada tahun 2020 penulis menyelesaikan pendidikan di SMKN 02 Bangkalan jurusan Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan (DPIB).

Tahun 2020 menjadi awal perjalanan penulis sebagai mahasiswa di Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang pada Fakultas Sains dan Teknologi program studi Matematika. Selama menempuh pendidikan pada bangku kuliah, penulis juga menjadi bagian dari Ribathul Qur'an Wardatul Ishlah yang bergerak di bidang pendidikan dan pengabdian masyarakat. Selain itu, penulis juga aktif dalam dunia pendidikan dan pengabdian seperti pengajar les privat di LPS el-Ladunni, pengajar di LPQ Wardatul Ishlah Merjosari Kota Malang sejak tahun ajaran 2022/2023 dan diangkat sebagai Kepala LPQ Wardatul Ishlah pada tahun ajaran 2023/2024 hingga saat ini.



BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Muhammad Habibullah B.A.F
NIM : 200601110037
Fakultas / Jurusan : Sains dan Teknologi / Matematika
Judul Skripsi : *Critical Path Method dan Program Evaluation and Review Technique* Pada Optimalisasi Waktu Proyek (Studi Kasus: Proyek Peningkatan Saluran Drainase di Dinas Pekerjaan Umum, Penataan Ruang, Perumahan, dan Kawasan Permukiman Kota Malang
Pembimbing I : Juhari, M.Si.
Pembimbing II : Ach. Nashichuddin, M.A.

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1.	11 September 2023	Konsultasi Topik dan Data	1.
2.	18 September 2023	Konsultasi Bab I, II, dan III	2.
3.	10 Oktober 2023	Konsultasi Bab I, II, dan III	3.
4.	26 Oktober 2023	ACC Bab I, II, dan III	4.
5.	27 Oktober 2023	Konsultasi Kajian Agama Bab I dan II	5.
6.	02 November 2023	ACC Kajian Agama Bab I dan II	6.
7.	16 November 2023	ACC Seminar Proposal	7.
8.	11 Januari 2024	Konsultasi Revisi Seminar Proposal	8.
9.	1 Februari 2024	Konsultasi Bab IV dan V	9.
10.	07 Maret 2024	ACC Bab IV dan V	10.
11.	05 Februari 2024	Konsultasi Kajian Agama Bab IV	11.
12.	05 Februari 2024	ACC Kajian Agama Bab IV	12.
13.	19 Maret 2024	ACC Seminar Hasil	13.



KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Gajayana No.50 Dinoyo Malang Telp. / Fax. (0341)558933

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
15.	31 Oktober 2024	ACC Sidang Skripsi	15.
16.	13 November 2024	ACC Keseluruhan	16.

Malang, 13 November 2024

Mengetahui,

Ketua Program Studi Matematika

Dr. Elly Susanti, M.Sc.

NIP. 19741129 200012 2 005