

TUGAS AKHIR

**PERENCANAAN PENJADWALAN PEKERJAAN STRUKTUR
MENGUNAKAN KOMBINASI METODE PERT DAN PDM
(*STRUCTURAL WORK SCHEDULING PLANNING USING A
COMBINATION OF THE PERT AND PDM METHODS*)
(Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung DLC UGM)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**Sindy Twista Dewi
16511247**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2021**

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PENJADWALAN PEKERJAAN STRUKTUR MENGUNAKAN KOMBINASI METODE PERT DAN PDM (*STRUCTURAL WORK SCHEDULING PLANNING USING A COMBINATION OF THE PERT AND PDM METHODS*) (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung DLC UGM)

Disusun oleh

Sindy Twista Dewi
16511247

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 11 Februari 2020

Oleh Dewan Penguji:

Pembimbing

ALBANI MUSYAFAR, S.T., M.T., Ph.D.
NIK: 955110102

Penguji I

VENDIE ABMA, S.T., M.T.
NIK: 155111310

Penguji II

ADITYAWAN SIGIT, S.T., M.T.
NIK: 155110108

Mengesahkan,



Program Studi Teknik Sipil

Sri Amini Yuni Astuti, S.T., M.T.
NIK: 885110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk menyelesaikan program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, Juni 2020
Yang membuat pernyataan,



Sindy Twista Dewi
(16511247)

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang sehingga berkat rahmat dan karunianya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul Analisis Penjadwalan Proyek Konstruksi dengan Metode PDM dan PERT. Adapun Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik yang harus diselesaikan pada studi tingkat strata satu di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini terdapat beberapa hambatan yang dihadapi penulis. Namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan hal tersebut, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih sepenuh hati kepada:

1. Bapak Albani Musyafa', S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan memberi banyak ilmu dengan saran, kritik, dan diskusi yang membangun selama penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Hari dan Bapak Ahmad selaku pembimbing lapangan proyek pembangunan Gedung DLC UGM yang senantiasa membimbing serta mengarahkan terkait data-data dan informasi di lapangan yang berkaitan dengan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Vendie Abma, S.T., M.T., Ibu Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D., dan Bapak Adityawan Sigit, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan ilmu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Ibu, kakak, dan keluarga lainnya yang selalu memberi dukungan baik doa dan dorongan semangat untuk penulis dalam menyusun Tugas Akhir ini.
5. Teman-teman terdekat yang telah saling bertukar pendapat dan saling memberikan semangat selama penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh dosen, karyawan, dan asisten Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia yang telah

membarikan ilmu dan menyediakan fasilitas penunjang selama masa perkuliahan penulis.

7. Pihak-pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis maupun bagi pembaca pada umumnya.

Yogyakarta, Juni 2020
Penulis,

Sindy Twista Dewi
(16511247)



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xii
ABSTRAK	xiii
<i>ABSTRACT</i>	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Sebelumnya	6
2.1.1 Analisa Penjadwalan Waktu dengan Metode Jalur Kritis dan PERT pada Proyek Pembangunan Ruko (Jl. Pasar Lama No. 20, Glodok)	6
2.1.2 Perbandingan Aplikasi CPM, PDM, dan Teknik Bar Chart-Kurva S pada Optimasi Penjadwalan Proyek	7
2.1.3 Analisa Penjadwalan Proyek Menggunakan PDM dan PERT serta Crash Project	7
2.1.4 Analisa Penjadwalan Proyek dengan Metode PERT di PT. Hasana Damai Putra Yogyakarta pada Proyek Perumahan Tirta Sani	7
2.1.5 Reschedulling Proyek Konstruksi dengan Menggunakan Software Penjadwalan	9

2.1.6	Penjadwalan Proyek Konstruksi dengan Metode Penjadwalan PDM dan Perhitungan Waktu dengan PERT	9
2.2	Kesimpulan Penelitian Sebelumnya	10
2.3	Perbedaan dengan Penelitian Sebelumnya	10
BAB III LANDASAN TEORI		15
3.1	Proyek Konstruksi	15
3.2	Perencanaan dan Pengendalian Proyek Konstruksi	17
3.2.1	Fungsi Perencanaan dan Pengendalian Proyek	17
3.2.2	Proses Perencanaan dan Pengendalian Proyek	17
3.3	Penjadwalan Proyek	19
3.4	Metode Penjadwalan Proyek	21
3.4.1	<i>Bar Chart</i>	21
3.4.2	Kurva S	24
3.4.3	<i>Network Planning</i>	26
3.5	Alat Bantu Penjadwalan Proyek	51
3.5.1	Pendahuluan	51
3.5.1	Istilah dalam Microsoft Project 2019	52
BAB IV METODE PENELITIAN		53
4.1	Objek dan Subjek Penelitian	53
4.2	Metode Pengambilan Data	53
4.3	Variabel Penelitian	53
4.4	Jenis Data	54
4.5	Teknik Pengolahan Data	54
4.6	Lokasi Penelitian	55
4.7	Tahapan Penelitian	56
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN		59
5.1	Data Penelitian	59
5.1.1.	Data Primer	59
5.1.2.	Data Sekunder	63
5.2	Analisis Durasi yang Diharapkan (<i>te</i>)	63
5.3	Analisis Penjadwalan Proyek	65
5.4.1.	Analisis Penjadwalan dengan <i>Microsoft Project</i>	65
5.4.2.	Analisis Jalur Kritis pada Diagram PDM	66

5.4 Analisis Deviasi Standar Kegiatan dan Varians Kegiatan	69
5.5 Analisis Target Jadwal Penyelesaian (Td)	71
5.6 Pembahasan	72
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	75
6.1 Kesimpulan	75
6.2 Saran	75
DAFTAR PUSTAKA	77
LAMPIRAN	79



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Ringkasan Penelitian-Penelitian Sebelumnya	11
Tabel 5.1	Data Durasi Probabilistik Pekerjaan Struktur	60
Tabel 5.2	Rata-rata setiap Durasi Probabilistik Pekerjaan Struktur	62
Table 5.3	Rekapitulasi Hasil Perhitungan Durasi yang Diharapkan (<i>te</i>)	64
Tabel 5.4	Rekapitulasi Hasil Perhitungan Maju dan Perhitungan Mundur	68
Tabel 5.6	Rekapitulasi Hasil Perhitungan Standar Deviasi dan Varians	70



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Bagan Alir Proses Perencanaan dan Pengendalian Proyek	19
Gambar 3.2	Contoh Penjadwalan Proyek dengan Metode <i>Bar Chart</i>	24
Gambar 3.3	Contoh Penjadwalan Proyek dengan Metode <i>Bar Chart</i> Kombinasi Kurva S	26
Gambar 3.4	Ringkasan Penyusunan Jaringan Kerja	28
Gambar 3.5	<i>Arrow and Node I-J</i>	29
Gambar 3.6	Contoh Penggunaan <i>Dummy</i> pada Metode CPM	30
Gambar 3.7	Penempatan ES, EF, LS, dan LF pada Metode CPM	32
Gambar 3.8	Contoh Kondisi Kegiatan dengan <i>Successor</i> Beragam	33
Gambar 3.9	Posisi dan Hubungan <i>Total Float</i> dengan ES, LS, EF, LF, serta Durasi Kegiatan	35
Gambar 3.10	Hubungan <i>Interferent Float</i> , <i>Total Float</i> , dan <i>Free Float</i>	37
Gambar 3.11	Contoh Jaringan Kerja dengan Metode CPM	37
Gambar 3.12	Contoh Bentuk dan Model <i>Node</i> PDM	39
Gambar 3.13	Hubungan Antarkegiatan pada Metode PDM	41
Gambar 3.14	Contoh Penjadwalan dengan Metode PDM	45
Gambar 3.15	Kurva Distribusi Asimetris dengan Kurun Waktu a , b , dan m	47
Gambar 3.16	Kurva Distribusi dengan Kurun Waktu a , b , m , dan te	48
Gambar 3.17	Contoh Penjadwalan dengan Metode PERT	51
Gambar 4.1	Lokasi Proyek Pembangunan Gedung DLC UGM	55
Gambar 4.2	Bagan Alir Penelitian Tugas Akhir	57
Gambar 5.1	<i>Project Information</i> pada <i>Microsoft Project</i>	65
Gambar 5.2	<i>Change Working Time</i> pada <i>Microsoft Project</i>	66
Gambar 5.3	<i>Network Diagram</i> pada <i>Microsoft Project</i>	69

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Tabel Distribusi Normal Kumulatif Z	80
Lampiran 2	Surat Keterangan Pengambilan Data	82
Lampiran 3	Hasil Wawancara dan Informasi Narasumber	83
Lampiran 4	<i>Time Schedule</i> Proyek Pembangunan Gedung DLC UGM	87
Lampiran 5	<i>Network Diagram</i> Proyek DLC UGM	88
Lampiran 6	Gambar Denah Proyek Gedung DLC UGM	89
Lampiran 7	Dokumentasi Lapangan	91



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

PDM	= <i>Precedence Diagram Method</i>
PERT	= <i>Program Evaluation and Review Technique</i>
DLC	= <i>Dental Learning Center</i>
UGM	= Universitas Gajah Mada
CPM	= <i>Critical Path Method</i>
AOA	= <i>Activity on Arrow</i>
AON	= <i>Activity on Node</i>
ES	= <i>Earliest Start Time</i>
EF	= <i>Earliest Finish Time</i>
LS	= <i>Latest Allowable Start Time</i>
LF	= <i>Latest Allowable Finish Time</i>
D	= Durasi kegiatan
FS	= <i>Finish to Start</i>
SS	= <i>Start to Start</i>
FF	= <i>Finish to Finish</i>
SF	= <i>Start to Finish</i>
<i>a</i>	= Kurun Waktu Optimistik
<i>b</i>	= Kurun Waktu Pesimistik
<i>m</i>	= Kurun Waktu Paling Mungkin
V	= Varians kegiatan
S	= Deviasi standar kegiatan
TE	= <i>Time expected</i>
T(d)	= Target tercapainya peristiwa

ABSTRAK

Proyek konstruksi merupakan upaya dalam pembangunan infrastruktur. Pihak-pihak yang terlibat dalam proyek konstruksi harus bekerjasama untuk mencapai tujuan bersama. Dalam proses tersebut, tidak sedikit proyek konstruksi yang mengalami kendala dalam pengerjaannya yang harus dikelola dengan sangat baik agar tidak berakibat fatal, salah satunya dengan manajemen proyek. Perencanaan penjadwalan merupakan bagian dari manajemen proyek yang menunjukkan waktu dan keterkaitan suatu pekerjaan dengan pekerjaan yang lain.

Pada Proyek Pembangunan Gedung DLC UGM terdapat beberapa kendala yang mempengaruhi waktu pelaksanaannya. Dalam penelitian ini memiliki tujuan untuk merencanakan penjadwalan pekerjaan struktur dan mengetahui durasi yang dibutuhkan menggunakan kombinasi metode PERT dan PDM. Selain itu, untuk mengetahui perbandingan anatar jadwal *existing* proyek dengan penjadwalan metode kombinasi PERT dan PDM serta mengetahui seberapa besar kemungkinan pekerjaan struktur dapat diselesaikan sesuai target. Diharapkan penelitian ini dapat menjadi pembanding dan masukan terhadap penyelesaian permasalahan yang terjadi.

Dari data primer berupa durasi probabilistik, data tersebut diolah menggunakan metode PERT untuk mendapatkan durasi yang diharapkan (*te*) dan menjadi durasi pada *network diagram*. *Network diagram* disusun menggunakan metode PDM (AON) dengan bantuan aplikasi *Microsoft Project 2019* sesuai dengan hubungan antarpekerjaan. Kemudian dihitung deviasi standar dan varians sehingga didapat probabilitas target proyek dapat tercapai.

Hasil penelitian yang didapat adalah durasi penyelesaian pekerjaan struktur pada Proyek Pembangunan Gedung DLC UGM 85 hari yang mana 15 hari lebih lama dibandingkan *master schedule* namun 1 hari lebih cepat dibandingkan hasil *rescheduling* proyek. Dengan target yang sama dengan *master schedule* dan hasil *reschedule* proyek, didapat probabilitas sebesar 0,01% dan 69,50%.

Kata kunci: Penjadwalan, PERT, PDM, Durasi proyek

ABSTRACT

A construction project is an effort in infrastructure development. The parties involved in a construction project must work together to achieve common goals. In this process, many construction projects have experienced problems in their execution which must be managed very well so that they do not have fatal consequences, one of which is project management. Scheduling planning is part of project management which shows the time and relevance of a job with another job.

In the UGM DLC Building Construction Project, there are several obstacles that affect the implementation time. In this study, the aim is to plan structural work scheduling and determine the duration required using a combination of PERT and PDM methods. In addition, to find out the comparison between the existing project schedule and the scheduling of the combination of PERT and PDM and to find out how likely it is that structural work can be completed on target. It is hoped that this research can be used as a comparison and input on solving problems that occur.

From primary data in the form of probabilistic duration, the data is processed using the PERT method to obtain the expected duration (t_e) and become the duration on the network diagram. Network diagrams are prepared using the PDM (AON) method with the help of the Microsoft Project 2019 application according to the relationship between jobs. Then the standard deviation and variance are calculated so that the probability that the project target can be achieved is obtained.

The results obtained are the duration of completion of structural work on the UGM DLC Building Construction Project is 85 days, which is 15 days longer than the master schedule but 1 day shorter than the results of the project rescheduling. With the same target as the master schedule and the results of the project rescheduling, the probability is 0.01% and 69.50%.

Keyword: *Scheduling, PERT, PDM, Project duration*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai negara berkembang mengerahkan segala upaya untuk meningkatkan angka pertumbuhan agar dapat menjadi negara maju, tidak terkecuali dalam bidang pembangunan infrastruktur. Perbaikan maupun pembangunan infrastruktur baru terus dilakukan di seluruh wilayah Indonesia.

Proyek konstruksi merupakan suatu upaya atau kegiatan dalam pembangunan infrastruktur berupa bangunan, akses jalan, fasilitas umum, dan lainnya. Pihak-pihak yang terlibat dalam proyek konstruksi harus dapat bekerjasama dengan baik dan memiliki tujuan yang sama, dalam hal ini adalah pemilik, perencana, dan pelaksana. Ikatan kerjasama yang baik dari pihak-pihak tersebut akan mencapai tujuan yang telah disepakati dan sesuai dengan ketentuan-ketentuan yang telah disepakati pula. Dalam pelaksanaan proyek konstruksi, tak sedikit yang mengalami kendala dalam pengerjaannya baik dari faktor internal maupun faktor eksternal.

Permasalahan dalam proyek konstruksi dapat diantisipasi dengan baik apabila terdapat manajemen proyek atau pengelolaan proyek yang baik. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam proyek konstruksi adalah waktu, biaya, dan mutu. (Kerzner, 2006). Tentu hal-hal tersebut harus dikelola sebaik mungkin agar tidak menimbulkan masalah yang berakibat fatal. Manajemen proyek harus meliputi perencanaan, perkiraan, penjadwalan, pengorganisasian, pengarahan, dan pengontrolan dari pekerjaan dan kebutuhan suatu proyek konstruksi. Manajemen proyek harus bersifat fleksibel dan tidak terpaku pada satu pendekatan saja, namun harus disesuaikan dengan kondisi lapangan. Manajemen proyek juga perlu didukung oleh suatu metode perencanaan yang dapat menyusun urutan pelaksanaan kegiatan dan penggunaan sumber daya pada kegiatan tersebut secara detail dan teliti.

Waktu merupakan salah satu hal yang harus dikelola dengan cermat agar proyek dapat diselesaikan sesuai atau lebih cepat dari rencana tanpa mengesampingkan batasan biaya dan mutu. Namun realitanya, waktu penyelesaian sebuah proyek bervariasi dan perkiraan waktu penyelesaian tidak dapat dipaastikan selesai pada rencana (Maharesi, 2002). Banyak pelaksanaan proyek konstruksi di Indonesia yang mengalami keterlambatan penyelesaian pekerjaan dikarenakan beberapa faktor seperti cuaca, ketersediaan sumber daya, maupun kinerja tenaga kerja. Salah satu solusi mengatasi permasalahan tersebut dapat dilakukan perencanaan waktu atau jadwal yang teliti dan matang.

Penjadwalan proyek menunjukkan hubungan setiap pekerjaan konstruksi dengan pekerjaan yang lain dalam keseluruhan pekerjaan suatu proyek serta menggambarkan waktu dan durasi di setiap pekerjaan konstruksi. Salah satu metode untuk penjadwalan adalah PDM (*Precedence Diagramming Method*). PDM merupakan salah satu teknik penjadwalan dari *Network Planning* yang menitikberatkan kegiatan pada *node* atau biasa disebut AON (*Activity on Node*) (Widiasanti, 2013). Di dalam *node* pada PDM dapat memuat informasi berupa durasi, nomor dan diskripsi pekerjaan, waktu mulai, serta waktu selesai di setiap pekerjaan. PDM sangat berguna dalam menyajikan pekerjaan konstruksi yang berulang dan repetitif, seperti pada pembangunan gedung bertingkat maupun proyek jalan raya (Widiasanti, 2013). Selain itu, terdapat metode PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) yang dapat digunakan sebagai penentuan durasi kegiatan dalam penjadwalan secara probablistik. Hal-hal yang dipertimbangkan dalam perhitungan durasi metode PERT adalah waktu tercepat (*optimistic duration time*), waktu terlama (*pessimistic duration time*) dan waktu yang paling mungkin terjadi (*most likely time*).

Proyek Pembangunan Paket 4 UGM meliputi pembangunan empat gedung yaitu Gedung APLSC, DLC, dan TILC pada kompleks kampus UGM serta Gedung FRC di Kulon Progo. Pada penelitian ini difokuskan pada pekerjaan struktur Proyek Pembangunan Gedung DLC UGM saja yang berada di Jalan Denta 1, Sekip Utara, Senolowo, Sinduadi, Mlati, Sleman di atas tanah seluas 6808 m². Dibangunnya Gedung DLC UGM untuk meningkatkan fasilitas dan

sarana prasarana penunjang kegiatan pada Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Gajah Mada Yogyakarta. Gedung DLC UGM direncanakan selesai pada bulan Desember 2020 dengan 6 lantai dan 1 lantai *basement*. Dalam proses pelaksanaannya, terdapat kendala-kendala yang mempengaruhi waktu dan proses pekerjaannya.

Dengan perencanaan penjadwalan menggunakan kombinasi metode PDM dan PERT diharapkan dapat meminimalisir keterlambatan dan mencari adanya kemungkinan percepatan waktu, dapat mengetahui waktu yang dibutuhkan dalam penyelesaian pekerjaan struktur Proyek Pembangunan Gedung DLC UGM, serta dapat menjadi pembandingan terhadap penjadwalan *existing* yang dilakukan proyek sebagai saran dalam mengambil keputusan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Berapa lama durasi yang dibutuhkan dalam perencanaan penjadwalan Proyek Pembangunan Gedung DLC UGM dengan kombinasi metode perhitungan durasi PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) dan metode *network scheduling* PDM (*Precedence Diagram Method*) pada pekerjaan struktur?
2. Bagaimana perbandingan durasi pekerjaan struktur antara penjadwalan metode kombinasi PERT dan PDM dengan *schedule* Proyek Pembangunan Gedung DLC UGM?
3. Bagaimana probabilitas pelaksanaan pekerjaan struktur Proyek Pembangunan Gedung DLC UGM dapat selesai sesuai target yang ditentukan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Membuat penjadwalan untuk mengetahui lama durasi pekerjaan struktur yang dibutuhkan pada Proyek Pembangunan Gedung DLC UGM dengan kombinasi metode perhitungan durasi PERT dan metode *network scheduling* PDM.

2. Mengetahui perbandingan durasi pekerjaan struktur antara penjadwalan metode kombinasi PERT dan PDM dengan *schedule* Proyek Pembangunan Gedung DLC UGM.
3. Mengetahui probabilitas atau kemungkinan pelaksanaan pekerjaan struktur Proyek Pembangunan Gedung DLC UGM dapat menyelesaikan pekerjaan sesuai dengan target yang ditentukan.

1.4 Manfaat Penelitian

Pada penelitian ini, diharapkan dapat memberikan manfaat bagi beberapa pihak sebagai berikut.

1. Manfaat bagi kontraktor, diharapkan dapat memberi informasi dan pertimbangan terkait pengendalian proyek terutama penjadwalan dalam menghadapi permasalahan yang terjadi saat pelaksanaan proyek. Selain itu, diharapkan dapat memberikan informasi perihal perbedaan hasil *scheduling* oleh pihak proyek dengan penjadwalan dengan kombinasi metode PERT dan PDM ini, sehingga dapat dijadikan sebagai masukan dalam perencanaan selanjutnya.
2. Manfaat bagi pembaca, diharapkan dapat dijadikan sebagai referensi tentang penerapan ilmu teknik sipil dan penelitian yang sejenis serta dapat menambah wawasan dan pemahaman pengendalian proyek terutama tentang penjadwalan.
3. Manfaat bagi penulis, diharapkan dapat menambah pemahaman dan penerapan tentang penjadwalan proyek yang dibuat dengan kombinasi metode PERT dan PDM, dapat menambah pemahaman mengenai pengendalian proyek, serta penggunaan *software* dalam membantu perencanaan pengendalian proyek. Untuk kedepannya, diharapkan penulis dapat semakin baik dalam merencanakan pengendalian pada suatu proyek.

1.5 Batasan Penelitian

Adanya batasan penelitian adalah supaya tujuan penelitian ini dapat tercapai dan membatasi pembahasan agar tetap dalam lingkup permasalahan pada penelitian ini. Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Dalam penelitian ini akan dilakukan perencanaan penjadwalan Proyek Pembangunan Gedung DLC UGM meliputi pekerjaan struktur. Karena adanya keterbatasan pada saat pengambilan data, pekerjaan struktur yang dimaksud adalah pekerjaan yang belum terlaksana pada saat proyek Gedung DLC UGM terhenti akibat pandemi Covid 19.
2. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah kombinasi antara metode PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) untuk perhitungan durasi dan PDM (*Precedence Diagram Method*) untuk *network diagram*.
3. *Output* perencanaan penjadwalan dengan kombinasi metode PERT dan PDM adalah jaringan kerja dan lama durasi pada penyelesaian pekerjaan struktur. Kemudian dilakukan perbandingan terhadap jadwal *existing* proyek dan perhitungan persentase tercapinya target.
4. Analisis data dilakukan dengan program aplikasi *Microsoft Project* dan *Microsoft Excel* untuk menghitung durasi, merencanakan penjadwalan, dan perhitungan waktu penyelesaian pekerjaan struktur Proyek Pembangunan Gedung DLC UGM.
5. Tidak melakukan perencanaan terkait biaya maupun *crashing program*.
6. Tidak menganalisis permasalahan yang dihadapi proyek saat pelaksanaan pekerjaan struktur secara spesifik dan mendetail.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Pemaparan hasil penelitian sejenis yang sudah dilaksanakan oleh seseorang berfungsi sebagai referensi pada penelitian ini serta menghindari adanya plagiasi. Berikut merupakan hasil penelitian terdahulu yang memiliki keterkaitan dengan penelitian ini.

2.1.1 Analisa Penjadwalan Waktu dengan Metode Jalur Kritis dan PERT pada Proyek Pembangunan Ruko (Jl. Pasar Lama No. 20, Glodok)

Penelitian ini adalah karya dari Dino Caesaron (2015) yang membahas tentang penjadwalan pada proyek pembangunan ruko yang dikerjakan oleh PT. Artistika Graha Perdana dan berlokasi di Jalan Pasar Lama nomor 20. Pada penelitian ini menggunakan metode Jalur Kritis (*Critical Path Method*), PERT (*Program Evaluation and Review Technique*), *Crashing Project*, dan Diagram Tulang Ikan.

Dalam penelitian ini, peneliti mengatakan bahwa Metode Jalur Kritis dan PERT dilakukan untuk mendapat gambaran apabila proyek tersebut melakukan pengendalian dan dapat mengetahui adanya keterlambatan pada proyek tersebut. Metode *Crashing Project* dilakukan untuk memberi gambaran pertukaran jadwal, besaran biaya dan menganalisis faktor penyebab keterlambatan pada proyek tersebut Sedangkan Metode Diagram Tulang Ikan dilakukan untuk membantu mencari permasalahan utama keterlambatan proyek tersebut dapat terjadi.

Hasil dari penelitian ini adalah diperoleh durasi penyelesaian proyek dengan Metode Jalur Kritis dan PERT yaitu selama 198 hari dengan probabilitas penyelesaian 61%. Besaran biaya yang diperoleh apabila melakukan *Crashing Project* yaitu sebesar Rp 20.260.000. Selain itu, faktor utama penyebab keterlambatan pada proyek tersebut adalah kurangnya pengawasan pada setiap pekerjaan oleh pihak perusahaan yang dilakukan dengan analisis Diagram Tulang Ikan.

2.1.2 Perbandingan Aplikasi CPM, PDM, dan Teknik Bar Chart-Kurva S pada Optimasi Penjadwalan Proyek

Penelitian ini dilakukan oleh Wahyuni Amani, Helmi, dan Beni Irawan pada tahun 2012 yang membahas tentang optimalisasi penjadwalan proyek pembangunan gedung kantor Balai Penyuluhan Pertanian, Perikanan, dan Kehutanan (BP3K) dengan pengaplikasian metode CPM, PDM, dan *Bar Chart-Kurva S*. Penelitian ini memiliki tujuan menganalisis lintasan kritis dan mencari metode yang paling optimal dalam manajemen proyek tersebut.

Dalam penelitian ini, analisis lintasan kritis dan nilai optimum metode memerlukan data berupa *time schedule* dan rencana anggaran biaya dan dapat diolah dengan cara sebagai berikut.

1. Daftar rencana kegiatan pelaksanaan pembangunan proyek disusun secara urut.
2. Menyiapkan dan membuat jaringan kerja atau *network*.
3. Menyusun data-data tersebut dalam model matematika.
4. Melakukan perhitungan maju, perhitungan mundur, dan perhitungan kelonggaran waktu.
5. Menentukan dan menganalisis lintasan kritis dan nilai optimum.

Hasil dari penelitian ini adalah perhitungan menggunakan metode CPM dan *Bar Chart-Kurva S* mendapatkan lintasan kritis 10 minggu dengan biaya yang dikeluarkan Rp 328.415.302,09. Sedangkan dengan menggunakan PDM didapatkan lintasan kritis 8,5 minggu dengan biaya Rp 314.742.302,09 dan perhitungan dari kontraktor adalah waktu lintasan kritis 12 minggu dengan biaya Rp 347.557.000,00. Sehingga perhitungan menggunakan metode PDM dianggap lebih menguntungkan dibandingkan dengan metode-metode lainnya.

2.1.3 Analisa Penjadwalan Proyek dengan Metode PERT di PT. Hasana Damai Putra Yogyakarta pada Proyek Perumahan Tirta Sani

Penelitian ini dilakukan oleh Irwan Raharja (2014) terhadap pembangunan suatu perumahan oleh PT. Hasana Damai Putra yang mengalami permasalahan seperti keterlambatan jadwal pekerjaan. Penelitian ini membahas tentang pengendalian dalam pembangunan perumahan yang mengalami keterlambatan

waktu penyelesaian. Metode penelitian yang digunakan adalah metode PERT dan CPM.

Dalam penelitian ini, digunakan Diagram *Network* untuk merencanakan penyelesaian setiap pekerjaan dengan gambaran visual. Analisis *Network* dalam menentukan jalur kritis dapat dipermudah dengan menggunakan metode *Algorithma*. Kemudian dianalisis menggunakan metode PERT menggunakan 3 estimasi waktu penyesuaian untuk mendapatkan *expected time* (TE). Kemungkinan proyek dapat menyelesaikan dengan tepat waktu dapat diperiksa dengan menghitung standar deviasi dan varian kegiatan kemudian memasukkannya kedalam tabel distribusi normal. Sehingga dapat ditentukan penjadwalan yang dinilai lebih efektif untuk digunakan. Penjadwalan yang dibuat adalah dalam metode CPM, dimana memudahkan untuk menunjukkan kegiatan dalam jalur kritis. Waktu penyelesaian awal proyek adalah 201 hari sedangkan menurut hasil penelitian ini dapat diselesaikan dalam 168 hari dengan probabilitas proyek dapat diselesaikan tepat waktu 97%. Pengawasan terhadap pekerjaan khususnya pada jalur kritis dapat ditingkatkan dan lebih selektif dalam memilih sumber daya manusia yang akan dipekerjakan.

2.1.4 Analisa Penjadwalan Proyek Menggunakan PDM dan PERT serta Crash Project

Penelitian dengan tema penjadwalan ulang proyek dengan metode PDM, PERT, dan *Crash Project* ditulis oleh Suherman dan Amarina Ilma (2016). Penelitian ini dilakukan pada proyek Pembangunan Gedung Main Power House yang dilaksanakan oleh PT. Adhi Karya.

Dalam penelitian ini, dilakukan perhitungan lintasan kritis dari penjadwalan yang telah dibuat agar dapat dianalisis pekerjaan-pekerjaan yang bersifat kritis. Penulis menggunakan metode PERT dengan pendekatan metode PDM dalam memperhitungkan probabilitas penyelesaian waktu proyek dan didapatkan hasil proyek dapat selesai dalam 110 hari dengan probabilitas 52%. Perkiraan biaya yang harus dikeluarkan dapat dihitung menggunakan metode *Crash Project* dengan mempercepat durasi proyek sehingga pekerja menjadi lembur. Hasil

perhitungan biaya optimal proyek tersebut sebesar Rp 1.168.150.740,68 dengan percepatan durasi 5 hari.

2.1.5 Reschedulling Proyek Konstruksi dengan Menggunakan Software Penjadwalan

Penelitian ini dilakukan oleh Adinda Rezky (2018) dengan tema penelitian penjadwalan ulang proyek dengan menggunakan *software* agar didapatkan penjadwalan yang logis dan realistis dengan kondisi lapangan. *Software* penjadwalan yang digunakan adalah *Microsoft Project 2016* dan dasar perhitungan dengan metode PDM. Penelitian ini dilakukan pada Proyek Pembangunan Jalan Nasional Bugel-Galur-Poncosari Tahap I Kabupaten Bantul yang mengalami berbagai kendala seperti kondisi cuaca yang berubah-ubah pada musim tersebut.

Dalam penelitian ini, analisis biaya dan waktu dilakukan dengan perhitungan manual menggunakan aplikasi *Microsoft Excel* dan *Microsoft Project*. Biaya yang dianalisis hanyalah biaya tidak langsung yang tetap berjalan meskipun proyek mengalami keterlambatan. Sedangkan analisis waktu menggunakan metode PDM dengan bantuan *software* tersebut sehingga dapat memudahkan penyusunan jadwal ulang dapat realistis dan logis.

Hasil penelitian ini adalah durasi penyelesaian proyek selama 264 hari dengan varian 28% dari durasi awal rencana. Setelah mengalami penjadwalan ulang, diperkirakan penambahan biaya proyek sebesar 11% dari Rencana Anggaran Biaya proyek sebelumnya.

2.1.6 Penjadwalan Proyek Konstruksi dengan Metode Penjadwalan PDM dan Perhitungan Waktu dengan PERT

Penelitian ini dilakukan oleh Rahmat Fitrianto (2019). Penelitian ini dilaksanakan di Pembangunan Gedung TK Sultan Agung, Nglanjaran, Ngaglik, Sleman yang akan digunakan untuk kegiatan belajar mengajar pada tahun ajaran baru 2017/2018. Pembangunan Gedung TK Sultan Agung direncanakan rampung selama 84 hari kerja pada pekerjaan strukturnya, namun kenyataan di lapangan tidak berjalan sesuai rencana. Kemudian dibuat penjadwalan ulang menggunakan metode PERT dan PDM dan dibandingkan dengan penjadwalan awal oleh perencana yang menggunakan metode *Bar Chart* dan Kurva S.

Dalam penelitian ini, perhitungan untuk mendapatkan waktu yang diharapkan (TE) dilakukan menggunakan metode PERT dengan bantuan program *Microsoft Excel*. Uraian pekerjaan didasarkan dari data yang telah diterima dari perencana dan durasi setiap pekerjaan disesuaikan berdasarkan perhitungan durasi TE. Kemudian diagram jaringan atau *network diagram* dapat disusun menggunakan metode PDM dengan bantuan program *Microsoft Project*.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan durasi terhadap penjadwalan awal selama 3 hari kerja. Diperkirakan pekerjaan struktur pembangunan Gedung TK Sultan Agung akan selesai dalam 87 hari dengan pekerjaan pembesian dan pekerjaan bekisting dilakukan dalam waktu yang bersamaan. Sedangkan target capaian proyek (TD) sebesar 76,11%.

2.2 Kesimpulan Penelitian Sebelumnya

Berdasarkan dari penelitian-penelitian sebelumnya yang dipaparkan di atas, maka diperoleh kesimpulan bahwa metode PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) digunakan untuk mengurangi penundaan dan permasalahan pada penjadwalan sebanyak mungkin. Metode PERT juga sesuai untuk digunakan dalam perencanaan dan pengevaluasian proyek dengan pekerjaan berulang (*repetitive work*).

Metode PDM (*Precedence Diagram Method*) dapat digunakan untuk penjadwalan dengan pekerjaan-pekerjaan yang memiliki waktu bersamaan dan pekerjaan yang berulang seperti gedung, jalan raya, dan lainnya. Penggunaan program *Microsoft Project* pada metode PDM sangat menguntungkan dan memudahkan dalam pembuatan penjadwalan, menampilkan informasi kegiatan dan durasi dengan tampilan yang sederhana serta mudah dipahami.

2.3 Perbedaan dengan Penelitian Sebelumnya

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya yang dipaparkan di atas, terdapat perbedaan dengan penelitian yang akan dilakukan yang berjudul “Perencanaan Penjadwalan Pekerjaan Struktur Menggunakan Kombinasi Metode PERT dan PDM”. Ringkasan dari penelitian-penelitian sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut.

Tabel 2.1 Ringkasan Penelitian-Penelitian Sebelumnya

No	Peneliti	Judul Penelitian	Lokasi Penelitian	Hasil Penelitian
1	Dino Caesaron (2015)	Analisa Penjadwalan Waktu dengan Metode Jalur Kritis dan PERT pada Proyek Pembangunan Ruko (Jl. Pasar Lama No. 20, Glodok)	Proyek Pembangunan Ruko Jl. Pasar Lama No. 20, Glodok	Durasi penyelesaian proyek dengan Metode Jalur Kritis dan PERT yang diperoleh yaitu selama 198 hari dengan probabilitas penyelesaian 61%. Besaran biaya yang diperoleh apabila melakukan <i>Crashing Project</i> yaitu sebesar Rp 20.260.000. Faktor utama penyebab keterlambatan adalah kurangnya pengawasan pada setiap pekerjaan oleh pihak perusahaan yang dilakukan dengan analisis Diagram Tulang Ikan.
2	Wahyuni Amani, Helmi, dan Beni Irawan (2012)	Perbandingan Aplikasi CPM, PDM, dan Teknik <i>Bar Chart-Kurva S</i> pada Optimasi Penjadwalan Proyek	Proyek Pembangunan Gedung Kantor Balai Penyuluhan Pertanian, Perikanan, dan Kehutanan (BP3K)	Hasil perhitungan menggunakan metode CPM dan <i>Bar Chart-Kurva S</i> mendapatkan lintasan kritis 10 minggu dengan biaya yang dikeluarkan Rp 328.415.302,09. Sedangkan dengan menggunakan PDM didapatkan lintasan kritis 8,5 minggu dengan biaya Rp 314.742.302,09 dan perhitungan dari kontraktor adalah lintasan kritis 12 minggu dengan biaya Rp 347.557.000,00. Perhitungan menggunakan metode PDM dianggap lebih menguntungkan dibandingkan dengan metode-metode lainnya.
3	Suherman dan Amarina Ilma (2016)	Analisa Penjadwalan Proyek Menggunakan PDM dan PERT serta <i>Crash Project</i>	Proyek Pembangunan Gedung Main Power House	Durasi penyelesaian proyek didapat 110 hari dengan probabilitas 52%. Perkiraan biaya yang harus dikeluarkan menggunakan metode <i>Crash Project</i> dengan mempercepat durasi proyek sebesar Rp 1.168.150.740,68 dengan percepatan durasi 5 hari.

Lanjutan Tabel 2.1 Ringkasan Penelitian-Penelitian Sebelumnya

No	Peneliti	Judul Penelitian	Lokasi Penelitian	Hasil Penelitian
4	Irwan Raharja (2014)	Analisa Penjadwalan Proyek dengan Metode PERT di PT. Hasana Damai Putra Yogyakarta pada Proyek Perumahan Tirta Sani	Proyek Perumahan Tirta Sani	Waktu penyelesaian awal proyek adalah 201 hari. Hasil perhitungan waktu penyelesaian proyek dapat diselesaikan dalam 168 hari dengan probabilitas proyek dapat diselesaikan tepat waktu 97%. Pengawasan terhadap pekerjaan khususnya pada jalur kritis dapat ditingkatkan dan lebih selektif dalam memilih sumber daya manusia yang akan dipekerjakan.
5	Adinda Rezky (2018)	<i>Reschedulling</i> Proyek Konstruksi dengan Menggunakan <i>Software</i> Penjadwalan	Proyek Pembangunan Jalan Nasional Bugel-Galur-Poncosari Tahap I Kabupaten Bantul	Durasi penyelesaian proyek adalah 264 hari dengan varian 28% dari durasi awal rencana. Setelah mengalami penjadwalan ulang, diperkirakan penambahan biaya proyek sebesar 11% dari Rencana Anggaran Biaya proyek awal.
6	Rahmat Fitrianto (2019)	Penjadwalan Proyek Konstruksi dengan Metode Penjadwalan PDM dan Perhitungan Waktu dengan PERT	Pembangunan Gedung TK Sultan Agung, Nglanjaran, Ngaglik, Sleman	Terdapat perbedaan durasi terhadap penjadwalan awal dengan penjadwalan ulang yaitu 3 hari kerja. Diperkirakan pekerjaan sruktur akan selesai dalam 87 hari dengan pekerjaan pembesian dan pekerjaan bekisting dilakakuan dalam waktu yang bersamaan. Sedangkan target capaian proyek (TD) sebesar 76,11%.

Dari ringkasan penelitian-penelitian sebelumnya, terdapat perbedaan dan persamaan terhadap penelitian yang akan dilakukan sebagai berikut.

1. Perbedaan dengan penelitian Caesaron (2015) adalah metode yang digunakan yaitu metode jalur kritis dan metode PERT sedangkan pada penelitian ini menggunakan kombinasi metode PERT dan PDM. Selain itu perbedaan terletak pada lokasi penelitian, tidak melakukan perkiraan biaya (*crashing project*), dan tidak menganalisis penyebab permasalahan proyek menggunakan diagram ikan. Persamaan yang ada adalah melakukan penjadwalan dan menggunakan metode *network planning*.
2. Perbedaan dengan penelitian Amani, dkk (2012) adalah penggunaan beberapa metode yang berbeda yaitu metode CPM dan kombinasi *Bar Chart* dan Kurva S. Selain itu, tidak dilakukan perbandingan dari hasil di setiap hasil analisis metode yang digunakan dan perkiraan biaya proyek. Persamaan dari penelitian ini adalah penjadwalan yang dihasilkan berupa *network PDM* atau AON.
3. Perbedaan dengan penelitian Suherman dan Ilma (2016) adalah penggunaan metode *Crash Project* dalam perencanaan perkiraan biaya proyek setelah melakukan penjadwalan ulang. Pada penelitian yang akan dilakukan, tidak dilakukan perkiraan biaya. Selain itu lokasi penelitian juga berbeda. Persamaan dengan penelitian ini adalah penggunaan kombinasi metode PERT dan PDM dalam penjadwalan.
4. Perbedaan dengan penelitian Raharja (2014) adalah penggunaan metode CPM dalam menampilkan hasil penjadwalan. Lokasi penelitian juga berbeda dengan penelitian ini. Namun, terdapat persamaan yaitu penggunaan metode PERT dalam memperhitungkan durasi penyelesaian dan probabilitas penyelesaian pekerjaan tepat waktu.
5. Perbedaan dengan penelitian yang ditulis oleh Rezky (2018) adalah lokasi proyek dan jenis pekerjaan yang berbeda yaitu proyek pembanguana jalan. Ururtan pekerjaan proyek pembangunan jalan dan proyek pembangunan gedung tentu berbeda. Sedangkan persamaan dengan penelitian ini adalah penggunaan metode PDM dalam menyusun *network diagram* dan penggunaan

aplikasi *Microsoft Project* serta *Microsoft Excel* yang mempermudah dan membantu proses perencanaan penjadwalan.

6. Perbedaan dengan penelitian yang ditulis oleh Fitrianto (2019) adalah lokasi proyek yang berada di proyek Pembangunan TK Sultan Agung. Terdapat persamaan dengan penelitian ini yaitu menggunakan kombinasi metode PERT dalam perhitungan *time expected* (TE) setiap pekerjaan, durasi penyelesaian, serta probabilitas penyelesaian proyek tepat waktu. Dan juga, metode PDM untuk menampilkan hasil penjadwalan yang dapat menunjukkan urutan pekerjaan secara jelas dan sederhana.



BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Proyek Konstruksi

Pada masa sekarang, pembangunan infrastruktur merupakan poin penting dalam meningkatkan pertumbuhan perekonomian suatu negara, meliputi pembangunan dan perbaikan untuk mengoptimalkan fasilitas-fasilitas penunjang masyarakat. Pembangunan infrastruktur direncanakan dan dilaksanakan sesuai dengan kondisi wilayah serta kebutuhan apa saja yang harus terpenuhi dalam suatu kegiatan proyek konstruksi. Menurut Soeharto (1999), kegiatan proyek merupakan kegiatan yang bersifat sementara dalam jangka waktu terbatas dan sumber daya tertentu agar dapat menghasilkan produk yang kualitasnya sudah ditentukan. Menurut Ervianto (2002), proyek konstruksi merupakan serangkaian kegiatan yang dilakukan dalam kurun waktu tertentu dan hanya dilakukan satu kali.

Dalam proyek konstruksi, sangat dibutuhkan manajemen yang tepat dalam mengelola sumber daya dan waktu yang terbatas agar dapat menghasilkan produk dengan mutu yang telah disepakati sebelumnya. Menurut Widiasanti dan Lenggogeni (2013), manajemen adalah kemampuan guna memperoleh hasil dalam mencapai tujuan melalui kegiatan yang melibatkan sekelompok orang dengan keahlian dan kemampuan berkaitan dengan tujuan yang telah ditetapkan dalam batas-batas tertentu. Sedangkan menurut Nurhayati (2010) manajemen proyek merupakan penataan dan pengorganisasian terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan tercapainya tujuan proyek. Dapat dikatakan bahwa manajemen proyek adalah suatu usaha meliputi perencanaan, pengorganisasian, pengarahan, dan pengendalian sumber daya yang terbatas agar tercapainya tujuan tertentu dalam kurun waktu tertentu yang telah disepakati sebelumnya.

Manajemen proyek memiliki peran yang sangat penting dalam proyek konstruksi. Adapun fungsi dari manajemen proyek menurut Widiasanti dan Lenggogeni (2013) adalah sebagai berikut.

1. Perencanaan (*Planning*)

Perencanaan merupakan tindakan dalam pengambilan serta penetapan data dan informasi yang dipilih sebagai alat pengawas, pengendalian, dan pedoman dalam menentukan keputusan berkaitan dengan kegiatan proyek yang akan dilaksanakan. Perencanaan yang dilakukan meliputi perencanaan terhadap lingkup proyek, mutu, waktu, biaya, serta sumber daya yang akan digunakan dalam proyek.

2. Pengorganisasian (*Organizing*)

Pengorganisasian merupakan tindakan yang mempersatukan sekelompok orang dengan keahlian dan peran pekerjaan masing-masing yang saling berhubungan dengan metode tertentu. Pengorganisasian dapat menjadi pedoman dalam melaksanakan tugas, tanggung jawab, serta kewenangan yang dimiliki oleh seluruh anggota proyek dengan jelas dan tegas. Namun, saling menghormati dan bekerjasama tetap diperlukan untuk mencapai tujuan bersama.

3. Pelaksanaan (*Actuating*)

Pelaksanaan merupakan hal yang terpenting karena menekankan pada tindakan para anggota dalam melaksanakan kegiatan sesuai dengan tugas, hak, dan kewajiban yang dimiliki masing-masing peran anggota proyek. Hal ini bertujuan agar kegiatan dapat berjalan efisien, saling bekerja sama dalam mencapai tujuan bersama, serta memotivasi para anggota mengerjakan pekerjaan tersebut.

4. Pengendalian (*Controlling*)

Pengendalian merupakan tindakan pengevaluasian kinerja dan kualitas dengan cara membandingkan prestasi kerja dengan rencana kegiatan dan memutuskan tindakan untuk menanggulangi perbedaan pada kegiatan-kegiatan penting diluar batas-batas yang telah ditentukan. Pengendalian diperlukan untuk memperkecil kemungkinan terjadinya penyimpangan pada saat pelaksanaan kegiatan proyek dari rencana yang telah dibuat. Pengawasan dilakukan oleh pengawas lapangan pada setiap kegiatan-kegiatan proyek setiap kurun waktu tertentu. Hasil laporan pengawasan kemudian dievaluasi secara berkala sebagai

pengendalian terhadap jadwal, biaya, dan mutu untuk menentukan langkah memperbaiki penyimpangan yang terjadi.

3.2 Perencanaan dan Pengendalian Proyek Konstruksi

3.2.1 Fungsi Perencanaan dan Pengendalian Proyek

Penyusunan perencanaan dan pengendalian merupakan permulaan dari mulainya kegiatan proyek konstruksi agar saat pelaksanaannya dapat berjalan sesuai rencana. Menurut Widiyanti dan Lenggogeni (2013) perencanaan yang dimaksud merupakan proses dalam menentukan tujuan dan mempersiapkan sumber daya, bersifat mengikat, mengarahkan, serta menjadi pedoman agar tahap pelaksanaan berjalan efektif dan efisien. Sedangkan menurut R.J. Mockler (1972) dalam Soeharto (1999) Pengendalian merupakan suatu tindakan sistematis berupa penentuan standar yang sesuai dengan tujuan, merancang sistem informasi, membandingkan hasil pekerjaan dengan standar, kemudian melakukan tindakan evaluasi apabila terjadi penyimpangan, secara efektif dan efisien. Dengan adanya penyusunan perencanaan dan pengendalian, penyusunan penjadwalan dapat dilakukan berdasarkan hasil perencanaan dan pengendalian tersebut. Penyusunan penjadwalan dapat memberikan informasi terkait waktu pelaksanaan suatu pekerjaan serta tataran pekerjaan yang harus dilakukan.

Fungsi perencanaan proyek adalah sebagai acuan atau pedoman dalam pelaksanaan kegiatan, sebagai pembanding dengan hasil pekerjaan apakah telah memenuhi kriteria atau tidak, serta sebagai penentu kebutuhan dan sumber daya setiap pekerjaan yang harus dilakukan. Sedangkan fungsi pengendalian adalah menanggulangi permasalahan-permasalahan dan penyimpangan yang terjadi saat tahap pelaksanaan, memperkecil penyimpangan yang terjadi, serta menjaga biaya, waktu, dan mutu agar sesuai dengan rencana.

3.2.2 Proses Perencanaan dan Pengendalian Proyek

Berdasarkan penjelasan fungsi perencanaan dan pengendalian proyek pada poin sebelumnya, berikut merupakan proses dalam perencanaan dan pengendalian suatu proyek menurut Soeharto (1999).

1. Menentukan Sasaran Proyek

Sasaran dibentuk pada proses awal perencanaan yang merupakan bagian terpenting dari proyek, memuat tujuan yang akan dicapai dalam batasan biaya, mutu, dan waktu yang telah disepakati. Sasaran proyek menjadi dasar dalam memutuskan langkah-langkah yang akan diambil serta menjadi dasar dalam tindakan pengendalian.

2. Menentukan Standar dan Kriteria

Standar dan kriteria disusun agar sasaran proyek dapat tercapai secara efektif dan efisien. Standar dan kriteria menjadi patokan untuk mengalisis hasil pekerjaan nantinya, bersifat kuantitatif agar penilaian hasil pekerjaan dapat diukur dan dibandingkan sehingga dapat memberikan informasi besaran capaian proyek tersebut.

3. Merancang Sistem Informasi

Dalam proses pengendalian, diperlukan sistem untuk mengumpulkan informasi dan data secara cepat, tepat, serta akurat. Merancang sebuah sistem bertujuan agar memudahkan dalam menganalisis, mengolah, menyimpan, dan menampilkan data serta informasi yang membantu pada proses pengendalian.

4. Mengumpulkan Data Informasi Hasil Pekerjaan

Setiap kurun waktu tertentu, diadakan pelaporan, pemeriksaan, pengukuran hasil pekerjaan yang telah tercapai. Laporan hasil pekerjaan memuat informasi yang nyata dan didasarkan pengukuran secara fisik agar hasil proyek dapat ditampilkan secara realistik.

5. Mengkaji dan Menganalisis Hasil Pekerjaan

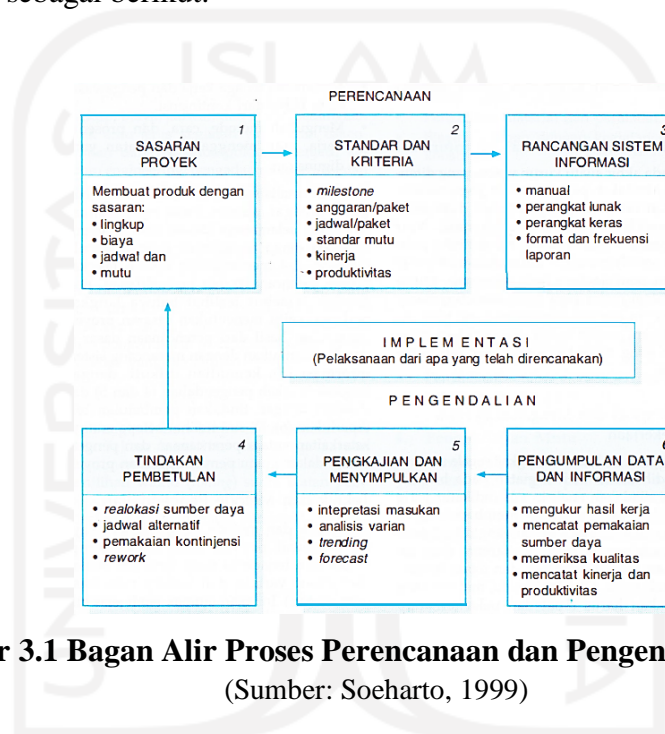
Mengkaji dan menganalisis seluruh data informasi yang telah didapatkan terhadap hasil pekerjaan yang telah tercapai. Dibutuhkan metode yang tepat dalam mengalisis perbandingan indikator-indikator dengan standar dan kriteria yang telah ditentukan sebelumnya. Kemudian hasil analisis akan digunakan sebagai landasan atas tindakan yang akan dilakukan selanjutnya dalam mengatasi penyimpangan yang terjadi.

6. Mengadakan Tindakan Pembetulan

Indikasi penyimpangan diukur dari hasil analisis hasil pekerjaan dengan meninjau standar dan kriteria sebagai pembanding. Tindakan pembetulan perlu

dilakukan apabila terjadi indikasi penyimpangan yang berarti dan menghambat proses dalam mencapai sasaran. Tindakan pembetulan dapat berupa relokasi sumber daya, menambah tenaga kerja dan alat, merubah metode pekerjaan, dan lain sebagainya. Hasil analisis dan rencana tindakan pembetulan dapat menjadi informasi dan saran untuk perencanaan proyek selanjutnya.

Bagan alir proses perencanaan dan pengendalian proyek dapat dilihat pada Gambar 3.1 sebagai berikut.



Gambar 3.1 Bagan Alir Proses Perencanaan dan Pengendalian Proyek
(Sumber: Soeharto, 1999)

3.3 Penjadwalan Proyek

Menurut Widiyanti dan Lenggogeni (2013) penjadwalan merupakan alat dalam menentukan waktu penyelesaian serta waktu mulai dan selesainya suatu kegiatan proyek, terdiri dari penjadwalan waktu, tenaga kerja, peralatan, material, serta keuangan. Sedangkan menurut Husen (2009) penjadwalan merupakan salah satu hasil perencanaan yang memuat informasi jadwal rencana dan kemajuan proyek terkait biaya, tenaga kerja, peralatan, material, serta rencana durasi dan progres waktu penyelesaian sebuah proyek. Dapat dikatakan bahwa penjadwalan merupakan suatu elemen yang memuat dan mengatur suatu kegiatan mengenai durasi dan waktu terkait biaya, tenaga kerja, peralatan, serta material yang sebelumnya sudah direncanakan.

Dalam penjadwalan, waktu yang tersedia dikelola dan dialokasikan di setiap kegiatan yang harus diselesaikan dengan keterbatasan sumber daya yang tersedia agar dapat mencapai tujuan. Menurut Rani (2016) pengelolaan waktu meliputi perencanaan, penyusunan dan pengendalian seperti mengelola *float* pada jaringan kerja, serta menggunakan konsep cadangan waktu. Selain itu, rincian kegiatan harus jelas serta hubungan antarkegiatan disusun secara efektif dan efisien agar memudahkan pelaksanaan dan pengendalian proyek.

Penjadwalan proyek memiliki manfaat serta fungsi yang berbeda bagi pihak yang terlibat dalam proyek. Bagi pemilik proyek, dapat membantu mengevaluasi dampak dari perubahan waktu dengan rencana, memudahkan dalam perencanaan arus kas dan perencanaan biaya pengendalian. Bagi pihak pemberi jasa, dapat memberikan rincian waktu setiap kegiatan, membantu merencanakan alokasi tenaga kerja, peralatan, dan material yang digunakan setiap kegiatan. Sedangkan manfaat-manfaat disusunnya penjadwalan proyek menurut Husen (2009) adalah sebagai berikut.

1. Sebagai pedoman atau acuan terkait batasan waktu mulai dan selesai setiap kegiatan proyek.
2. Memberikan saran bagi manajemen terkait proiritas alokasi sumber daya dan waktu pada suatu kegiatan proyek.
3. Membantu penggunaan sumber daya dengan efektif dan efisien dengan penyelesaian pekerjaan sesuai dengan waktu yang ditentukan.
4. Sebagai sarana untuk penilaian capaian pekerjaan dan pengendalian proyek.
5. Memberikan informasi waktu penyelesaian proyek.

Dalam penjadwalan proyek perlu mempertimbangkan beberapa faktor yang akan mempengaruhi setiap pekerjaan proyek hingga keseluruhan pelaksanaan proyek. Faktor-faktor yang mempengaruhi kompleksitas penjadwalan menurut Husen (2009) adalah sebagai berikut.

1. Sasaran dan tujuan proyek tersebut.
2. Keterkaitan proyek lain terhadap kegiatan proyek agar dapat terintegrasi dengan *master schedule*.
3. Dana yang tersedia dan dana yang dibutuhkan setiap kegiatan.

4. Waktu yang tersedia, waktu yang dibutuhkan, dan waktu libur serta perkiraan waktu yang akan hilang.
5. Pembagian *shift* kerja dan waktu lembur dalam usaha mempercepat pekerjaan.
6. Sumber daya yang tersedia dan sumber daya yang dibutuhkan.
7. Susunan, jumlah, dan keterkaian tiap kegiatan proyek yang harus dikerjakan.
8. Keahlian tenaga kerja dan produktifitas dalam mengerjakan kegiatan proyek.

Menurut Nugraheni (2009), penyusunan penjadwalan proyek dibutuhkan data-data sebagai berikut.

1. Data tenaga kerja yang dibutuhkan terkait jenis dan produktifitas tenaga kerja.
2. Data peralatan yang dibutuhkan terkait jenis dan produktifitas alat konstruksi.
3. Data material dan bahan yang dibutuhkan terkait jenis dan ketersediaan material.
4. Gambar teknis dan spesifikasi yang ditentukan.
5. Data keterkaitan antarkegiatan.

3.4 Metode Penjadwalan Proyek

Terdapat beberapa metode penjadwalan proyek yang memiliki keunggulan dan kekurangan dalam mengelola waktu serta sumber daya yang terbatas. Pemilihan metode penjadwalan harus dilakukan dengan cermat serta berdasarkan kebutuhan, hasil yang ingin dicapai, dan informasi yang ingin ditampilkan. Hal-hal yang dapat mempengaruhi penjadwalan juga harus diawasi dengan saksama seperti, ketersediaan peralatan dan material, kondisi cuaca, tenaga kerja, keselamatan kerja, mutu yang dihasilkan, dan lain sebagainya. Apabila terjadi penyimpangan terhadap rencana, maka perlu diadakan evaluasi dan tindakan penanggulangan pada kegiatan yang mengalami penyimpangan.

3.4.1 Bar Chart

Bar chart atau bagan balok pertama kali ditemukan oleh Gantt dan Fredick W. Taylor yang menampilkan balok panjang setiap jenis kegiatan yang dijadwlakan. Panjang setiap balok menunjukkan durasi yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu kegiatan. Format *bar chart* yang ditampilkan dalam bentuk

komunikasi sederhana dan mudah dipahami, selain itu juga pembuatannya sangat mudah.

Bar chart merupakan sekumpulan dari beberapa jenis kegiatan yang ditempatkan dalam kolom vertikal, sedangkan waktu dan durasi kegiatan ditempatkan dalam baris horizontal berbentuk balok memanjang. Waktu mulai, waktu selesai, dan durasi ditempatkan di bagian sebelah kanan setiap aktivitas. Perkiraan waktu mulai dan selesai dapat dilihat dari skala pada bagian paling atas dari bagan balok. Panjang balok tersebut dapat menunjukkan durasi yang diperlukan dalam menyelesaikan suatu aktivitas dan aktivitas-aktivitas tersebut telah disusun sebelumnya sesuai dengan urutan pekerjaan (Callahan, 1992 dalam Widiasanti dan Lenggogeni, 2013).

Menurut Husen (2009), bagan balok terdiri dari sumbu y yang menampilkan kegiatan dalam suatu lingkup proyek, sedangkan sumbu x menampilkan satuan waktu yang dapat berupa hari, minggu, atau bulan untuk menggambarkan durasi setiap kegiatan.

Metode penjadwalan *bar chart* sering sekali digunakan pada proyek konstruksi karena memiliki beberapa kelebihan antara lain mudah dalam persiapan, pembuatan, bahkan mudah untuk dipahami. Selain itu, apabila digabungkan dengan metode lain seperti Kurva S dapat dijadikan sebagai alat pengendalian waktu dan biaya. Namun Metode *bar chart* juga memiliki kekurangan menurut Callahan (1992) dalam Widiasanti dan Lenggogeni (2013) yaitu sebagai berikut.

1. Hubungan ketergantungan antarkegiatan tidak dapat ditunjukkan secara spesifik sehingga dampak yang ditimbulkan akibat keterlambatan akan sulit untuk diawasi pada keseluruhan kegiatan proyek.
2. Metode *bar chart* dapat digunakan pada proyek yang memiliki kurang dari 100 kegiatan. Apabila metode ini digunakan pada proyek berskala besar yang memiliki kompleksitas pekerjaan, maka penjadwalan metode *bar chart* akan sukar untuk dibaca dan digunakan.

3. Perbaikan dan pembaharuan jadwal sukar untuk dilakukan karena pada dasarnya diperlukan pembuatan bagan balok yang baru bila terjadi perubahan pada salah satu maupun seluruh kegiatan proyek.

Dalam metode *bar chart*, penjadwalan ditampilkan pada kolom dan baris yang disusun secara sederhana dan mudah dimengerti. Perincian perihal tampilan penjadwalan dengan metode *bar chart* menurut Wideasanti dan Lenggogeni (2013) adalah sebagai berikut.

1. Pada sumbu horizontal x menampilkan satuan waktu seperti hari, minggu, atau bulan. Waktu mulai ditunjukkan pada ujung kiri balok dan waktu selesai pada ujung kanan balok pada suatu kegiatan.
2. Pada sumbu vertikal y memuat kegiatan-kegiatan proyek. Umumnya, kegiatan tersebut telah diurutkan meskipun hubungan dan keterkaitan antarkegiatan tidak terlihat jelas.
3. Format penyajian *bar chart* yang lengkap memuat informasi seperti perkiraan urutan pekerjaan, skala waktu, dan analisis hasil pekerjaan pada saat pelaporan.
4. Bila *bar chart* dibentuk berdasarkan jaringan kerja *activity on arrow*, maka bagan balok yang pertama kali digambarkan adalah kegiatan kritis, kemudian dilanjutkan dengan kegiatan nonkritis.

Dalam pembuatan jadwal perlu diperhatikan ukuran besarnya *bar chart* agar tidak mempersulit pembacaan jadwal dan mengganggu komunikasi saat pelaksanaan proyek. *Bar chart* tidak dapat menampilkan lebih dari 100 kegiatan karena akan terjadi kesulitan untuk memahami jadwal yang ditampilkan. Namun, diperbolehkan apabila ingin menambahkan informasi tambahan sehingga dapat menambah pemahaman bagi para pembaca. Penambahan data yang terlalu banyak juga dapat menyulitkan dalam memahami jadwal tersebut. Selain itu, bila terjadi perubahan data, maka *bar chart* harus dibuat ulang dan dicetak lagi. Hal ini dapat menjadi salah satu alasan terhambatnya komunikasi pada setiap bagian yang terlibat dalam proyek tersebut.

Contoh penjadwalan dengan metode *bar chart* dapat dilihat pada Gambar 3.2 sebagai berikut.

NO	URAIAN PEKERJAAN	JUMLAH HARGA (RP.)	BOBOT (%)	WAKTU PELAKSANAAN PEKERJAAN = 4 BULAN																KET.								
				MARET 2017				APRIL 2017				MEI 2017				JUNI 2017												
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4									
A	PEKERJAAN PENDAHULUAN	26.651.680.00	7.50	3.75	3.75																							
B	PEKERJAAN PONDASI	53.663.264.00	15.10			5.03	5.03	5.03																				
C	PEKERJAAN STRUKTUR	100.000.000.00	28.14					7.04	7.04	7.04	7.04																	
D	PEKERJAAN DINDING BATA	40.000.000.00	11.26						2.81	2.81	2.81	2.81																
E	PEK. KUSEN, PINTU, JENDELA, DAN AKSESORIS	30.000.000.00	8.44						1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41													
F	PEKERJAAN INSTALASI LISTRIK	15.000.000.00	4.22									0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60					
G	PEKERJAAN SANITAIR	15.000.000.00	4.22									0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53					
H	PEKERJAAN ATAP BETON	55.000.000.00	15.48									3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10									
I	PEKERJAAN FINISHING	20.000.000.00	5.63													1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13					
JUMLAH =		355.314.944.00	100.00																									

Gambar 3.2 Contoh Penjadwalan Proyek dengan Metode Bar Chart

(Sumber: <https://proyeksipil.blogspot.com>, 9 Mei 2020)

1. Kurva S

Merurut Husen (2009) Kurva S atau *hanumm curve* merupakan sebuah grafik yang dikembangkan oleh Warren T. Hanumm yang menampilkan kemajuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu, dan bobot pekerjaan yang direpresentasikan dalam persentasi kumulatif dari seluruh kegiatan pada proyek tersebut. Kurva S bukanlah salah satu metode penjadwalan namun dapat memberikan informasi berupa kemajuan proyek yang kemudian dibandingkan dengan jadwal rencana untuk mengetahui penyimpangan yang terjadi pada proyek. Informasi yang dapat ditampilkan hanya sebatas tentang kemajuan proyek dan tidak dapat melaporkan secara mendetail. Untuk menentukan tindakan yang akan diambil selanjutnya, dapat menggunakan metode penjadwalan lain yang kemudian dapat dikombinasikan dengan mengatur sumber daya maupun waktu pada masing-masing kegiatan proyek.

Dalam penjadwalan proyek, Kurva S memiliki fungsi dan manfaat menurut Soeharto (1998) dalam Wideasanti dan Lenggogeni (2013) adalah sebagai berikut.

- Dapat menganalisis kemajuan suatu proyek secara keseluruhan.
- Dapat mengetahui dan meberikan informasi terkait pengeluaran serta kebutuhan biaya setiap kegiatan pada suatu proyek.
- Dapat menjadi alat pengendali penyimpangan dengan membandingkan Kurva S rencana dengan Kurve S aktual.

Pada umumnya, pembuatan Kurva S dikombinasikan dengan penjadwalan metode *bar chart* agar dapat menampilkan informasi yang lebih lengkap dan mudah dipahami. Adapun tata cara pembuatan Kurva S menurut Ibrahim (1993) dalam Widiasanti dan Lenggogeni (2013) adalah sebagai berikut.

- a. Mencari persen bobot setiap pekerjaan. Bobot pekerjaan yang dimaksud adalah besarnya capaian pekerjaan dibandingkan dengan besarnya seluruh pekerjaan yang tercapai dalam bentuk persen. Besarnya seluruh pekerjaan yang tercapai dinilai 100%.
- b. Membagi persen bobot biaya pekerjaan dengan durasi pekerjaan. Persen bobot pekerjaan ditempatkan pada kolom bobot pada *bar chart*. Setelah dibagi dengan durasi pekerjaan, akan didapatkan bobot biaya untuk setiap periodenya.
- c. Menjumlahkan persen bobot biaya pekerjaan pada setiap lajur waktu. Hasil penjumlahan persen bobot biaya di tempatkan pada bagian bawah *bar chart*.
- d. Membuat kumulatif dari persen bobot biaya pekerjaan pada lajur persen kumulatif bobot biaya. Bobot biaya dikumulatikan untuk setiap periode waktu untuk mengetahui progress biaya proyek.
- e. Membuat Kurva S berdasarkan persen kumulatif bobot biaya. Kumulatif bobot biaya sebagai ordinat (sumbu y) dan periode waktu atau durasi untuk seluruh pekerjaan sebagai absis (sumbu x).

Kondisi ideal proyek pada umumnya memiliki volume pekerjaan yang kecil pada awal pelaksanaan proyek yang kemudian meningkat pada pertengahan waktu pelaksanaan dan mengecil kembali pada saat akhir proyek akan selesai. Hal tersebut dapat digambarkan dan dipresentasikan dengan Kurva S. Untuk menambah informasi yang ditampilkan, Kurva S dapat dikombinasikan dengan *bar chart* untuk menampilkan penjadwalan setiap pekerjaan. Sumber daya seperti tenaga kerja, peralatan, dan material dapat direncanakan kebutuhannya menggunakan Kurva S tersebut sehingga pelaksanaan proyek dapat dilaksanakan dengan baik.

Berikut merupakan contoh penjadwalan dengan metode Kurva S yang dipadukan dengan metode *bar chart* yang dapat dilihat pada Gambar 3.3.

dengan cepat sehingga dapat mengatur kebutuhan peralatan, material, dan tenaga kerja pada setiap pekerjaan agar efektif dan efisien pelaksanaannya (Badri, 1991).

Penerapan *network planning* pada suatu proyek memiliki beberapa manfaat yang dapat menyempurnakan metode *bar chart* dan Kuva S. Berikut merupakan manfaat penerapan *network planning* menurut Husen (2009).

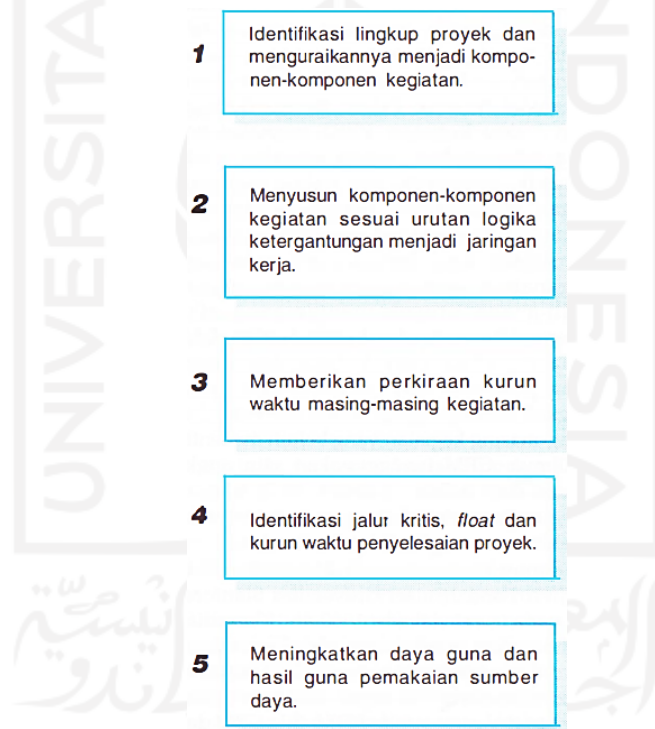
1. Penggambaran logika hubungan antarkegiatan dapat ditampilkan secara detail sehingga perencanaan lebih terperinci.
2. Dapat memperhitungkan dan memperkirakan waktu suatu kejadian yang akan terjadi akibat satu atau beberapa kegiatan, sehingga tindakan pencegahan dapat dilakukan apabila terjadi masalah-masalah yang tidak diharapkan.
3. Dapat memperlihatkan dengan jelas waktu penyelesaian kegiatan yang dapat ditunda dan yang harus segera diselesaikan.
4. Membantu mengomunikasikan hasil *network* yang ditampilkan.
5. Memungkinkan untuk dicapainya hasil proyek yang ekonomis terhadap biaya langsung dan penggunaan sumber daya.
6. Membantu menyelesaikan tututan yang diakibatkan keterlambatan suatu kegiatan seperti membantu menentukan pembayaran kemajuan pekerjaan, menganalisis *cashflow*, dan pengendalian biaya proyek.
7. Memiliki kemampuan menganalisis untuk mengubah sebagian perencanaan kegiatan, kemudian dapat diamati dampak yang timbul terhadap keseluruhan proyek.

Tata cara pembuatan *network planning* menurut Soeharto (1999) adalah sebagai berikut.

1. Mengkaji dan mengidentifikasi lingkup proyek, menguraikan menjadi kegiatan-kegiatan atau sekelompok kegiatan yang terdapat pada proyek.
2. Menyusun rangkaian kegiatan-kegiatan proyek menjadi hubungan yang saling terikat dengan urutan yang sesuai dengan logika ketergantungan antarkegiatan. Urutan kegiatan dapat disusun secara seri dan/atau parallel.
3. Memberikan perkiraan durasi bagi setiap kegiatan proyek yang telah diuraikan sebelumnya. Penentuan perkiraan waktu dapat menggunakan metode deterministik ataupun probabilistik.

4. Mengidentifikasi jalur kritis dan *float* pada jaringan kerja. Jalur kritis yang dimaksud merupakan rangkaian kegiatan yang apabila terlambat maka akan menyebabkan keterlambatan keseluruhan proyek. Sedangkan *float* merupakan waktu tenggang pada suatu kegiatan nonkritis.
5. Meningkatkan daya guna dan hasil guna sumber daya dengan menentukan jadwal paling ekonomis, meminimalkan fluktuasi pemakaian sumber daya, dan lain sebagainya.

Ringkasan tata cara pembuatan *network planning* atau jaringan kerja menurut Soeharto (1999) dapat dilihat pada Gambar 3.4 sebagai berikut.



Gambar 3.4 Ringkasan Penyusunan Jaringan Kerja

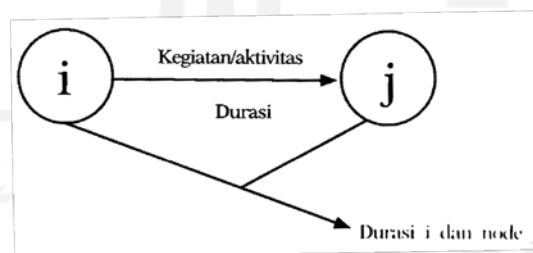
(Sumber: Soeharto, 1999)

Pembuatan *network planning* atau jaringan kerja dapat menggunakan beberapa metode yang berbeda. Penjelasan mengenai metode-metode *network planning* adalah sebagai berikut.

1. *Critical Path Method* (CPM)

Menurut Husen (2009), *Critical Path Method* atau metode jalur kritis merupakan diagram *network* yang dibuat dengan menggunakan anak panah untuk menggambarkan kegiatan dan *node* untuk menggambarkan peristiwa. Jalur kritis yang dimaksud adalah rangkaian kegiatan kritis dari kegiatan pertama sampai kegiatan terakhir proyek dengan total jumlah waktu terlama dan menampilkan durasi penyelesaian proyek yang tercepat. Apabila kegiatan pada jalur kritis terjadi keterlambatan pelaksanaan maka dapat mengakibatkan keterlambatan bagi keseluruhan proyek.

Metode CPM juga dapat disebut sebagai metode *Activity On Arrow* (AOA) dan biasanya digunakan pada proyek yang memiliki kegiatan yang saling ketergantungan. Menurut Widiyanti dan Lenggogeni (2013) pada metode AOA, anak panah mewakili kegiatan proyek dan lingkaran atau *node* mewakili kejadian atau *event*, dimana *node* pada bagian awal anak panah disebut *node-I* dan *node* pada bagian akhir anak panah disebut *node-J*. *Node-J* juga dapat menjadi *node-I* pada kegiatan berikutnya karena pada dasarnya metode ini menghubungkan *node* dari seluruh kegiatan proyek. Ilustrasi sederhana tentang bentuk AOA dapat dilihat pada Gambar 3.5 sebagai berikut.



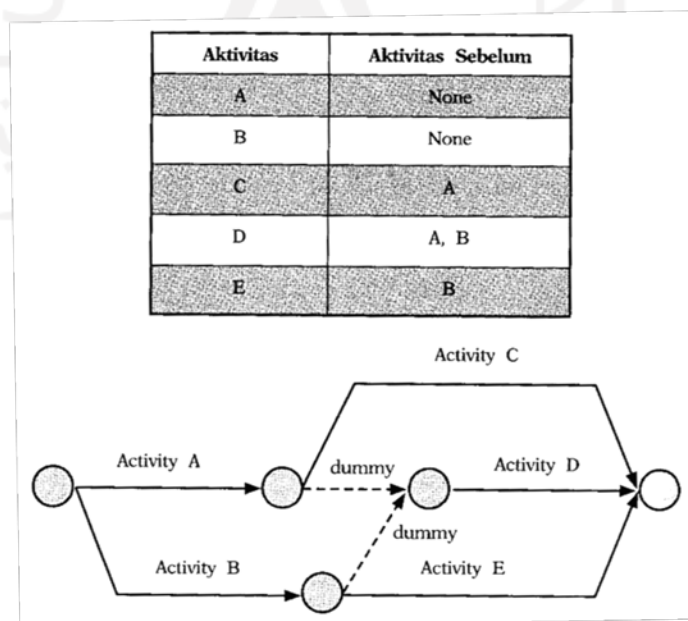
Gambar 3.5 Arrow and Node I-J
(Sumber: Widiyanti dan Lenggogeni, 2013)

Terdapat beberapa istilah yang digunakan pada metode CPM menurut Widiyanti dan Lenggogeni (2013) adalah sebagai berikut.

- a. Aktivitas atau kegiatan merupakan bagian yang harus dilaksanakan untuk mencapai tujuan proyek, digambarkan dengan anak panah.
- b. *Event* atau peristiwa adalah waktu suatu aktivitas diselesaikan ataupun waktu aktivitas-aktivitas seluruhnya selesai.

- c. Aktivitas dummy merupakan aktivitas buatan yang tidak memiliki durasi, berfungsi untuk membantu menggambarkan hubungan logis antara suatu kegiatan dengan kegiatan yang lain.

Pada penjadwalan metode CPM dapat digunakan bantuan aktivitas *dummy* agar hubungan logis antarkegiatan dapat lebih jelas dan memastikan bahwa setiap kegiatan memiliki nomor *node*. Menurut Widiyanti dan Lenggogeni (2013) aktivitas *dummy* tidak memiliki durasi dan tidak memiliki ketergantungan dengan kegiatan lain, serta digambarkan dengan anak panah dan garis putus-putus. Aktivitas *dummy* dapat diketahui kebutuhannya dengan cara melihat daftar kegiatan dan meninjau kegiatan-kegiatan yang terbagi dari kegiatan sebelumnya, seperti kegiatan yang tidak tergambar dengan jelas hubungan logisnya dengan kegiatan lain dan kegiatan-kegiatan yang memiliki nomor *node* yang sama sehingga kegiatan tersebut dapat memiliki nomor *node* yang berbeda. Akhir dan mulainya suatu kegiatan tidak dapat tumpang tindih dengan kegiatan lainnya, dan apabila hal tersebut terjadi maka harus dipisahkan agar dapat tergambar kejadian yang jelas pada *network planning* tersebut. Contoh penggunaan *dummy* pada *network planning* metode CPM dapat dilihat pada Gambar 3.6 sebagai berikut.



Gambar 3.6 Contoh Penggunaan *Dummy* pada Metode CPM

(Sumber: Widiasanti dan Lenggogeni, 2013)

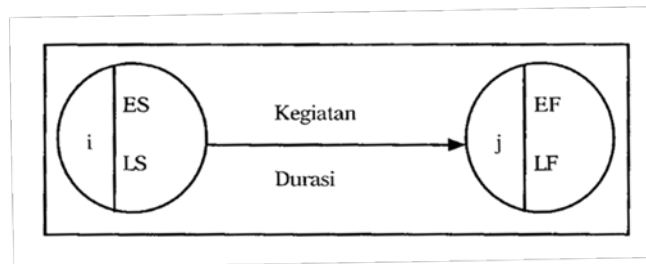
Dalam perencanaan penjadwalan metode CPM, terdapat terminologi dan perhitungan untuk mengidentifikasi jalur kritis kegiatan proyek. Penjelasan terkait terminologi dan perhitungan metode CPM adalah sebagai berikut.

a. Terminologi

Beberapa terminologi yang digunakan dalam metode CPM menurut Soeharto (1999) adalah sebagai berikut.

- 1) TE atau E, merupakan waktu paling awal suatu kegiatan dapat terjadi (*Earliest Time of Occurance*) karena suatu kegiatan dapat dimulai apabila kegiatan sebelumnya sudah terselesaikan.
- 2) TL atau L, merupakan waktu paling lambat n yang masih diperbolehkan bagi suatu peristiwa terjadi (*Latest Allowable Event/Occurance Time*).
- 3) ES merupakan waktu paling awal ketika suatu kegiatan dinyatakan dimulai (*Earliest Start Time*).
- 4) EF merupakan waktu selesai kegiatan paling awal (*Earliest Finish Time*). Apabila kegiatan terdahulu hanya ada satu, maka EF kegiatan terdahulu merupakan ES kegiatan berikutnya.
- 5) LS merupakan waktu paling akhir suatu kegiatan boleh dimulai tanpa adanya perlambatan proyek secara keseluruhan (*Latest Allowable Start Time*).
- 6) LF merupakan waktu paling akhir suatu kegiatan boleh selesai tanpa adanya perlambatan proyek secara keseluruhan (*Latest Allowable Finish Time*).
- 7) D merupakan durasi atau kurun waktu suatu kegiatan dilaksanakan, menggunakan satuan waktu seperti hari, minggu, bulan, dan sebagainya.

Penempatan istilah atau terminologi pada potongan penjadwalan *network planning* metode CPM dapat dilihat pada Gambar 3.7 sebagai berikut.



Gambar 3.7 Penempatan ES, EF, LS, dan LF pada Metode CPM

(Sumber: Wideasanti dan Lenggogeni, 2013)

b. Perhitungan Maju

Perhitungan maju merupakan salah satu cara mengidentifikasi jalur kritis pada jaringan kerja metode CPM. Berikut merupakan kaidah dan aturan dalam perhitungan maju menurut Soeharto (1999).

- 1) Suatu kegiatan baru dapat dimulai apabila kegiatan sebelumnya (*predecessor*) telah selesai, terkecuali untuk kegiatan awal. Peristiwa (*node*) pertama menandakan dimulainya proyek yang berarti waktu paling awal peristiwa terjadi sama dengan 0.
- 2) Waktu selesai paling awal kegiatan sama dengan waktu mulai paling awal ditambah dengan kurun waktu atau durasi kegiatan tersebut seperti pada Persamaan 3.1.

$$EF(i-j) = ES(i-j) + D(i-j) \quad (3.1)$$

Dimana:

$EF(i-j)$: waktu selesai paling awal kegiatan (i-j)

$ES(i-j)$: waktu mulai paling awal kegiatan (i-j)

$D(i-j)$: kurun waktu atau durasi kegiatan (i-j)

- 3) Apabila suatu kegiatan memiliki dua atau lebih kegiatan terdahulu, maka nilai waktu mulai paling awal kegiatan tersebut sama dengan waktu selesai paling awal yang memiliki nilai terbesar dari kegiatan terdahulu.

c. Perhitungan Mundur

Perhitungan mundur berfungsi untuk mengetahui apakah waktu paling akhir kegiatan proyek untuk dapat memulai dan mengakhiri masing-masing

kegiatan tanpa menunda durasi penyelesaian keseluruhan proyek, yang telah dihasilkan dari perhitungan maju sebelumnya. Hitungan mundur dimulai dari hari terakhir penyelesaian proyek pada jaringan kerja. Berikut merupakan kaidah dan aturan dalam perhitungan mundur menurut Soeharto (1999).

- 1) Waktu mulai paling akhir kegiatan sama dengan waktu selesai paling akhir dikurangi kurun waktu atau durasi kegiatan yang bersangkutan, seperti pada Persamaan 3.2.

$$LS(i-j) = LF(i-j) - D(i-j) \quad (3.2)$$

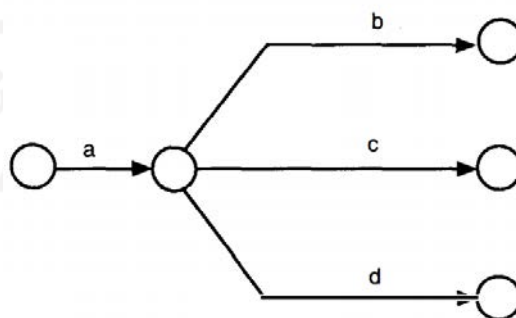
Dimana:

$LS(i-j)$: waktu mulai paling akhir kegiatan (i-j)

$LF(i-j)$: waktu selesai paling akhir kegiatan (i-j)

$D(i-j)$: kurun waktu atau durasi kegiatan (i-j)

- 2) Apabila suatu kegiatan memiliki dua atau lebih kegiatan berikutnya (*successor*) seperti pada Gambar 3.8, maka nilai waktu selesai paling akhir kegiatan tersebut sama dengan waktu mulai paling akhir dengan nilai terkecil pada kegiatan berikutnya.



Gambar 3.8 Contoh Kondisi Kegiatan dengan *Successor* Beragam

(Sumber: Soeharto, 1999)

Setelah dilakukan perhitungan maju dan perhitungan mundur akan terlihat jalur kritis dengan kriteria sebagai berikut.

- a. Pada kegiatan pertama memiliki nilai $ES=LS=0$.

- b. Pada kegiatan terakhir atau terminal memiliki nilai $LF=EF$.
- c. Pada kegiatan yang berada di jalur kritis nilai float total $TF=0$.

Menurut Callahan (1992) dalam Widiyanti dan Lenggogeni (2013), *float* merupakan perhitungan yang dapat memperlihatkan fleksibilitas suatu kegiatan untuk memulai dan menyelesaikan kegiatan lebih lambat meskipun tetap dalam waktu yang diizinkan tanpa menbah durasi waktu proyek. *Float* terdiri dari *Total Float* (TF), *Free Float* (FF), *Interferrent Float* (IF), dan *Independent Float* (Fid).

a. *Total Float* (TF)

Total float menunjukkan jumlah waktu yang diperbolehkan untuk menunda suatu kegiatan, tanpa mempengaruhi jadwal penyelesaian keseluruhan proyek. Jumlah waktu tersebut didapat dengan mengasumsikan semua kegiatan terdahulu dimulai sesegara mungkin sedangkan semua kegiatan berikutnya dimulai selambat mungkin. *Total float* dimiliki oleh seluruh kegiatan yang berada dalam suatu jalur yang bersangkutan. Apabila suatu kegiatan telah menggunakan sebagian waktu *total float* maka *total float* yang tersedia untuk kegiatan-kegiatan lain yang berada dalam satu jalur harus dikurangi dengan bagian waktu yang telah digunakan tersebut (Soeharto, 1999).

Perhitungan *total float* dapat menggunakan kaidah menurut Soeharto (1999) adalah sebagai berikut.

- 1) *Float total* sama dengan waktu selesai paling akhir dikurangi waktu selesai paling awal, atau waktu mulai paling akhir dikurangi waktu mulai paling awal dari suatu kegiatan proyek seperti pada Persamaan 3.3.

$$TF = LF - EF = LS - ES \quad (3.3)$$

Dimana:

TF : *total float*

LF : waktu selesai paling akhir suatu kegiatan

EF : waktu selesai paling awal suatu kegiatan

LS : waktu mulai paling akhir suatu kegiatan

ES : waktu mulai paling awal suatu kegiatan

- 2) Float total sama dengan waktu paling akhir terjadinya *node* berikutnya dikurangi waktu paling awal terjadinya *node* terdahulu dikurangi durasi kegiatan yang bersangkutan seperti pada Persamaan 3.4.

$$TF = L(j) - E(i) - D(i-j) \quad (3.4)$$

Dimana:

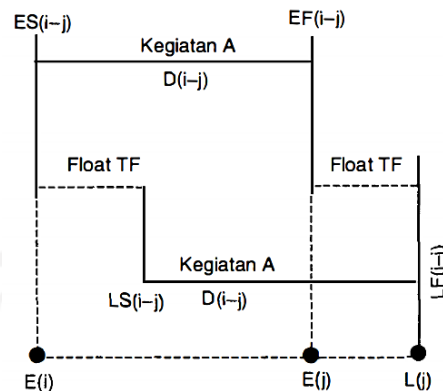
TF : *total float*

L(j) : waktu paling akhir terjadinya *node* j

E(i) : waktu paling awal terjadinya *node* i

D(i-j) : durasi atau kurun waktu kegiatan i-j

Gambaran posisi dan hubungan *total float* dengan waktu mulai, waktu selesai, serta durasi dari suatu kegiatan proyek dapat dilihat pada Gambar 3.9 sebagai berikut.



Gambar 3.9 Posisi dan Hubungan *Total Float* dengan ES, LS, EF, LF, serta Durasi Kegiatan

(Sumber: Soeharto, 1999)

b. *Free Float* (FF)

Free float merupakan jumlah waktu penyelesaian kegiatan tersebut dapat ditunda tanpa mempengaruhi waktu mulai paling awal dari kegiatan berikutnya maupun semua kegiatan yang lain dalam jaringan kerja. *Free float* atau float bebas dapat terjadi bila semua kegiatan pada suatu jalur

dimulai seawal mungkin. Float bebas dimiliki satu kegiatan tertentu dan berbeda dengan float total yang dimiliki oleh kegiatan-kegiatan yang berada di jalur yang bersangkutan (Soeharto, 1999).

Perhitungan *free float* memiliki kaidah yaitu *free float* sama dengan waktu mulai paling awal dari kegiatan berikutnya dikurangi waktu selesai paling awal kegiatan tersebut atau seperti Persamaan 3.5.

$$FF_{(1-2)} = ES_{(2-3)} - EF_{(1-2)} \quad (3.5)$$

Dimana:

$FF_{(1-2)}$: *free float* kegiatan (1-2)

$ES_{(2-3)}$: waktu mulai paling awal kegiatan (2-3)

$EF_{(1-2)}$: waktu selesai paling awal kegiatan (1-2)

c. *Interferent Float* (IF)

Interferent float yang digunakan sebagian oleh suatu kegiatan, dapat menyebabkan kegiatan nonkritis berikutnya pada jalur tersebut perlu dijadwalkan kembali namun tidak mempengaruhi waktu penyelesaian keseluruhan proyek.

Interferent float dapat dinyatakan sebagai selisih antara float total dan float bebas atau seperti pada Persamaan 3.6.

$$IF = TF - FF \quad (3.6)$$

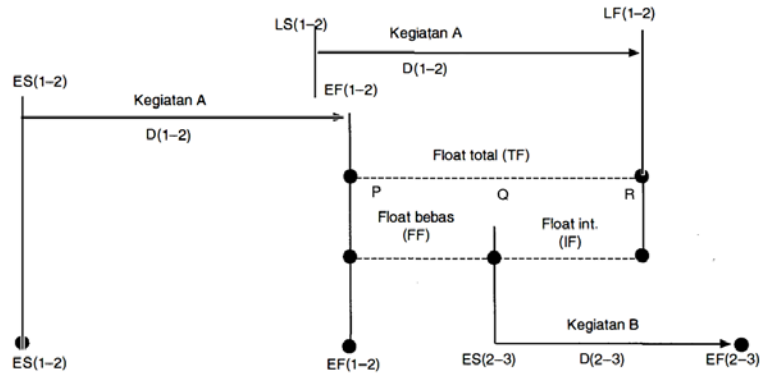
Dimana:

IF : *interferent float* suatu kegiatan

TF : *total float* suatu kegiatan

FF : *free float* suatu kegiatan

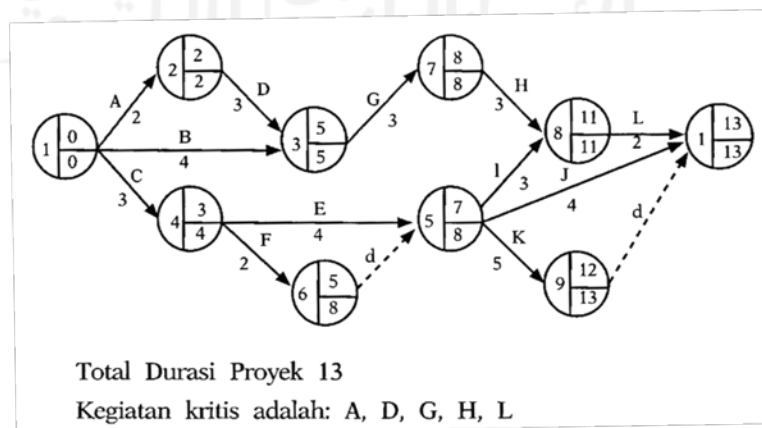
Hubungan antara *interferent float*, *total float*, dan *free float* dapat dilihat pada Gambar 3.10 sebagai berikut.



Gambar 3.10 Hubungan Interferent Float, Total Float, dan Free Float
(Sumber: Soeharto, 1999)

d. *Independent Float (IFd)*

Menurut Soeharto (1999) *independent float* dapat mengidentifikasi suatu kegiatan yang meskipun mengalami keterlambatan, kegiatan tersebut tidak mempengaruhi float total dari kegiatan sebelum maupun sesudahnya. *Independent float* merupakan selisih waktu *predecessor* selesai paling akhir dan *successor* mulai paling awal dan selisih tersebut melebihi durasi kegiatan tersebut. Besarnya *independent float* sama dengan waktu mulai paling awal kegiatan berikutnya dikurangi dengan waktu selesai paling akhir kegiatan sebelumnya dikurangi dengan kurun waktu atau durasi tersebut. Contoh penggunaan metode CPM pada *network planning* atau jaringan kerja dapat dilihat pada Gambar 3.11 sebagai berikut.



Gambar 3.11 Contoh Jaringan Kerja dengan Metode CPM
(Sumber: Widiasanti dan Lenggogeni, 2013)

2. *Preseden Diagram Method (PDM)*

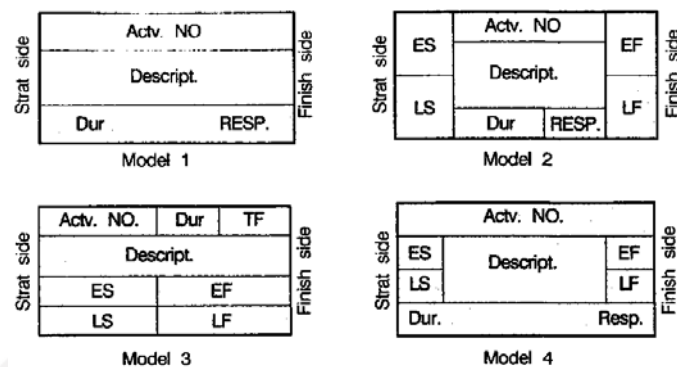
Preseden Diagram Method merupakan jaringan kerja berbentuk *activity on node* (AON) yang biasanya berbentuk segi empat dengan anak panah sebagai gambaran hubungan logis antarkegiatan proyek. Pada metode PDM tidak dibutuhkan *dummy* karena semua kegiatan digambarkan melalui *node* dan dihubungkan dengan anak panah.

Pada metode CPM memiliki aturan dasar bahwa suatu kegiatan dapat dimulai apabila kegiatan sebelumnya (*predecessor*) telah selesai. Untuk proyek dengan kegiatan berulang dan tumpang tindih, metode CPM dirasa kurang tepat karena akan membutuhkan banyak *dummy* untuk menggambarkan kegiatan yang berulang. Karena banyaknya *dummy* yang digunakan, penjadwalan metode CPM akan menjadi kompleks dan kurang efektif dalam menyajikan informasi apabila digunakan pada proyek dengan kegiatan berulang. Metode PDM ini sering digunakan pada proyek tersebut seperti proyek jalan raya, proyek pemasangan pipa, proyek gedung bertingkat, dan lain lain.

Kegiatan dan peristiwa pada metode PDM digambarkan dalam *node* berbentuk kotak segi empat. Peristiwa yang dimaksud merupakan ujung-ujung kegiatan dan setiap *node* memiliki dua peristiwa yaitu awal dan akhir. Ruang dalam *node* terdiri dari bagian-bagian kecil yang dapat diisi dengan informasi spesifik mengenai kegiatan dan peristiwa tersebut yang biasa disebut *atribut* (Soeharto, 1999). Tata letak dan isi *atribut* dapat diatur sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan dalam penyajian informasi penjadwalan. Menurut Widiyasanti dan Lenggogeni (2013), *atribut* yang dicantumkan dalam *node* metode PDM adalah sebagai berikut.

- a. Nomor atau nama kegiatan
- b. Deskripsi kegiatan
- c. Durasi kegiatan
- d. Waktu mulai dan selesainya kegiatan (ES, LS, EF, LF)
- e. Float yang terjadi.

Contoh bentuk dan model *node* metode PDM dapat dilihat pada Gambar 3.12 sebagai berikut.



Gambar 3.12 Contoh Bentuk dan Model *Node* PDM

(Sumber: Callahan, 1992 dalam Widiyanti dan Lenggogeni, 2013)

Anak panah pada metode PDM hanya menunjukkan hubungan yang terjadi antarkegiatan pada jaringan kerja. Karena hubungan antarkegiatan pada metode PDM tidak terbatas seperti pada metode CPM, hubungan tersebut telah berkembang menjadi beberapa kemungkinan. Menurut Soeharto (1999), konstrain menunjukkan hubungan antarkegiatan dengan satu garis dari *node* terdahulu ke *node* berikutnya dan hanya dapat menghubungkan dua *node*. Penjelasan mengenai beberapa kemungkinan konstrain atau hubungan logis antarkegiatan menurut Soeharto (1999) adalah sebagai berikut.

a. Hubungan *Finish to Start* (FS)

Finish to start menggambarkan hubungan antara selesainya suatu kegiatan dengan mulainya kegiatan berikutnya. FS(i-j) dapat berarti kegiatan berikutnya (j) dimulai pada suatu hari (a) setelah kegiatan sebelumnya (i) selesai. Nilai a dapat disebut *lag* atau waktu tunda. Besaran nilai a diusahakan sama dengan nol terkecuali apabila suatu kegiatan membutuhkan waktu lebih sebelum memulai kegiatan berikutnya. *Lag* dapat terjadi akibat cuaca ekstrim yang tidak memungkinkan untuk melanjutkan pekerjaan atau waktu *curing* beton setelah pengecoran. Hubungan FS dapat dijumpai juga pada metode CPM yang memiliki aturan dasar bahwa suatu kegiatan dapat dimulai apabila *predecessor* telah selesai.

b. Hubungan *Start to Start* (SS)

Start to start menggambarkan hubungan antara mulainya suatu kegiatan dengan mulainya kegiatan setelahnya. $SS(i-j)$ memiliki arti suatu kegiatan (j) dimulai setelah suatu hari (b) kegiatan sebelumnya (i) dimulai. Nilai b dapat disebut juga *lead* atau waktu mendahului dan besarnya tidak boleh melebihi kurun waktu kegiatan terdahulu. Hubungan SS dapat terjadi ketika kegiatan terdahulu (i) belum mencapai 100% penyelesaiannya namun kegiatan berikutnya (j) dapat dimulai. Pada hubungan ini akan terjadi kegiatan yang tumpang tindih.

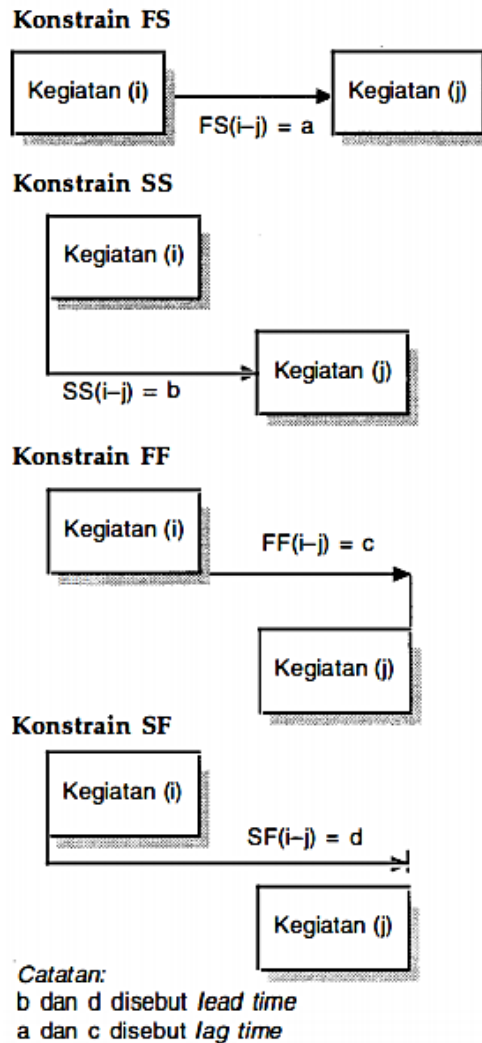
c. Hubungan *Finish to Finish* (FF)

Finish to finish menggambarkan hubungan antara selesainya kegiatan terdahulu dengan selesainya kegiatan tersebut. $FF(i-j)$ dapat berarti suatu kegiatan (j) dapat selesai setelah suatu hari (c) dari kegiatan terdahulu (i) selesai. Nilai c merupakan waktu penundaan selesainya suatu kegiatan (j) setelah kegiatan terdahulunya (i) selesai dan besarnya nilai c tidak boleh melebihi durasi kegiatan tersebut (j). Dalam hubungan ini, waktu mulai kegiatan (j) dibebaskan dan hanya mengatur waktu selesainya kegiatan terhadap kegiatan sebelumnya (i). Apabila kegiatan terdahulu (i) mengalami keterlambatan penyelesaian, maka kegiatan tersebut (j) juga mengalami keterlambatan.

d. Hubungan *Start to Finish* (SF)

Start to finish menggambarkan hubungan anatara selesainya kegiatan dengan mulainya kegiatan terdahulu. $SF(i-j)$ dapat berarti suatu kegiatan (j) dapat selesai setelah (d) hari kegiatan terdahulu (i) dimulai. Sebagian pekerjaan pada kegiatan terdahulu (i) harus tercapai sebelum kegiatan (j) dapat diselesaikan.

Ilustrasi hubungan-hubungan antarkegiatan yang dapat terjadi pada penjadwalan metode PDM dapat dilihat pada Gambar 3.13 sebagai berikut.



Gambar 3.13 Hubungan Antarkegiatan pada Metode PDM

(Sumber: Soeharto, 1999)

Pada metode PDM juga dilakukan identifikasi terhadap jalur kritis. Bertambahnya parameter pada metode ini menjadikan perhitungan untuk mengidentifikasi jalur kritis semakin kompleks dan mempertimbangkan banyak faktor. Perhitungan yang perlu dilakukan serupa dengan perhitungan pada metode CPM namun juga perlu diperhatikan hubungan yang terjadi antarkegiatan. Perhitungan untuk mengidentifikasi jalur kritis pada metode PDM menurut Soeharto (1999) adalah sebagai berikut.

a. Perhitungan Maju

Perhitungan maju memiliki tujuan untuk menghasilkan waktu mulai paling awal (ES), waktu selesai paling awal (EF) dan kurun waktu penyelesaian keseluruhan proyek. Terdapat beberapa ketentuan pada perhitungan maju adalah sebagai berikut.

- 1) Waktu mulai paling awal (ES) untuk kegiatan pertama sama dengan nol.
- 2) Nilai ES diambil nilai terbesar apabila terdapat lebih dari satu kegiatan bergabung.
- 3) Waktu mulai paling awal dari kegiatan yang ditinjau $ES(j)$ sama dengan nilai terbesar dari waktu mulai paling awal kegiatan terdahulu $ES(i)$ atau waktu selesai paling awal kegiatan terdahulu $EF(i)$ ditambah dengan konstrain atau hubungan yang terjadi. Nilai $ES(j)$ merupakan nilai terbesar dari hasil perhitungan berdasarkan Persamaan 3.7, Persamaan 3.8, Persamaan 3.9, dan Persamaan 3.10 berikut.

$$ES(j) = ES(i) + SS(i-j) \quad (3.7)$$

$$ES(j) = ES(i) + SF(i-j) - D(j) \quad (3.8)$$

$$ES(j) = EF(i) + FS(i-j) \quad (3.9)$$

$$ES(j) = EF(i) + FF(i-j) - D(j) \quad (3.10)$$

Dimana:

$ES(j)$: waktu mulai paling awal dari kegiatan yang ditinjau

$ES(i)$: waktu mulai paling awal dari kegiatan terdahulu

$EF(i)$: waktu selesai paling awal dari kegiatan terdahulu

$SS(i-j)$: konstrain *start to start*

$SF(i-j)$: konstrain *start to finish*

$FS(i-j)$: konstrain *finish to start*

$FF(i-j)$: konstrain *finish to finish*

$D(j)$: kurun waktu atau durasi kegiatan yang ditinjau

- 4) Waktu selesai paling awal kegiatan yang ditinjau $EF(j)$ sama dengan nilai waktu mulai paling awal kegiatan yang ditinjau $ES(j)$ ditambah dengan durasi kegiatan tersebut $D(j)$ atau seperti Persamaan 3.11.

$$EF(j) = ES(j) + D(j) \quad (3.11)$$

Dimana:

$EF(j)$: waktu selesai paling awal dari kegiatan yang ditinjau

$ES(j)$: waktu mulai paling awal dari kegiatan yang ditinjau

$D(j)$: kurun waktu atau durasi kegiatan yang ditinjau

b. Perhitungan Mundur

Perhitungan mundur berfungsi untuk menentukan waktu mulai paling akhir (LS), waktu selesai paling akhir (LF) dan *float* yang terjadi. Terdapat beberapa ketentuan pada perhitungan mundur adalah sebagai berikut.

- 1) Nilai LF diambil nilai terkecil apabila terdapat lebih dari satu kegiatan bergabung.
- 2) Waktu selesai paling akhir dari kegiatan yang ditinjau $LF(i)$ sama dengan nilai terkecil dari waktu mulai paling akhir kegiatan berikutnya $LS(i)$ atau waktu selesai paling akhir kegiatan berikutnya $LF(i)$ ditambah dengan konstrain atau hubungan yang terjadi. Atau nilai $LF(i)$ merupakan nilai terkecil dari hasil perhitungan berdasarkan Persamaan 3.12, Persamaan 3.13, Persamaan 3.14, dan Persamaan 3.15 berikut.

$$LF(i) = LF(j) - FF(i-j) \quad (3.12)$$

$$LF(i) = LS(j) - FS(i-j) \quad (3.13)$$

$$LF(i) = LF(j) - SF(i-j) + D(i) \quad (3.14)$$

$$LF(i) = LS(j) - SS(i-j) + D(j) \quad (3.15)$$

Dimana:

$LF(i)$: waktu selesai paling akhir dari kegiatan yang ditinjau

$LS(j)$: waktu mulai paling akhir dari kegiatan berikutnya

$LF(j)$: waktu selesai paling akhir dari kegiatan berikutnya

- 3) Waktu mulai paling akhir kegiatan yang ditinjau $LS(i)$ sama dengan nilai waktu selesai paling akhir kegiatan yang ditinjau $LF(i)$ dikurangi dengan durasi kegiatan tersebut $D(i)$ atau seperti Persamaan 3.16.

$$LS(i) = LF(i) - D(i) \quad (3.16)$$

Dimana:

$LS(i)$: waktu mulai paling akhir dari kegiatan yang ditinjau

$LF(i)$: waktu selesai paling akhir dari kegiatan yang ditinjau

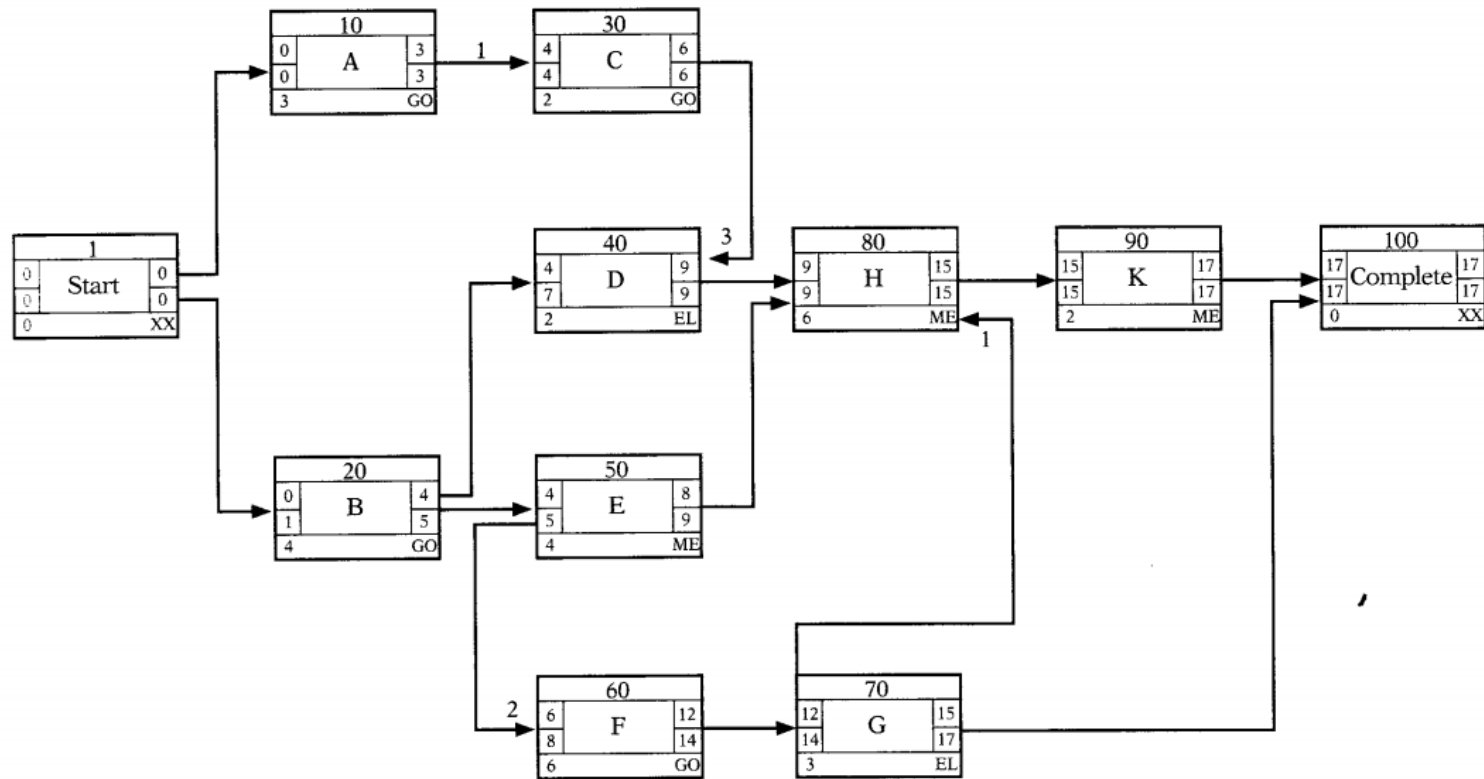
$D(i)$: kurun waktu atau durasi kegiatan yang ditinjau

c. Menentukan jalur dan kegiatan kritis

Sama dengan metode CPM, jalur dan kegiatan kritis memiliki kriteria dan sifat sebagai berikut.

- 1) Waktu mulai paling awal (ES) sama dengan waktu mulai paling akhir (LS).
- 2) Waktu selesai paling awal (EF) sama dengan waktu selesai paling akhir (LF).
- 3) Kurun waktu kegiatan sama dengan waktu selesai paling awal dikurangi dengan waktu mulai paling awal.

Contoh penggunaan metode *Perseden Diagram Method* (PDM) dapat dilihat pada Gambar 3.14 sebagai berikut.



Gambar 3.14 Contoh Penjadwalan dengan Metode PDM
 (Sumber: Callahan, 1992 dalam Widiyanti dan Lenggogeni, 2013)

3. *Project Evaluation and Review Technique* (PERT)

Metode *Project Evaluation and Review Technique* ditujukan untuk meningkatkan kualitas perencanaan dan pengendalian dari metode yang lain pada proyek besar dan kompleks. Metode PERT digunakan untuk merekayasa kurun waktu pada keadaan yang mengalami ketidakpastian yang tinggi. Metode PERT menganggap bahwa kurun waktu atau durasi kegiatan dapat dipengaruhi oleh banyak faktor yang kemudian perencanaan kurun waktu diberi rentang dengan menggunakan tiga angka estimasi yang bersifat probabilistik. Selain itu, metode PERT dapat mengukur pendekatan ketidakpastian yang terjadi menggunakan deviasi standar dan varians secara kuantitatif. Menurut Soeharto (1999) metode PERT lebih berorientasi pada peristiwa (*event oriented*) sedangkan pada metode CPM lebih berorientasi pada kegiatan (*activity oriented*).

Konsep dasar metode PERT adalah suatu program dibagi menjadi tugas-tugas yang memiliki masing-masing ciri khas, terperinci, terjadwal, dan kemudian disusun dalam suatu jaringan kerja. Setiap masing-masing kegiatan atau tugas diberi variabel-variabel penting yaitu waktu, sumber daya, dan metode teknik pelaksanaan. Setelah itu diadakan pelaporan yang sistematis untuk pengkajian secara menerus terhadap program atau proyek yang dilaksanakan (Hajek, 1994).

Pengertian maupun perhitungan jalur kritis, kegiatan kritis, dan *float* pada metode PERT sama dengan metode CPM dan PDM, namun pada metode ini *float* disebut dengan *slack*. Penentuan kurun waktu menggunakan tiga angka estimasi adalah kurun waktu optimistik, kurun waktu paling mungkin, dan kurun waktu pesimistik dengan penjelasan sebagai berikut.

a. Kurun Waktu Optimistik (*a*)

Optimistic duration time adalah kurun waktu tersingkat untuk dapat menyelesaikan kegiatan dengan keadaan lingkungan yang mendukung serta tidak adanya hambatan yang terjadi. Kemungkinan kurun waktu ini dianggap dapat terjadi hanya satu kali dalam seratus kali bila kegiatan tersebut dilakukan berulang dalam kondisi yang hampir sama.

b. Kurun Waktu Paling Mungkin (m)

Most likely time adalah kurun waktu yang paling sering terjadi pada suatu kegiatan yang dilakukan berulang-ulang dengan kondisi yang hampir sama dibandingkan dengan kurun waktu yang lain.

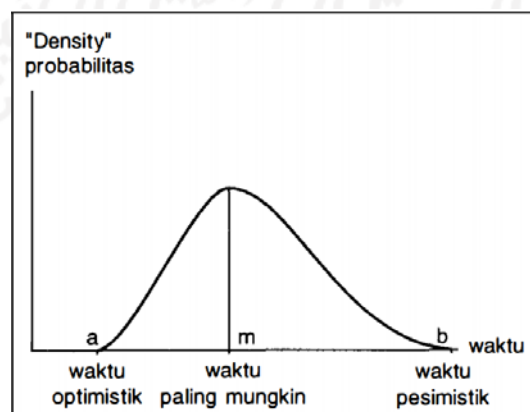
c. Kurun Waktu Pesimistik (b)

Pessimistic duration time adalah kurun waktu terlama untuk dapat menyelesaikan suatu kegiatan dengan segala kondisi yang tidak baik. Kemungkinan kurun waktu ini juga dianggap dapat terjadi hanya satu kali dalam seratus kali bila kegiatan tersebut dilakukan berulang dalam kondisi yang hampir sama.

Teori probabilitas dapat menjelaskan hubungan tiga angka estimasi dan dasar pemikiran pada metode PERT menggunakan kurva distribusi. Menurut Soeharto (1999), teori probabilitas bertujuan untuk mengkaji dan mengukur ketidakpastian (*uncertainty*) dan membuktikan secara kuantitatif.

a. Kurva Distribusi dan Kurun Waktu a , b , dan m

Dengan kurva distribusi yang menggambarkan tiga angka estimasi pada Gambar 3.15 dapat dijelaskan bahwa kurun waktu yang menjadi puncak kurva adalah kurun waktu yang paling sering terjadi (frekuensi terjadinya kurun waktu paling tinggi) atau kurun waktu m . Sedangkan kurun waktu a dan b merupakan batas rentang kurun waktu kegiatan yang dapat terjadi.



Gambar 3.15 Kurva Distribusi Asimetris dengan Kurun Waktu a , b , dan m

(Sumber: Soeharto, 1999)

b. Kurva Dsitribusi dan Kurun Waktu yang Diharapkan (te)

Ketiga angka estimasi kurun waktu kemudian digabungkan menjadi satu angka yaitu kurun waktu yang diharapkan atau te (*expected duration time*). Kurun waktu te merupakan nilai rata-rata bila kegiatan tersebut dikerjakan secara berulang-ulang dalam skala besar. Dalam menghitung kurun waktu te dapat diasumsikan bahwa kemungkinan terjadinya peristiwa kurun waktu a dan b adalah sama, sedangkan peristiwa kurun waktu m peluang terjadinya adalah empat kali lebih besar dari kedua peristiwa kurun waktu tersebut atau dapat dituliskan pada Persamaan 3.17.

$$te = \frac{a+4m+b}{6} \quad (3.17)$$

Dimana:

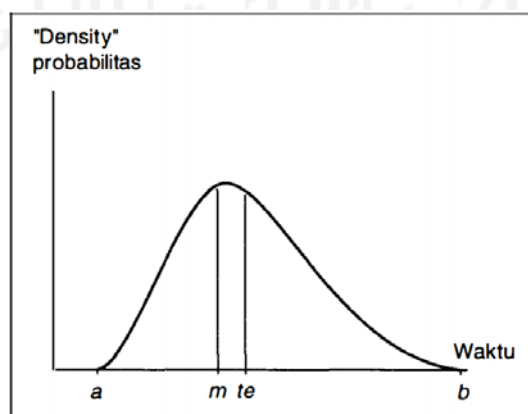
te : kurun waktu kegiatan yang diharapkan

a : kurun waktu optimistik

m : kurun waktu paling mungkin terjadi

b : kurun waktu pesimistik

Konsep kurun waktu te dapat mempermudah perhitungan dalam mengidentifikasi jalur kritis dan *float* karena dapat dijadikan angka deterministik. Hubungan dan letak kurun waktu te dapat terlihat dalam kurva deterministik pada Gambar 3.16 berikut.



Gambar 3.16 Kurva Distribusi dengan Kurun Waktu a , b , m , dan te

(Sumber: Soeharto, 1999)

Identifikasi jalur kritis dan kegiatan kritis dapat menggunakan kurun waktu te , nilai waktu paling awal peristiwa terjadi atau TE (*the earliest time of occurrence*), dan nilai waktu paling akhir peristiwa terjadi atau TL (*the latest time of occurrence*) yang dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.18, Persamaan 3.19, dan Persamaan 3.20.

$$TE(j) = TE(i) + te(i-j) \quad (3.18)$$

$$TL(i) = TL(j) - te(i-j) \quad (3.19)$$

$$Slack = TL - TE \quad (3.20)$$

Dimana:

te : kurun waktu kegiatan yang diharapkan

TE : waktu paling awal peristiwa suatu kegiatan terjadi

TL : waktu paling akhir peristiwa suatu kegiatan terjadi

Slack : *float* pada suatu kegiatan

Kegiatan kritis merupakan kegiatan yang memiliki nilai *slack* sama dengan 0 yang kemudian dapat diketahui jalur kritis yang terjadi. Kemudian, untuk mengukur ketidakpastian yang terdapat pada estimasi kurun waktu metode PERT, dapat dijelaskan oleh parameter deviasi standar dan varians. Ketidakpastian kurun waktu tersebut tergantung dari rentan kurun waktu yang diberikan atau nilai kurun waktu a dan kurun waktu b . Angka deviasi standar adalah $\frac{1}{6}$ dari rentang yang diberikan. Deviasi standar dan varian dapat dihitung dengan Persamaan 3.21 dan Persamaan 3.22 berikut.

$$S = \left(\frac{1}{6}\right) (a - b) \quad (3.21)$$

$$V(te) = S^2 \quad (3.22)$$

Dimana:

S : deviasi standar kegiatan

a : kurun waktu optimistik suatu kegiatan

b : kurun waktu pesimistik suatu kegiatan

$V(te)$: varians kegiatan

Selanjutnya, perhitungan varians titik waktu terjadinya peristiwa baik untuk keseluruhan proyek maupun *milestone* dapat menggunakan kaidah atau ketentuan menurut Soeharto (1999) adalah sebagai berikut.

- a. $V(TE)$ pada saat proyek dimulai sama dengan nol.
- b. $V(TE)$ merupakan varians peristiwa yang terjadi setelah suatu kegiatan terlaksana atau sama dengan $V(TE)$ peristiwa sebelumnya ditambah dengan $V(te)$ kegiatan yang bersangkutan dengan catatan tidak terdapat penggabungan pada rangkaian kegiatan tersebut. Dapat juga dituliskan seperti pada Persamaan 3.23.

$$V(TE_j) = V(TE_i) + V(te)_{i-j} \quad (3.23)$$

Dimana:

$V(TE_j)$: varians suatu peristiwa

$V(TE_i)$: varians peristiwa sebelumnya

$V(te)_{i-j}$: varians kegiatan yang bersangkutan

- c. Apabila terjadi penggabungan kegiatan, maka total $V(TE)$ digunakan hasil perhitungan pada rangkaian dengan kurun waktu terpanjang atau varians terbesar.

Pada pelaksanaan suatu proyek, masing-masing kegiatan sudah memiliki target jadwal ataupun target tanggal penyelesaian yang telah ditentukan. Namun, hal tersebut belum diketahui kemungkinan target dapat terpenuhi atau kepastian tercapainya proyek selesai (*milestone*). Dengan menggunakan waktu yang diharapkan untuk menyelesaikan proyek (TE) dan target $T(d)$ dapat digunakan untuk mengukur ketidakpastian tersebut dalam deviasi z atau seperti pada Persamaan 3.24 berikut.

$$\text{Deviasi } z = \frac{T(d) - TE}{s} \quad (3.24)$$

Dimana:

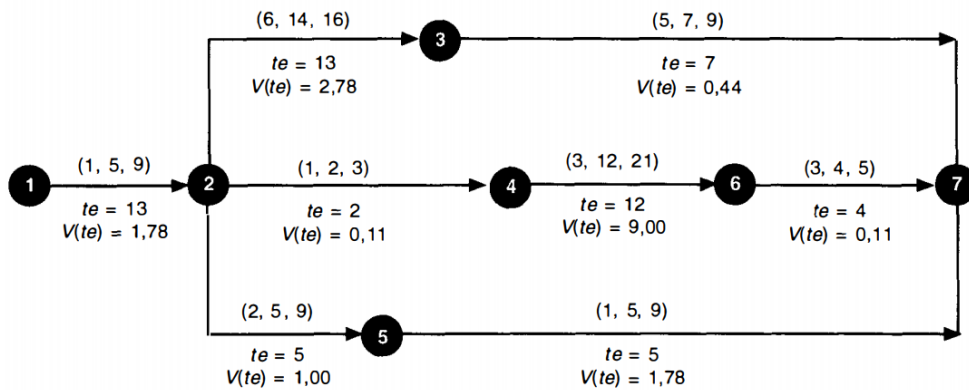
$T(d)$: target tercapainya peristiwa

TE : waktu yang diharapkan terjadinya peristiwa

S : deviasi standar peristiwa atau $S = \sqrt{V(TE)}$

Setelah mendapat nilai angka z , dapat diperoleh angka probabilitas tercapainya target dengan menggunakan Tabel Distribusi Normal Kumulatif Z yang dapat dilihat pada Lampiran 1. Dengan mengetahui seberapa besar probabilitas tercapainya target, diharapkan dapat membantu dalam menentukan persiapan untuk mengelola proyek yang diperlukan.

Contoh penjadwalan menggunakan metode PERT dapat dilihat pada Gambar 3.17 sebagai berikut.



Gambar 3.17 Contoh Penjadwalan dengan Metode PERT

(Sumber: Soeharto, 1999)

3.5 Alat Bantu Penjadwalan Proyek

3.5.1 Pendahuluan

Aplikasi atau *software Microsoft Project* adalah suatu program komputer yang dapat membantu penyusunan dan pemantauan penjadwalan suatu proyek secara terperinci. Dalam fungsinya membantu penyusunan dan pemantauan penjadwalan, aplikasi ini memberikan kemudahan dalam menyimpan, mencatat, dan memasukkan data baik saat penyusunan jadwal maupun pemantauan pencapaian proyek.

Adapun keuntungan lainnya apabila menggunakan *Microsoft Project* sebagai alat bantu penjadwalan adalah sebagai berikut.

1. Penjadwalan dapat dibentuk dengan efektif dan efisien, dapat memasukkan informasi seperti kebutuhan sumber daya di setiap kegiatan ataupun kurun waktu beserta keterangan waktu secara terperinci.
2. Dapat memberikan informasi terkait aliran biaya dalam suatu periode.
3. Apabila perlu dilakukan modifikasi atau perbaikan penjadwalan sangat dipermudah.

3.5.1 Istilah dalam Microsoft Project 2019

Terdapat istilah-istilah yang sering digunakan dalam menjalankan *Microsoft Project* adalah sebagai berikut.

1. *Task* adalah kegiatan atau pekerjaan yang dilakukan dalam proyek.
2. *Duration* adalah kurun waktu untuk dapat menyelesaikan suatu kegiatan, dapat menggunakan satuan seperti jam, hari, minggu, bulan, dan lainnya.
3. *Start* menunjukkan tanggal dimulainya suatu kegiatan.
4. *Finish* menunjukkan tanggal selesainya suatu kegiatan.
5. *Predecessor* adalah hubungan antara kegiatan terdahulu dengan kegiatan tersebut
6. *Resources* adalah sumber daya, baik tenaga kerja ataupun material yang digunakan dalam proyek.
7. *Cost* merupakan biaya yang digunakan untuk melaksanakan proyek.
8. *Gantt chart* merupakan bentuk tampilan hasil penjadwalan *Microsoft Project* dalam bentuk diagram batang horizontal.
9. *Pert Chart* merupakan diagram jaringan pekerjaan dalam bentuk anak panah dan *node* berbentuk segi empat yang memuat informasi seperti nama pekerjaan atau kegiatan, durasi, waktu mulai, serta waktu selesai.
10. *Baseline* merupakan rancangan jadwal dan anggaran tetap proyek.
11. *Tracking* merupakan peninjauan hasil capaian kegiatan proyek di lapangan terhadap rencana dalam *Microsoft Project*.
12. *Milestone* merupakan suatu kejadian pekerjaan dengan nol durasi dan dijadikan sebagai pekerjaan keterangan.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Objek dan Subjek Penelitian

Objek pada penelitian ini adalah pekerjaan struktur pada Proyek Pembangunan Gedung DLC UGM yang berada di Jalan Denta 1, Sekip Utara, Senolowo, Sinduadi, Mlati, Sleman. Sedangkan subjek pada penelitian ini adalah penjadwalan dengan menggunakan kombinasi metode PERT dan PDM.

4.2 Metode Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan untuk mendapatkan informasi dan dokumentasi yang dibutuhkan terkait dengan permasalahan yang akan diteliti. Data yang dibutuhkan berupa data tentang perencanaan penjadwalan pekerjaan struktur pada Proyek Pembangunan Gedung DLC UGM dan data penunjang lainnya yang kemudian akan diolah menggunakan kombinasi metode PERT dan PDM. Data tersebut berupa durasi optimis, durasi pesimis, dan durasi paling mungkin terjadi setiap jenis pekerjaan struktur, serta *time schedule* yang telah direncanakan proyek berupa penjadwalan dengan metode *Barchart* yang dilengkapi dengan Kurva S. Pengambilan data akan dilakukan dengan mewawancarai pihak ahli terkait tiga variabel yang digunakan pada penelitian ini. Pengambilan data juga akan dilakukan dengan mengajukan permohonan kepada PT. PP UGM untuk data-data penunjang lainnya.

4.3 Variabel Penelitian

Variabel pada penelitian ini merupakan durasi pelaksanaan kegiatan sebagai berikut.

1. Durasi optimis (a)

Durasi optimis atau *optimistic duration time* merupakan durasi paling singkat dalam menyelesaikan pekerjaan apabila pekerjaan tersebut berjalan lancar.

2. Durasi pesimis (b)

Durasi pesimis atau *pessimistic duration time* merupakan durasi terlama dalam menyelesaikan pekerjaan apabila pekerjaan tersebut berjalan sangat terhambat.

3. Durasi paling mungkin terjadi (m)

Durasi paling mungkin terjadi atau *most likely time* merupakan durasi yang paling sering terjadi dalam suatu pekerjaan yang dilakukan berulang-ulang dalam kondisi yang hampir sama.

4.4 Jenis Data

Dalam penelitian ini, terdapat dua macam data yang digunakan oleh peneliti yaitu sebagai berikut.

1. Data primer

Data primer didapatkan dengan wawancara pada pihak pelaksana Proyek Pembangunan Gedung DLC UGM. Data tersebut berupa durasi probalistik pelaksanaan kegiatan (durasi optimis, durasi pesimis, dan durasi paling mungkin terjadi). Selain itu, data primer yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah *time schedule* proyek yang akan dibandingkan dengan hasil penjadwalan dengan kombinasi metode PERT dan PDM serta data penunjang yang diberikan oleh PT. PP UGM.

2. Data sekunder

Data sekunder diperoleh dan dikumpulkan dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya untuk menunjang informasi primer yang telah didapatkan. Data sekunder berupa artikel, jurnal, buku cetak, dan sumber referensi lainnya yang berkaitan dan dapat mendukung data primer yang digunakan dalam penelitian ini.

4.5 Teknik Pengolahan Data

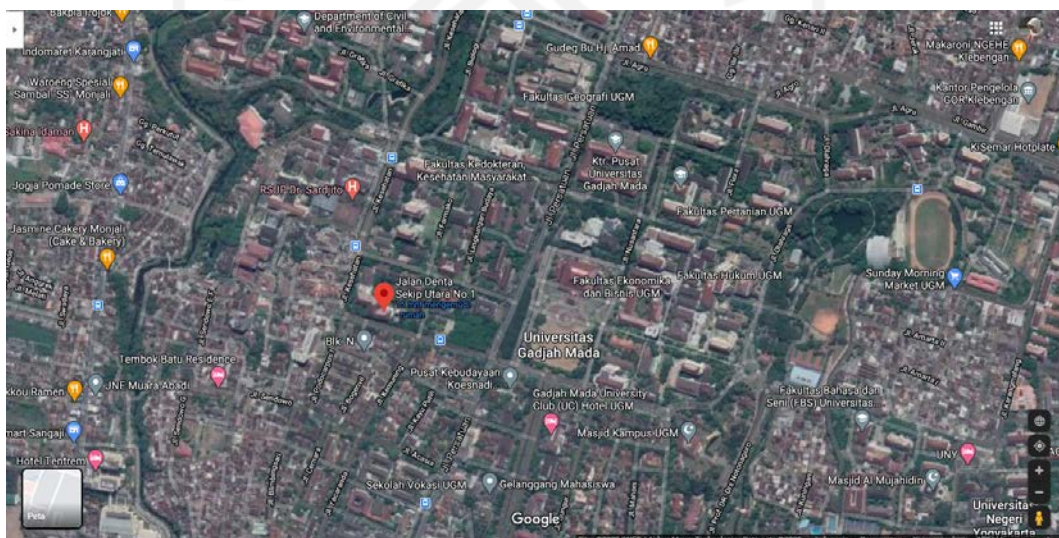
Berdasarkan data primer berupa *time schedule* proyek dan hasil wawancara, uraian pekerjaan struktur disusun dan dihubungkan sesuai hubungan dengan pekerjaan pendahulunya. Kemudian penentuan durasi kegiatan sesuai perhitungan metode PERT (durasi probalistik) untuk setiap uraian pekerjaan struktur dapat dihitung dengan merumuskan ketiga durasi tersebut menjadi durasi yang diharapkan atau *time expected (te)* dengan bantuan *Microsoft Excel*. Durasi *te*

dihitung menggunakan Persaman 3.17 yang kemudian digunakan sebagai durasi setiap uraian pekerjaan pada penyusunan *network diagram* dengan metode PDM (AON) menggunakan *Microsoft Project*. Setelah mendapatkan durasi setiap jenis pekerjaan, *network planning* atau jaringan kerja dapat ditampilkan dalam *software* ini. Selain itu, dapat disesuaikan tanggal mulai dan selesai pekerjaan, waktu kerja, dan waktu libur berdasarkan hasil wawancara dan *time schedule* yang telah diperoleh.

Perhitungan deviasi standar dan varian berdasarkan durasi optimis dan pesimis juga dapat menggunakan *software Microsoft Excel*. Menghitung deviasi standar dapat menggunakan Persamaan 3.21 dan varian menggunakan Persamaan 3.22 untuk setiap jenis pekerjaan. Selanjutnya dapat dianalisis tercapainya target penyelesaian seluruh pekerjaan menggunakan Persamaan 3.23, Persamaan 3.24, dan Tabel Distribusi Normal Kumulatif Z yang menghasilkan kemungkinan atau probabilitas pekerjaan struktur pada Proyek Pembangunan Gedung DLC UGM dapat selesai sesuai target.

4.6 Lokasi Penelitian

Lokasi Proyek Pembangunan Gedung DLC UGM dapat dilihat pada Gambar 4.1 sebagai berikut.



Gambar 4.1 Lokasi Proyek Pembangunan Gedung DLC UGM

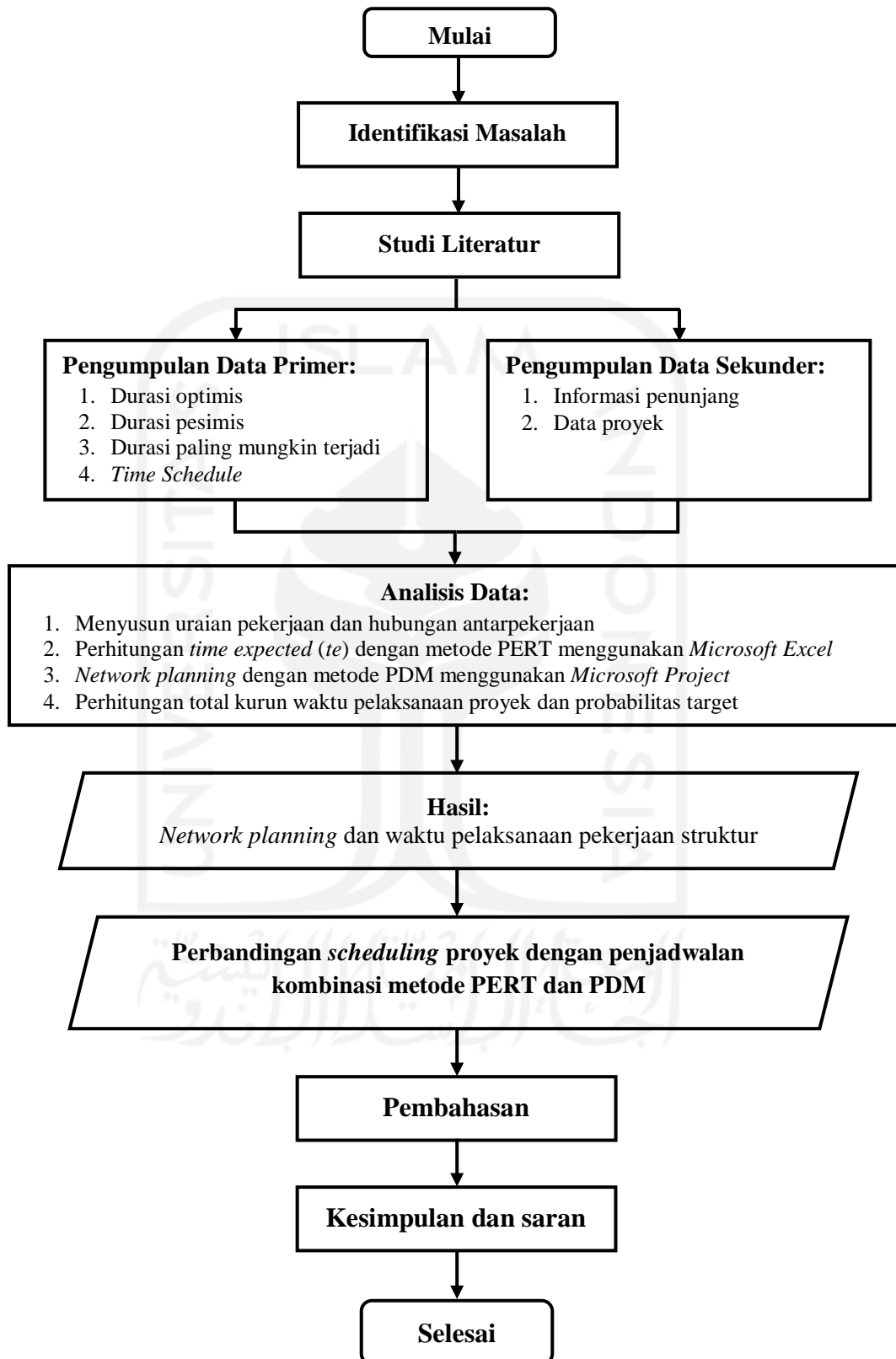
(Sumber: <https://goo.gl/maps/kdahzWaczfgqTE2f8>, 9 Oktober 2020)

4.7 Tahapan Penelitian

Tahapan atau urutan pekerjaan yang dilakukan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Menentukan objek yang akan diteliti dan melakukan identifikasi, dalam penelitian ini objek yang dimaksud adalah pekerjaan struktur pada Proyek Pembangunan Gedung DLC UGM.
2. Melakukan studi literatur dan kajian pustaka terkait permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini.
3. Melakukan wawancara dan survey langsung ke lokasi Pembangunan Gedung DLC UGM serta melakukan pengambilan data.
4. Menganalisis data berupa penyusunan uraian kegiatan dan hubungan antarkegiatan sesuai dengan *time schedule* dan hasil wawancara.
5. Menganalisis perhitungan kurun waktu yang diharapkan (*te*), deviasi standar, dan varian kegiatan dengan metode PERT menggunakan aplikasi *Microsoft Excel* berdasarkan tiga angka estimasi kurun waktu (hasil wawancara).
6. Menganalisis data berupa pembuatan *network planning* dengan metode PDM menggunakan aplikasi *Microsoft Project* berdasarkan hubungan logis antarkegiatan proyek dan kurun waktu yang diharapkan (*te*) hasil perhitungan metode PERT.
7. Menganalisis hasil perhitungan kurun waktu pelaksanaan proyek dan probabilitas tercapainya target proyek.
8. Menyusun pembahasan terkait hasil perencanaan penjadwalan dengan kombinasi metode PERT dan PDM dengan *time schedule* Proyek Pembangunan Gedung DLC UGM.
9. Menyusun kesimpulan dan saran berdasarkan hasil yang didapatkan dari penelitian ini.

Berikut ini merupakan bagan alir penelitian tugas akhir yang dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Bagan Alir Penelitian Tugas Akhir

Pelaksanaan penelitian Tugas Akhir yang dilakukan penulis, direncanakan dapat selesai dalam kurun waktu 4 bulan.



BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Data Penelitian

5.1.1. Data Primer

Data primer yang dibutuhkan dalam penelitian ini merupakan data yang diperoleh dari hasil wawancara dengan responden pihak Proyek Pembangunan Gedung DLC UGM. Wawancara tersebut membahas data yang dibutuhkan dalam menganalisis dan menyusun penjadwalan pekerjaan struktur berupa durasi probabilistik sebagai berikut.

1. Durasi optimis (a) merupakan durasi paling singkat yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan apabila pekerjaan tersebut berjalan dengan 59amper.
2. Durasi pesimis (b) merupakan durasi paling lama yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan apabila dalam pelaksanaan pekerjaan tersebut sangat terhambat.
3. Durasi paling mungkin terjadi (m) merupakan durasi yang paling sering terjadi untuk menyelesaikan suatu pekerjaan yang dilakukan berulang-ulang dengan kondisi pelaksanaan yang hampir sama.

Kuisisioner pertanyaan telah disusun sesuai dengan data-data yang dibutuhkan kepada tenaga ahli pada Proyek Pembangunan Gedung DLC UGM dan sudah berpengalaman pada proyek yang serupa yaitu Bapak Ahmad, Bapak Parwoto, dan Bapak Warsito. Namun, proses wawancara dapat dilakukan ketika Proyek Gedung DLC UGM dimulai kembali setelah sebelumnya terhenti akibat pandemi Covid 19. Sehingga, pekerjaan struktur yang direncanakan penjadwalannya menggunakan kombinasi metode PERT dan PDM adalah pekerjaan struktur yang belum terlaksana. Penentuan durasi optimis (a) oleh responden mempertimbangkan durasi tercepat penyelesaian suatu pekerjaan dengan kondisi serupa tanpa adanya kendala yang dapat menghambat pelaksana pekerjaan tersebut seperti cuaca yang mendukung. Sedangkan penentuan durasi pesimis

(b) mempertimbangkan kendala-kendala yang mungkin dapat terjadi dan yang sudah terjadi sebelumnya seperti faktor cuaca, sumber daya yang dibutuhkan, serta alat dan material yang digunakan pada proyek tersebut. Hasil wawancara mengenai durasi probabilistik pada pekerjaan struktur Proyek Pembangunan Gedung DLC UGM dapat dilihat pada Tabel 5.1 sebagai berikut.

Tabel 5.1 Data Durasi Probabilistik Pekerjaan Struktur

No	Uraian Pekerjaan	Predecessor	Durasi (hari)									
			a	b	m	a	b	m	a	b	m	
			Pak Ahmad			Pak Parwoto			Pak Warsito			
1	Lantai 2											
2	Zona C	-	10	14	11	7	12	9	6	12	9	
3	Lantai 3											
4	Zona C	2FS	12	15	14	9	15	10	8	14	9	
5	Lantai 4											
6	Zona A	2FS	9	14	12	7	14	9	7	12	10	
7	Zona B	2FS	11	13	12	9	14	11	9	12	11	
8	Zona C	4FS	11	15	14	8	14	11	9	14	11	
9	Lantai 5											
10	Zona A	6FS	9	12	11	7	11	9	8	11	9	
11	Zona B	7FS	10	13	12	8	13	10	8	11	9	
12	Zona C	8FS	11	14	13	8	14	11	10	15	11	
13	Lantai 6											
14	Zona A	10FS	8	10	9	7	12	8	7	11	8	
15	Zona B	11FS	8	10	9	8	12	10	8	12	9	
16	Zona C	12FS	9	11	10	8	12	10	8	12	10	
17	Top Floor											
18	Zona A	14FS	7	9	8	6	11	8	5	9	7	
19	Zona B	15FS	8	10	9	6	12	9	6	11	8	
20	Zona C	16FS	8	10	9	7	12	9	8	11	9	
21	Metal Roof Work											
22	Zona A	18FS	18	20	19	14	19	15	14	18	16	
23	Zona B	19FS	19	20	19	15	20	16	14	21	18	
24	Zona C	20FS	19	21	20	17	21	18	15	22	18	
25	Galian&Timbunan (DZ)	-	1	2	1	1	2	1	1	2	1	
26	Struktur Bawah (DZ)	25FS	5	10	7	3	6	5	3	7	5	
27	Struktur Atas (DZ)	26FS	7	12	9	5	8	7	6	8	7	
28	Lantai Basement	-	6	8	7	6	8	7	5	8	6	
29	Lantai 1	28FS	5	7	5	4	7	5	5	7	6	

Dari data hasil wawancara tersebut dilakukan perhitungan rata-rata disetiap nilai durasi optimis, durasi pesimis, dan durasi *most likely* dengan contoh perhitungan sebagai berikut.

1. Nilai Rata-rata Durasi Optimis (a) pada Pekerjaan Lantai 2 Zona C

Diketahui:

Durasi (a) Pak Ahmad = 10 hari

Durasi (a) Pak Parwoto = 7 hari

Durasi (a) Pak Warsito = 6 hari

Maka perhitungan durasi (a) sebagai berikut.

$$a = \frac{10+7+6}{3} = 7,7 \text{ hari}$$

2. Nilai Rata-rata Durasi Pesimis (b) pada Pekerjaan Lantai 2 Zona C

Diketahui:

Durasi (b) Pak Ahmad = 14 hari

Durasi (b) Pak Parwoto = 12 hari

Durasi (b) Pak Warsito = 12 hari

Maka perhitungan durasi (b) sebagai berikut.

$$b = \frac{14+12+12}{3} = 12,7 \text{ hari}$$

3. Nilai Rata-rata Durasi *Most Likely* (m) pada Pekerjaan Lantai 2 Zona C

Diketahui:

Durasi (m) Pak Ahmad = 11 hari

Durasi (m) Pak Parwoto = 9 hari

Durasi (m) Pak Warsito = 9 hari

Maka perhitungan durasi (m) sebagai berikut.

$$m = \frac{11+9+9}{3} = 9,7 \text{ hari}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan rata-rata disetiap nilai durasi optimis, durasi pesimis, dan durasi *most likely* pada pekerjaan struktur dapat dilihat pada Tabel 5.2 sebagai berikut.

Tabel 5.2 Rata-rata setiap Durasi Probabilistik Pekerjaan Struktur

No	Uraian Pekerjaan	Predecessor	Durasi (hari)		
			a	b	m
1	Lantai 2				
2	Zona C	-	7,7	12,7	9,7
3	Lantai 3				
4	Zona C	2FS	9,7	14,7	11

Lanjutan Tabel 5.2 Rata-rata setiap Durasi Probabilistik Pekerjaan Struktur

No	Uraian Pekerjaan	Predecessor	Durasi (hari)		
			a	b	m
5	Lantai 4				
6	Zona A	2FS	7,7	13,3	10,3
7	Zona B	2FS	9,7	13	11,3
8	Zona C	4FS	9,3	14,3	12
9	Lantai 5				
10	Zona A	6FS	8	11,3	9,7
11	Zona B	7FS	8,7	12,3	10,3
12	Zona C	8FS	9,7	14,3	11,7
13	Lantai 6				
14	Zona A	10FS	7,3	11	8,3
15	Zona B	11FS	8	11,3	9,3
16	Zona C	12FS	8,3	11,7	10
17	Top Floor				
18	Zona A	14FS	6	9,7	7,7
19	Zona B	15FS	6,7	11	8,7
20	Zona C	16FS	7,7	11	9
21	Metal Roof Work				
22	Zona A	18FS	15,3	19	16,7
23	Zona B	19FS	16	20,3	17,7
24	Zona C	20FS	17	21,3	18,7
25	Galian&Timbunan (DZ)	-	1	2	1
26	Struktur Bawah (DZ)	25FS	3,7	7,7	5,7
27	Struktur Atas (DZ)	26FS	6	9,3	7,7
28	Lantai Basement	-	5,7	8	6,7
29	Lantai 1	28FS	4,7	7	5,3

Selain itu, data primer yang digunakan dalam penelitian ini adalah *time schedule* berupa *barchart* yang dilengkapi dengan Kurva S terbaru yang digunakan oleh Proyek Pembangunan Gedung DLC UGM. *Time schedule* proyek dibutuhkan untuk mengetahui uraian pekerjaan, urutan pekerjaan, dan durasi waktu yang direncanakan oleh pihak proyek. Pada *time schedule* proyek, pekerjaan struktur direncanakan selesai pada 22 September 2020 yang dapat dilihat pada Lampiran 4.

Uraian pekerjaan disusun dengan acuan *time schedule* yang digunakan proyek, namun hubungan antarpekerjaan tidak diperlihatkan secara jelas sehingga dilakukan wawancara dengan responden. Penjelasan detail pekerjaan struktur dibagi menjadi 3 zona pada pelaksanaannya yaitu Zona A, Zona B, dan Zona C sesuai metode pelaksanaan di lapangan dengan tujuan agar sumber daya dan pekerja yang tersedia dapat dioptimalkan.

5.1.2. Data Sekunder

Data sekunder berupa jurnal, buku cetak, data proyek, informasi umum tentang proyek dan sumber referensi lainnya didapat dari penelitian-penelitian sebelumnya ataupun dari pihak Proyek Pembangunan Gedung DLC UGM untuk menunjang data primer yang digunakan dalam penelitian ini.

5.2 Analisis Durasi yang Diharapkan (t_e)

Berdasarkan data berupa tiga angka durasi probabilistik digabungkan menjadi kurun waktu atau durasi yang diharapkan (t_e). Durasi t_e merupakan nilai rata-rata dari durasi optimis, durasi pesimis, dan durasi paling mungkin terjadi dengan asumsi bahwa durasi optimis dan durasi pesimis memiliki peluang yang sama, sedangkan durasi paling mungkin terjadi memiliki peluang empat kali lebih besar dibandingkan dengan kedua durasi tersebut. Durasi t_e dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.17 dan contoh perhitungan durasi t_e adalah sebagai berikut.

1. Durasi t_e pada Pekerjaan Lantai 2 Zona C

Diketahui:

$$\text{Durasi optimis (a)} = 7,7 \text{ hari}$$

$$\text{Durasi pesismis (b)} = 12,7 \text{ hari}$$

$$\text{Durasi most likely (m)} = 9,7 \text{ hari}$$

Maka perhitungan durasi t_e sebagai berikut.

$$\begin{aligned} t_e &= \frac{7,7+4(9,7)+12,7}{6} \\ &= 10 \text{ hari} \end{aligned}$$

2. Durasi t_e pada Pekerjaan Lantai 3 Zona C

Diketahui:

$$\text{Durasi optimis (a)} = 9,7 \text{ hari}$$

$$\text{Durasi pesismis (b)} = 14,7 \text{ hari}$$

$$\text{Durasi most likely (m)} = 11 \text{ hari}$$

Maka perhitungan durasi t_e sebagai berikut.

$$\begin{aligned} t_e &= \frac{9,7+4(11)+14,7}{6} \\ &= 12 \text{ hari} \end{aligned}$$

3. Durasi *te* pada Pekerjaan Lantai 4 Zona A

Diketahui:

Durasi optimis (a) = 7,7 hari

Durasi pesismis (b) = 13,3 hari

Durasi *most likely* (m) = 10,3 hari

Maka perhitungan durasi *te* sebagai berikut.

$$te = \frac{7,7+4(10,3)+13,3}{6}$$

$$= 11 \text{ hari}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan durasi *te* setiap pekerjaan struktur pada Proyek Pembangunan Gedung DLC UGM dapat dilihat pada Tabel 5.3 sebagai berikut.

Table 5.3 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Durasi yang Diharapkan (*te*)

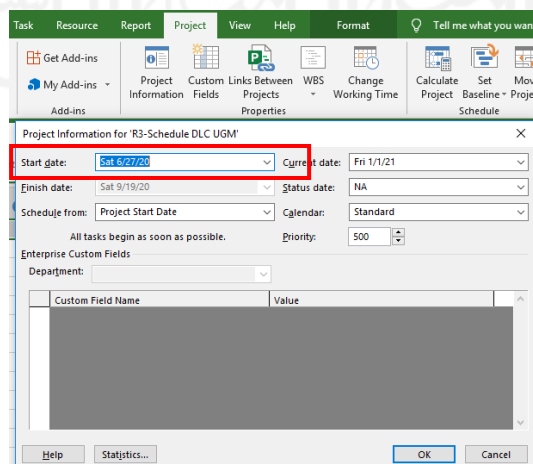
No	Uraian Pekerjaan	Predecessor	Durasi (hari)			
			a	b	m	<i>te</i>
1	Lantai 2					
2	Zona C	-	7,7	12,7	9,7	10
3	Lantai 3					
4	Zona C	2FS	9,7	14,7	11	12
5	Lantai 4					
6	Zona A	2FS	7,7	13,3	10,3	11
7	Zona B	2FS	9,7	13	11,3	12
8	Zona C	4FS	9,3	14,3	12	12
9	Lantai 5					
10	Zona A	6FS	8	11,3	9,7	10
11	Zona B	7FS	8,7	12,3	10,3	11
12	Zona C	8FS	9,7	14,3	11,7	12
13	Lantai 6					
14	Zona A	10FS	7,3	11	8,3	9
15	Zona B	11FS	8	11,3	9,3	10
16	Zona C	12FS	8,3	11,7	10	10
17	Top Floor					
18	Zona A	14FS	6	9,7	7,7	8
19	Zona B	15FS	6,7	11	8,7	9
20	Zona C	16FS	7,7	11	9	10
21	Metal Roof Work					
22	Zona A	18FS	15,3	19	16,7	17
23	Zona B	19FS	16	20,3	17,7	18
24	Zona C	20FS	17	21,3	18,7	19
25	Galian&Timbunan (DZ)	-	1	2	1	2
26	Struktur Bawah (DZ)	25FS	3,7	7,7	5,7	6
27	Struktur Atas (DZ)	26FS	6	9,3	7,7	8
28	Lantai Basement	-	5,7	8	6,7	7
29	Lantai 1	28FS	4,7	7	5,3	6

5.3 Analisis Penjadwalan Proyek

5.4.1. Analisis Penjadwalan dengan *Microsoft Project*

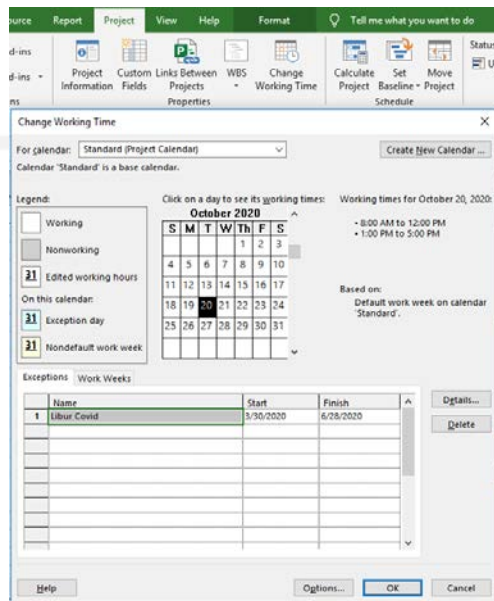
Analisis penjadwalan menggunakan *software Microsoft Project* akan menghasilkan penjadwalan dalam bentuk *network planning* (AON) atau PDM (*Precedence Diagram Method*). Adapun langkah-langkah analisis penjadwalan dengan *Microsoft Project* adalah sebagai berikut.

1. Data-data yang perlu disiapkan sebelum memulai analisis penjadwalan dengan *Microsoft Project* adalah uraian pekerjaan beserta hubungan logis antarpekerjaan dan durasi. Penulis menggunakan durasi yang diharapkan (*te*) yang sebelumnya telah diperhitungkan menggunakan metode PERT. Data-data yang diperlukan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.3.
2. Uraian pekerjaan diinput kedalam *software Microsoft Project* pada kolom “*Task Name*”. Kemudian, durasi serta hubungan antarpekerjaan diinput juga sesuai dengan masing-masing uraian pekerjaan pada kolom “*Duration*” dan “*Predecessors*”.
3. “*Task Mode*” setiap uraian pekerjaan diatur menjadi *auto schedule* agar penjadwalan diatur secara otomatis oleh *Microsoft Project* sesuai dengan ketentuan yang telah diinput.
4. Tanggal mulai proyek dapat diinput pada “*Project Information*” yang terdapat pada *menu ribbon “Project”* atau seperti pada Gambar 5.1 sebagai berikut.



Gambar 5.1 *Project Information* pada *Microsoft Project*

5. Ketentuan hari kerja dan hari libur dapat diatur pada “*Change Working Time*” yang terdapat pada *menu ribbon “Project”* atau seperti pada Gambar 5.2 sebagai berikut.



Gambar 5.2 *Change Working Time* pada *Microsoft Project*

6. Durasi penyelesaian proyek akan didapatkan secara otomatis setelah semua data diinput. Tanggal mulai dan tanggal selesai setiap pekerjaan juga secara otomatis dapat ditampilkan.

5.4.2. Analisis Jalur Kritis pada Diagram PDM

Analisis jalur kritis menggunakan metode PDM dapat diperhitungkan seperti perhitungan pada metode CPM namun harus diperhatikan hubungan antarpekerjaan yang telah ditentukan. Perhitungan untuk mengidentifikasi jalur kritis dengan metode PDM pada pekerjaan struktur Proyek Pembangunan Gedung DLC UGM adalah sebagai berikut.

1. Perhitungan Maju

Perhitungan maju akan menghasilkan waktu mulai paling awal (ES) dan waktu selesai paling awal (EF) setiap pekerjaan. Terdapat ketentuan-ketentuan yang digunakan dalam perhitungan maju yang sudah dijelaskan pada bab

sebelumnya atau dapat menggunakan Persamaan 3.7 sampai Persamaan 3.11.

Contoh perhitungan maju dengan metode PDM adalah sebagai berikut.

a. Pekerjaan Lantai 2 Zona C

$$ES = 0$$

$$EF = 0 + 10 \\ = 10$$

b. Pekerjaan Lantai 3 Zona C

$$ES = 10$$

$$EF = 10 + 12 \\ = 22$$

c. Pekerjaan Lantai 4 Zona A

$$ES = 10$$

$$EF = 10 + 11 \\ = 21$$

Rekapitulasi hasil perhitungan maju setiap uraian pekerjaan struktur dapat dilihat pada Tabel 5.4.

2. Perhitungan Mundur

Perhitungan mundur menghasilkan waktu mulai paling akhir (LS) dan waktu selesai paling akhir (LF) setiap pekerjaan. Terdapat ketentuan-ketentuan yang digunakan dalam perhitungan mundur yang juga sudah dijelaskan pada bab sebelumnya atau dapat menggunakan Persamaan 3.12 sampai Persamaan 3.16.

Contoh perhitungan mundur dengan metode PDM adalah sebagai berikut.

a. Pekerjaan Metal Roof Work (Zona C)

$$LF = EF \\ = 85$$

$$LS = 85 - 19 \\ = 66$$

b. Pekerjaan Metal Roof Work (Zona B)

$$LF = 85$$

$$LS = 85 - 18 \\ = 67$$

c. Pekerjaan Metal Roof Work (Zona A)

$$LF = 85$$

$$LS = 85 - 17 \\ = 68$$

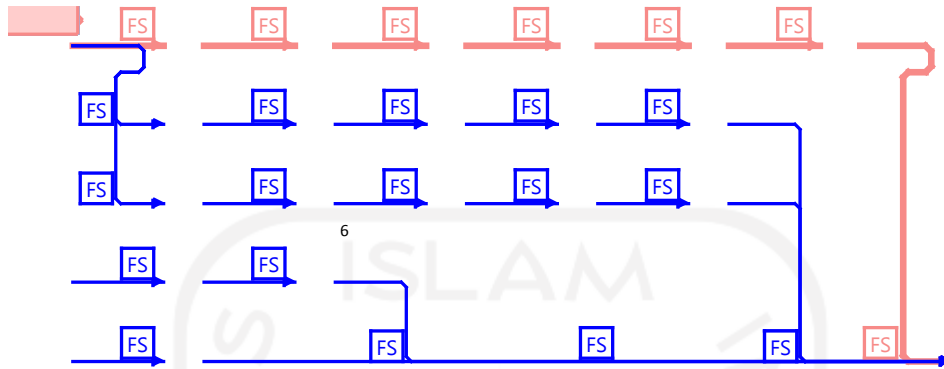
Rekapitulasi hasil perhitungan maju setiap uraian pekerjaan struktur dapat dilihat pada Tabel 5.4. Pekerjaan kritis merupakan pekerjaan yang memiliki nilai ES sama dengan LS atau nilai EF sama dengan LF yang kemudian akan membentuk serangkaian jalur yang dapat disebut sebagai jalur kritis.

Tabel 5.4 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Maju dan Perhitungan Mundur

No	Uraian Pekerjaan	Predecessor	Durasi	Hit. Maju		Hit. Mundur		Keterangan
				ES	EF	LS	LF	
1	Lantai 2							
2	Zona C	-	10	0	10	0	10	Kritis
3	Lantai 3							
4	Zona C	2FS	12	10	22	10	22	Kritis
5	Lantai 4							
6	Zona A	2FS	11	10	21	30	41	-
7	Zona B	2FS	12	10	22	25	37	-
8	Zona C	4FS	12	22	34	22	34	Kritis
9	Lantai 5							
10	Zona A	6FS	10	21	31	41	51	-
11	Zona B	7FS	11	22	33	37	48	-
12	Zona C	8FS	12	34	46	34	46	Kritis
13	Lantai 6							
14	Zona A	10FS	9	31	40	51	60	-
15	Zona B	11FS	10	33	43	48	58	-
16	Zona C	12FS	10	46	56	46	56	Kritis
17	Top Floor							
18	Zona A	14FS	8	40	48	60	68	-
19	Zona B	15FS	9	43	52	58	67	-
20	Zona C	16FS	10	56	66	56	66	Kritis
21	Metal Roof Work							
22	Zona A	18FS	17	48	65	68	85	-
23	Zona B	19FS	18	52	70	67	85	-
24	Zona C	20FS	19	66	85	66	85	Kritis
25	Galian&Timbunan (DZ)	-	2	0	2	69	71	-
26	Struktur Bawah (DZ)	25FS	6	2	8	71	77	-
27	Struktur Atas (DZ)	26FS	8	8	16	77	85	-
28	Lantai Basement	-	7	0	7	72	79	-
29	Lantai 1	28FS	6	7	6	79	85	-

Apabila terdapat lebih dari satu jalur kritis yang ditemukan, maka dipilih jalur kritis yang memiliki kurun waktu terlama. Selain dengan perhitungan maju dan perhitungan mundur pada metode PDM, jalur kritis juga dapat langsung dilihat pada penjadwalan yang sudah disusun dengan *Microsoft Project* yaitu pada “*Network Diagram*” pada menu *view*. *Network diagram* yang ditampilkan berupa *activity on node* (AON) dengan jalur kritis yang ditampilkan berupa *node* serta

arrow berwarna merah. *Network diagram* pada *Microsoft Project* dapat dilihat pada Gambar 5.3 sebagai berikut atau lebih detail pada Lampiran 5.



Gambar 5.3 *Network Diagram* pada *Microsoft Project*

5.4 Analisis Deviasi Standar Kegiatan dan Varians Kegiatan

Tiga angka estimasi durasi probabilistik yang digunakan pada perhitungan metode PERT merupakan suatu durasi yang tidak pasti. Dari ketiga angka tersebut memiliki rentang waktu yang menunjukkan besarnya derajat ketidakpastian hal tersebut dapat terjadi pada suatu kegiatan. Ketidakpastian durasi tersebut tergantung pada nilai durasi optimis (a) dan durasi pesimis (b) yang diberikan. Untuk mengukur derajat ketidakpastian tersebut, metode PERT menggunakan parameter deviasi standar (S) dan varians (V). Perhitungan deviasi standar (S) dan varians (V) suatu kegiatan dapat menggunakan Persamaan 3.21 dan Persamaan 3.22. Contoh perhitungan deviasi standar (S) dan varians (V) pada pekerjaan struktur Proyek Pembangunan Gedung DLC UGM adalah sebagai berikut.

1. Perhitungan S dan V pada Pekerjaan Lantai 2 Zona C

Diketahui:

Durasi optimis (a) = 7,7 hari

Durasi pesimis (b) = 12,7 hari

Maka perhitungan S dan V sebagai berikut.

$$S = \left(\frac{1}{6}\right) (12,7 - 7,7)$$

$$= 0,833$$

$$V = (0,833)^2$$

$$= 0,694$$

2. Perhitungan S dan V pada Pekerjaan Lantai 3 Zona C

Diketahui:

$$\text{Durasi optimis (a)} = 9,7 \text{ hari}$$

$$\text{Durasi pesismis (b)} = 14,7 \text{ hari}$$

Maka perhitungan S dan V sebagai berikut.

$$S = \left(\frac{1}{6}\right) (14,7 - 9,7)$$

$$= 0,833$$

$$V = (0,833)^2$$

$$= 0,694$$

3. Perhitungan S dan V pada Pekerjaan Lantai 4 Zona A

Diketahui:

$$\text{Durasi optimis (a)} = 7,7 \text{ hari}$$

$$\text{Durasi pesismis (b)} = 13,3 \text{ hari}$$

Maka perhitungan S dan V sebagai berikut.

$$S = \left(\frac{1}{6}\right) (13,3 - 7,7)$$

$$= 0,944$$

$$V = (0,944)^2$$

$$= 0,892$$

Rekapitulasi hasil perhitungan standar deviasi (S) dan varians (V) pekerjaan struktur pada Proyek Pembangunan Gedung DLC UGM dapat dilihat pada Tabel 5.5 sebagai berikut.

Tabel 5.5 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Standar Deviasi dan Varians

No	Uraian Pekerjaan	Durasi (hari)				S	V
		a	b	m	te		
1	Lantai 2						
2	Zona C	7,7	1,7	9,7	10	0,833	0,694
3	Lantai 3						
4	Zona C	9,7	14,7	11	12	0,833	0,694
5	Lantai 4						
6	Zona A	7,7	13,3	10,3	11	0,944	0,892
7	Zona B	9,7	13	11,3	12	0,556	0,309
8	Zona C	9,3	14,3	12	12	0,833	0,694

Lanjutan Tabel 5.5 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Standar Deviasi dan Varians

No	Uraian Pekerjaan	Durasi (hari)				S	V
		a	b	m	te		
9	Lantai 5						
10	Zona A	8	11,3	9,7	10	0,556	0,309
11	Zona B	8,7	12,3	10,3	11	0,611	0,373
12	Zona C	9,7	14,3	11,7	12	0,778	0,605
13	Lantai 6						
14	Zona A	7,3	11	8,3	9	0,611	0,373
15	Zona B	8	11,3	9,3	10	0,556	0,309
16	Zona C	8,3	11,7	10	10	0,556	0,309
17	Top Floor						
18	Zona A	6	9,7	7,7	8	0,611	0,373
19	Zona B	6,7	11	8,7	9	0,722	0,522
20	Zona C	7,7	11	9	10	0,556	0,309
21	Metal Roof Work						
22	Zona A	15,3	19	16,7	17	0,611	0,373
23	Zona B	16	20,3	17,7	18	0,722	0,522
24	Zona C	17	21,3	18,7	19	0,722	0,522
25	Galian&Timbunan (DZ)	1	2	1	2	0,167	0,028
26	Struktur Bawah (DZ)	3,7	7,7	5,7	6	0,667	0,444
27	Struktur Atas (DZ)	6	9,3	7,7	8	0,556	0,309
28	Lantai Basement	5,7	8	6,7	7	0,389	0,151
29	Lantai 1	4,7	7	5,3	6	0,389	0,151

5.5 Analisis Target Jadwal Penyelesaian (Td)

Analisis target jadwal penyelesaian proyek dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kemungkinan target penjadwalan dapat tercapai. Target penyelesaian proyek ($T_{(d)}$) diasumsikan sebesar kurun waktu penyelesaian pekerjaan struktur berdasarkan *master schedule* ($T_{(d1)}$) yaitu 70 hari dan hasil *reschedule* pandemi Covid-19 ($T_{(d2)}$) yaitu 86 hari.

Berdasarkan analisis penjadwalan dan jalur kritis menggunakan *software Microsoft Project* didapatkan kurun waktu penyelesaian pekerjaan struktur yang diharapkan (TE) yaitu 85 hari. Hubungan antara kurun waktu penyelesaian pekerjaan struktur yang diharapkan (TE) dengan target penyelesaian pekerjaan struktur dapat dinyatakan dengan z atau dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.24.

Sebelumnya diperhitungkan terlebih dahulu total varians pekerjaan yang berada pada jalur kritis terpanjang. Pekerjaan yang berada pada jalur kritis adalah pekerjaan lantai 2 (zona c), pekerjaan lantai 3 (zona c), pekerjaan lantai 4 (zona c),

pekerjaan lantai 5 (zona c), pekerjaan lantai 6 (zona c), pekerjaan *top floor* (zona c), serta pekerjaan *metal roof work* (zona c). Perhitung total varians ($V_{(TE)}$) kegiatan pada jalur kritis adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Total } V_{(TE)} &= V \text{ keg.}_2 + V \text{ keg.}_4 + V \text{ keg.}_8 + V \text{ keg.}_{12} + V \text{ keg.}_{16} + V \text{ keg.}_{20} + V \text{ keg.}_{24} \\ &= 0,694 + 0,694 + 0,694 + 0,605 + 0,309 + 0,309 + 0,522 \\ &= 3,827 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan Persamaan 3.24, nilai deviasi z dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Deviasi } z_1 &= \frac{70 - 85}{\sqrt{3,827}} \\ &= \frac{70 - 85}{1,956} \\ &= -7,667 \\ \text{Deviasi } z_2 &= \frac{86 - 85}{\sqrt{3,827}} \\ &= \frac{86 - 85}{1,956} \\ &= 0,5112 \end{aligned}$$

Kemudian dapat diperoleh angka probabilitas dengan menggunakan nilai hasil perhitungan deviasi z dan Tabel Distribusi Normal Kumulatif Z pada Lampiran 2 sebesar 0,0001 atau 0,01% untuk target sama dengan 70 hari (*master schedule*) dan 0,6950 atau 69,50% untuk target sama dengan 86 hari (*reschedule* proyek). Hal tersebut dapat diartikan bahwa penyelesaian pekerjaan struktur selama target 70 hari memiliki probabilitas hampir 0 atau tidak terwujud. Sedangkan penyelesaian pekerjaan struktur selama target 86 hari memiliki probabilitas dapat terwujud sebesar 69,50% dan kemungkinan dapat terjadi lebih besar.

5.6 Pembahasan

Penjadwalan yang digunakan oleh pihak Proyek Pembangunan Gedung DLC UGM adalah metode *bar chart* yang digabungkan dengan Kurva S yang sekaligus dapat dijadikan alat pengendalian waktu dan biaya. Metode *bar chart* dengan Kurva S merupakan metode yang sering digunakan untuk membuat jadwal karena metode ini cukup mudah dalam proses pembuatannya, disusun secara sederhana, dan sangat mudah dipahami. Namun metode ini tidak dapat menunjukkan hubungan antarpekerjaan secara spesifik, tidak dapat digunakan

dengan banyak uraian pekerjaan dan detail, serta apabila terdapat perubahan jadwal maka diperlukan pembuatan bagan balok yang baru. Pekerjaan struktur pada Proyek Pembangunan Gedung DLC UGM dimulai 2 Desember 2019 dan direncanakan selesai 19 April 2020 atau *bar chart master schedule* dapat dilihat pada Lampiran 4. Namun pada saat pelaksanaannya, terjadinya pandemi Covid-19 yang mengakibatkan terhambatnya kegiatan proyek bahkan sempat diberhentikan sementara sekitar 90 hari. Kemudian pihak Proyek Pembangunan Gedung DLC UGM melakukan perencanaan yang matang termasuk *rescheduling* kegiatan-kegiatan yang belum terlaksana dimana progress yang telah dicapai sekitar $\pm 7\%$. *Rescheduling* proyek menggunakan metode yang sama dengan *schedule* sebelumnya yang dapat dilihat pada Lampiran 4. Proyek dimulai kembali pada tanggal 27 Juni 2020 dan pekerjaan struktur direncanakan selesai pada tanggal 20 September 2020.

Berdasarkan hasil perencanaan penjadwalan yang telah dilakukan dengan menggunakan kombinasi metode PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) dalam perhitungan durasi dan metode PDM (*Precedence Diagram Method*) dalam penyusunan *network diagram*, pekerjaan struktur direncanakan selesai pada tanggal 19 September 2020 atau selama 85 hari dengan tanggal mulai sama dengan *reschedule* proyek. Penjadwalan disusun berdasarkan urutan pekerjaan atau *predecessor* pada *time schedule* dan hasil wawancara. Pada pelaksanaannya, Proyek Pembangunan Gedung DLC UGM membagi pekerjaan menjadi 3 zona. Apabila salah satu zona pada tahapan tersebut telah diselesaikan, maka dapat melanjutkan ketahapan pekerjaan berikutnya tanpa menunggu zona lainnya menyelesaikan tahapan tersebut. Misalkan pada lantai 1, zona a sudah selesai maka dapat dilanjutkan pekerjaan untuk lantai 2 zona a tanpa harus menunggu lantai 1 zona b dan zona c selesai. Pembagian zona pada Proyek Pembangunan Gedung DLC UGM dapat dilihat pada Lampiran 6. Namun pada pekerjaan terakhir (*metal roof work*) pada pekerjaan struktur, dapat diselsaikan apabila pekerjaan struktur pada tahap sebelumnya sudah diselesaikan pada seluruh zona. Pembagian zona pada metode pelaksanaan dapat memaksimalkan sumber daya yang tersedia dan menjadikan jadwal menjadi lebih padat, jelas, dan efektif.

Kurun waktu penyelesaian sisa pekerjaan struktur pada penjadwalan dengan kombinasi metode PERT dan PDM yaitu 85 hari dengan kegiatan yang berada dalam jalur kritis adalah pekerjaan-pekerjaan pada zona c setiap tahapan kegiatan struktur. Terdapat perbedaan satu hari lebih cepat dibandingkan dengan kurun waktu penyelesaian berdasarkan *reschedule* proyek yaitu 86 hari dan 15 hari lebih lambat dibandingkan waktu penyelesaian berdasarkan *master schedule* proyek yaitu 70 hari terhitung setelah progres proyek $\pm 7\%$. Pada awal proyek dimulai kembali, kegiatannya difokuskan untuk menyelesaikan pekerjaan sisa yang belum terselesaikan sebelum proyek diberhentikan sementara dan melanjutkan pekerjaan struktur. Pada *reschedule* proyek, peningkatan progres dinilai sangat lambat pada awal dimulainya kembali proyek dibandingkan dengan *master schedule*. Hal itu disebabkan ketersediaan tenaga kerja yang sangat dibatasi dan pendaratangannya dilakukan secara bertahap pada masa pandemi Covid-19. Kegiatan proyek juga harus dilaksanakan dengan mematuhi protokol kesehatan yang ketat dan mematuhi syarat-syarat operasional yang berlaku. Adanya pandemi Covid-19 sangat mempengaruhi dan membatasi pelaksanaan kegiatan Proyek Pembangunan Gedung DLC UGM sehingga kegiatan konstruksi memiliki ketidakpastian yang cukup tinggi.

Berdasarkan hasil analisis deviasi standar dan varians kegiatan, didapatkan nilai deviasi standar tertinggi sebesar 0,944 dengan varians sebesar 0,892 pada pekerjaan lantai 4 zona a. Hal ini dapat diartikan bahwa pekerjaan lantai 4 pada zona a yang diharapkan dapat selesai selama 11 hari (durasi *te*) memiliki ketidakpastian yang tinggi bahwa kejadian pekerjaan tersebut dapat diselesaikan dalam kurun waktu tersebut. Sedangkan nilai deviasi standar terendah sebesar 0,167 dengan varians 0,028 terdapat pada pekerjaan galian dan timbunan (*dropzone*). Pada pekerjaan tersebut, kejadian pekerjaan dapat diselesaikan sesuai dengan durasi yang diharapkan memiliki ketidakpastian yang rendah atau dapat diartikan pekerjaan tersebut dapat diselesaikan sesuai dengan durasi yang diharapkan.

Kurun waktu penyelesaian pekerjaan struktur berdasarkan penjadwalan metode PDM dan perhitungan durasi metode PERT adalah 85 hari. Sedangkan

berdasarkan *master schedule* (dari progres proyek yang telah tercapai $\pm 7\%$) adalah 70 hari dan hasil *reschedule* proyek adalah 86 hari, yang kemudian pada penelitian ini diasumsikan sebagai target capaian penyelesaian pekerjaan struktur ($T_{(d1)}$ dan $T_{(d2)}$). Dari hasil analisis target penyelesaian pekerjaan struktur didapatkan nilai deviasi z sama dengan $-7,667$ dan $0,511$ yang kemudian menggunakan Tabel Distribusi Normal Kumulatif Z didapatkan probabilitas penyelesaian pekerjaan struktur sebesar $0,01\%$ dengan target sama dengan 70 hari dan $69,50\%$ dengan target sama dengan 86 hari. *Master schedule* proyek direncanakan dengan durasi deterministik tanpa mempertimbangkan kendala yang dihadapi pada pelaksanaan Proyek Pembangunan Gedung DLC UGM sedangkan durasi hasil *reschedule* proyek telah mempertimbangkan dampak yang harus dihadapi pelaksana proyek akibat pandemi Covid 19. Perencanaan penjadwalan pekerjaan struktur menggunakan kombinasi metode PERT dan PDM menampilkan penjadwalan AON dengan durasi yang bersifat probabilistik dengan mempertimbangkan kondisi lapangan serta kondisi serupa yang pernah dialami oleh estimator (tenaga ahli) dari pengalaman proyek-proyek sebelumnya. Sehingga, penjadwalan menggunakan kombinasi metode PERT dan PDM menghasilkan penjadwalan tepat untuk proyek gedung bertingkat yang memiliki kegiatan repetitif dengan durasi setiap kegiatan yang mendekati dengan durasi sebenarnya (*real*) di lapangan.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Penjadwalan pekerjaan struktur pada Proyek Pembangunan Gedung DLC UGM menggunakan penjadwalan metode kombinasi perhitungan kurun waktu metode PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) dan *network scheduling* PDM (*Precedence Diagram Method*) dapat dilihat pada Gambar 5.3 atau lebih detailnya pada Lampiran 5. Didapatkan durasi penyelesaian pekerjaan struktur dapat diselesaikan selama 85 hari.
2. Kurun waktu penyelesaian pekerjaan struktur (yang sebelumnya berhenti sementara) pada penjadwalan menggunakan kombinasi metode PERT dan PDM adalah 85 hari. Kurun waktu tersebut 15 hari lebih lama dibandingkan dengan *master schedule* proyek yaitu 70 hari, namun 1 hari lebih cepat dibandingkan dengan hasil *reschedule* proyek yaitu selama 86 hari.
3. Dengan asumsi target sama dengan kurun waktu penyelesaian pekerjaan struktur berdasarkan *master schedule* proyek yaitu 70 hari dan hasil *reschedule* proyek yaitu 86 hari, didapatkan probabilitas target dapat tercapai sebesar 0,01% dan 69,50%.

6.2 Saran

Berdasarkan analisis dan hasil dari penelitian yang telah dilakukan, penulis memiliki beberapa saran yang diharapkan dapat memberi manfaat sebagai berikut.

1. Penyusunan penjadwalan lebih baik menggunakan metode PDM yang diaplikasikan ke *Microsoft Project* karena dapat menunjukkan hubungan antarkegiatan dengan jelas, mudah dalam penyusunan, serta dapat otomatis menunjukkan lintasan kritis, tanggal mulai kegiatan, tanggal selesai kegiatan, dan kurun waktu penyelesaian proyek. Dengan *Microsoft Project*, jadwal yang sudah direncanakan dapat diperbarui atau direvisi dengan mudah apabila

diperlukan. Jika terdapat keterlambatan pada suatu pekerjaan, maka akan mudah untuk mengevaluasi dan mengatasi permasalahan tersebut.

2. Dalam merencanakan penjadwalan proyek, dapat menggunakan metode PERT dalam menentukan durasi karena pada metode ini menggunakan tiga angka estimasi dan menghasilkan durasi probabilistik yang bersifat belum pasti. Ketidakpastian tersebut pun dapat diperhitungkan kemungkinan terjadinya. Dengan metode PERT dapat dihasilkan durasi yang cukup sesuai dengan kondisi lapangan.
3. Penentuan durasi menggunakan metode PERT, dihasilkan dari pengolahan data wawancara durasi optimistik, durasi pesimistik, dan durasi *most likely* terhadap tenaga ahli dibidang tersebut. Data yang diperoleh semakin baik apabila menggunakan lebih banyak narasumber agar didapatkan durasi dan perhitungan probabilitas yang lebih optimal.
4. Apabila dalam pelaksanaan proyek terdapat keterlambatan, sebaiknya dilakukan percepatan pada kegiatan yang berada dalam jalur kritis. Percepatan dapat berupa inovasi pada metode pelaksanaan, penambahan jam kerja, penambahan tenaga kerja, dan lain sebagainya agar durasi pekerjaan menjadi lebih cepat.
5. Penelitian selanjutnya yang sejenis, sebaiknya dapat memadukan dengan metode penjadwalan yang lain dan tidak hanya menggunakan satu jenis metode penjadwalan saja.

DAFTAR PUSTAKA

- Amani, W., dkk. 2012. Perbandingan Aplikasi CPM, PDM, dan Teknik *Bar Chart*-Kurva S pada Optimalisasi Penjadwalan Proyek. *Buletin Ilmiah Math. Stath. dan Terapannya (Bimaster)*. Vol.01 No.1:15-22. Pontianak.
- Anonim. 2017. *Cara Membuat Time Schedule, Bar-Chart, dan Kurva-S untuk Pekerjaan Pembangunan Sebuah Rumah*. (<https://proyeksipil.blogspot.com/2017/02/cara-buat-time-schedule-bar-chart.html>). Diakses 9 Mei 2020).
- Badri, S. 1991. *Dasar-Dasar Network Planning*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Caesaron, D. 2015. Analisa Penjadwalan Waktu dengan Metode jalur Kritis dan PERT pada Proyek Pembangunan Ruko (Jl. Pasar Lama No.20, Glodok). *Journal of Industrial Engineering & Management System*. Vol.8 No.2:59-82. Depok.
- Ervianto, W. I. 2002. *Manajemen Proyek Konstruksi*, Edisi Pertama. Salemba Empat. Yogyakarta.
- Fitrianto, R. 2019. Penjadwalan Proyek Konstruksi dengan *Precedence Diagram Method* (PDM) dan Perhitungan Wktu dengan *Program Evaluation and Review Technique* (PERT). *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Google Maps. (<https://goo.gl/maps/kdahzWaczfgqTE2f8>). Diakses 9 Oktober 2020).
- Hajek, G. V. 1994. *Manajemen Proyek Perencanaan*. Erlangga. Jakarta.
- Hadi, I. (<http://imron.hadi.staff.gunadarma.ac.id>). Diakses 23 Oktober 2020).
- Husen, A. 2009. *Manajemen Proyek*. Andi Offset. Yogyakarta.
- Karaini, A. A. Tanpa Tahun. *Pengantar Manajemen Proyek*. Universitas Gunadarma. Jawa Barat.
- Kezner, H. 2006. *Panduan Aplikasi Proyek Konstruksi*. Jakarta: Yudhistira.
- Maharesi. 2002. *Ekonomi Teknik Edisi 2*. Yogyakarta: Kanisius.

- Nugraheni, F. 2009. *Manajemen Proyek*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Nurhayati. 2010. *Manajemen Proyek*. Penerbit Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Raharja, I. 2014. Analisa Penjadwalan Proyek dengan Metode PERT di PT. Hasana Damai Putra Yogyakarta pada Proyek Perumahan Tirta Sani. *Jurnal BENTANG*. Vol.2 No.1:81-94. Yogyakarta.
- Rani, H. A. 2016. *Manajemen Proyek Konstruksi*. Penerbit Deepublish. Yogyakarta.
- Rezky, A. 2018. Reschedulling Proyek Konstruksi dengan Menggunakan Software Penjadwalanan. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Soeharto, I. 1999. *Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional)*, Jilid 1. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Suherman, dan Amarina I. 2016. Analisa Penjadwalan Proyek Menggunakan PDM dan PERT serta Crash Project. *Jurnal Hasil Penelitian dan Karya Ilmiah dam Bidang Teknik Industri*. Vol.2 No.1:31-43. Riau.
- Widiasanti, I. dan Lenggogeni. 2013. *Manajemen Konstruksi*. Bandung: Remaja Rosdakarya Offset.

LAMPIRAN



Lampiran 1. Tabel Distribusi Normal Kumulatif Z

Z	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
-3,8	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
-3,7	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
-3,6	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
-3,5	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
-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	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359

(Sumber: <http://imron.hadi.staff.gunadarma.ac.id/>, 23 Oktober 2020)

Lanjutan Lampiran 1. Tabel Distribusi Normal Kumulatif Z

Z	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
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
3,5	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998
3,6	0,9998	0,9998	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999
3,8	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999

(Sumber: <http://imron.hadi.staff.gunadarma.ac.id/>, 23 Oktober 2020)

Lampiran 2. Surat Keterangan Pengambilan Data



Empowering The Future

SURAT KETERANGAN SELESAI MAGANG

Yang bertanda tangan di bawah ini :

1. Nama : Priyantono
Jabatan : Project Manager
2. Nama : Parwoto
Jabatan : Site Operational Manager

Menyatakan bahwa yang beridentitas di bawah ini :

Nama : Sindy Twista Dewi
NIM : 16511247
Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
Lokasi Kerja Praktek : DLC

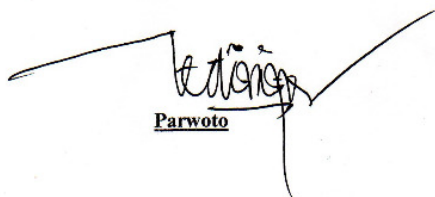
Telah selesai melaksanakan kegiatan praktek kerja lapangan di PT PP (Persero), Proyek Paket 4 : Gedung APSLC, DLC, TILC dan FRC, Universitas Gadjah Mada dibimbing oleh Bapak Hari Nursanto dengan jabatan sebagai Superintendent selama 5 bulan, sejak 24 Februari 2020 s/d 30 Juli 2020, sesuai dengan surat permohonan dari Universitas Islam Indonesia.

Selama melaksanakan kegiatan praktek kerja lapangan di perusahaan kami, peserta sangat antusias dan dapat melaksanakan tugas-tugas yang diberikan dengan baik dan dapat dipertanggung jawabkan.

Demikian surat keterangan ini kami buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya. Atas perhatian dan kerjasamanya, kami ucapkan terima kasih.

Mengetahui,

Site Operational Manager
PT PP (Persero), Tbk



Parwoto

Project Manager
PT PP (Persero), Tbk



Priyantono

CC : 1. Arsip

Lampiran 3. Informasi Narasumber dan Hasil Wawancara

PROFIL NARASUMBER



Nama : Ahmad Agus Salim
 TTL : Kulon Progo, 17 Agustus 1995
 Jabatan : Method Staff
 Pengalaman Kerja : 2018 – sekarang

1. Bandara Adi Soemarmo – Solo
2. Paket 4 UGM



Nama : Parwoto
 TTL : Sukoharjo, 19 April 1976
 Jabatan : Site Operational Manager
 Pengalaman Kerja : 1998 – sekarang

- | | |
|--|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Gelanggang Sumantri Bojonegoro – Jakarta 2. Menara Orienta – Jakarta 3. Rusun Tambora – Jakarta 4. Inkud – Jakarta 5. Gedung WTC – Jakarta 6. ITC Cempaka Mas – Jakarta 7. Mall Kelapa Gading 3 – Jakarta 8. Kantor Taman E33 Tahap 1,2,3 – Jakarta 9. SCBD Suites – Jakarta 10. RS Medika BSD – Jakarta 11. Departemen Agama Thamrin Tahap 1,2,3 - Jakarta | <ol style="list-style-type: none"> 12. RSCM Kencana – Jakarta 13. BNN Lido – Sukabumi 14. RS Antam Medika – Jakarta 15. BNPB – Jakarta 16. Sprinwood Residence – Serpong 17. Palm Regency – Tangerang 18. Pavilion Indonesia – Bali 19. Rest Area 360 – Brebes 20. Bandara Adi Soemarmo – Solo 21. Bandara Syamsudi Noor – Banjarmasin 22. KPP Menteng 23. Paket 4 UGM |
|--|--|



Nama : Warsito
 TTL : Sukoharjo, 30 Mei 1978
 Jabatan : SP
 Pengalaman Kerja : 2009 – sekarang

3. RSUP dr. Karyadi – Semarang
4. RSI Tegal
5. Apartment Hotel the Pinnacle – Semarang
6. EPC Paket 7 Bontang – Kalimantan Timur
7. Rest Area 360 – Brebes
8. Apartment GDL – Surabaya
9. Paket 4 UGM

Lanjutan Lampiran 3. Informasi Narasumber dan Hasil Wawancara

NARASUMBER : Pak Ahmad

No	Uraian Pekerjaan	Predecessor	Durasi (hari)		
			a	b	m
1	Lantai 2 zona C	-	10	14	11
2	Lantai 3 zona C	1	12	15	14
3	Lantai 4 zona A	1	9	14	12
4	zona B	1	11	13	12
5	zona C	2	11	15	14
6	Lantai 5 zona A	3	9	12	11
7	zona B	4	10	13	12
8	zona C	5	11	14	13
9	Lantai 6 zona A	6	8	10	9
10	zona B	7	8	10	9
11	zona C	8	9	11	10
12	Top Floor zona A	9	7	9	8
13	zona B	10	8	10	9
14	zona C	11	8	10	9
15	Metat roof work zona A	12	18	20	19
16	zona B	13	19	20	19
17	zona C	14	20	21	20
	Pekerjaan Sisa (non kritis)	-			
18	Dropzone Galion & timbunan	-	1	2	1
19	Struktur bawah	18	5	10	7
20	Struktur atas	19	7	12	9
21	Lantai Basement (tangga, separator)	-	6	8	7
22	Lantai 1 (tangga, separator)	21	5	7	5

T : Apakah alasan Proyek Pembangunan Gedung DLC diberhentikan sementara?

J : Pihak *owner* memutuskan untuk diberhentikan sementara dikarenakan terdapat anggota UGM yang positif covid-19 dan merupakan langkah pencegahan penularan. Saat proyek terhenti, tetap memantau kondisi lapangan setiap 2 minggu sekali. Ketika keputusan telah diambil, pihak pelaksana diberikan waktu 2 minggu untuk mengamankan stok material dan alat, serta menyelesaikan progress agar tetap "aman". Proyek diputuskan dimulai kembali pada 27 Juni 2020 dengan 1 minggu sebelumnya mempersiapkan barak pekerja dan tenaga kerja.

T : Apa saja pertimbangan dalam menentukan durasi pesimis?

J : Cuaca yang tidak menentu (hujan), barak tenaga kerja yang kapasitasnya terbatas, hasil fabrikasi tulangan yang kurang sesuai, pekerjaan tulangan harus dilakukan dengan teliti, dll.

T : Apa saja pertimbangan dalam menentukan durasi optimis?

J : Cuaca mendukung (cerah), tenaga kerja dalam keadaan siap dan memenuhi kuota, dll.

T : Kendala apa saja yang terjadi setelah proyek kembali saat pandemi Covid-19?

J : Kapasitas barak sedikit dan izin yang sulit didapat, kedatangan pekerja dilakukan bertahap dan terbatas sekitar 100 orang, logistic material terhambat, dll.

Lanjutan Lampiran 3. Informasi Narasumber dan Hasil Wawancara

NARASUMBER : Pat Parwoto

No	Uraian Pekerjaan	Predecessor	Durasi (hari)		
			a	b	m
1	Lantai 2 zona C	-	7	12	9
2	Lantai 3 zona C	1	9	15	10
3	Lantai 4 zona A	1	7	14	9
4	zona B	1	9	14	11
5	zona C	2	8	14	11
6	Lantai 5 zona A	3	7	11	9
7	zona B	4	8	13	10
8	zona C	5	8	14	11
9	Lantai 6 zona A	6	7	12	8
10	zona B	7	8	12	10
11	zona C	8	8	12	10
12	Top floor zona A	9	6	11	8
13	zona B	10	6	12	9
14	zona C	11	7	12	9
15	Metal roof work zona A	12	14	19	15
16	zona B	13	15	20	16
17	zona C	14	17	21	18
	Pekerjaan Sisa (non kritis)				
18	Dropzone galian timbunan	-	1	2	1
19	struktur bawah	18	3	6	5
20	struktur atas	19	5	8	7
21	Lantai basement (tangga, separator)	-	6	8	7
22	Lantai 1 (tangga, separator)	21	4	7	5

T : Apakah alasan Proyek Pembangunan Gedung DLC diberhentikan sementara?

J : Keputusan pihak UGM memberhentikan karena adanya pandemi covid-19 untuk mengurangi penyebaran virus corona. Proyek berhenti sekitar akhir Maret – awal April dan diperbolehkan lanjut pada 27 Juni 2020. Sebelumnya dipersiapkan barak untuk pekerja di dalam lingkup proyek. Izin kegiatan sangat dibatasi dan jumlah tenaga kerja yang dapat ditampung DLC sekitar 80-90 orang karena harus sesuai dengan protocol kesehatan.

T : Apa saja pertimbangan dalam menentukan durasi pesimis?

J : Kondisi iklim, tenaga kerja yang terbatas, pendaratan tenaga kerja yang sukar (cek kesehatan yang ketat), dll.

T : Apa saja pertimbangan dalam menentukan durasi optimis?

J : Cuaca cerah dan mendukung, jumlah tenaga kerja yang cukup dan produktif, alat dan material dalam kondisi baik, metode yang digunakan tepat, dll.

T : Kendala apa saja yang terjadi setelah proyek kembali saat pandemi Covid-19?

J : Kurangnya dan sulitnya izin mendatangkan tenaga kerja, harus tetap matuhi protocol kesehatan, perencanaan (bangunan tahan gempa) yang sulit dilaksanakan karena rasio tulangan besar dengan jarak antar tulangan kecil, dll.

Lanjutan Lampiran 3. Informasi Narasumber dan Hasil Wawancara

NARASUMBER : Pak Warsito

No	Uraian Pekerjaan	Predecessor	Durasi (hari)		
			a	b	m
1	Lantai 2 zona C	-	6	12	9
2	Lantai 3 zona C	1	8	14	9
3	Lantai 4 zona A	1	7	12	10
4	zona B	1	9	12	11
5	zona C	2	9	14	11
6	Lantai 5 zona A	3	8	11	9
7	zona B	4	8	11	9
8	zona C	5	10	15	11
9	Lantai 6 zona A	6	7	11	8
10	zona B	7	8	12	9
11	zona C	8	8	12	10
12	Top floor zona A	9	5	9	7
13	zona B	10	6	11	8
14	zona C	11	8	11	9
15	Metall roof work zona A	12	14	18	16
16	zona B	13	14	21	18
17	zona C	14	15	22	18
	Pekerjaan Sisa (non kritis)				
18	DZ catan & timbunan	-	1	2	1
19	struktur bawah	18	3	7	5
20	struktur atas	19	6	8	7
21	Lantai Basement (tangga, separator)	-	5	8	6
22	Lantai 1 (tangga, separator)	21	5	7	6

T : Apakah alasan Proyek Pembangunan Gedung DLC diberhentikan sementara?

J : Karena ada pandemi covid-19 dan *lockdown* setempat, proyek berhenti pada tanggal 30 Maret 2020 namun diberi kelonggaran untuk menyelesaikan pekerjaan yang terjadi hingga pengecoran. Proyek dimuali kembali pada tanggal 27 Juni 2020.

T : Apa saja pertimbangan dalam menentukan durasi pesimis?

J : Jam kerja yang dibatasi, tenaga kerja yang terbatas, kondisi cuaca yang tidak mendukung, dll.

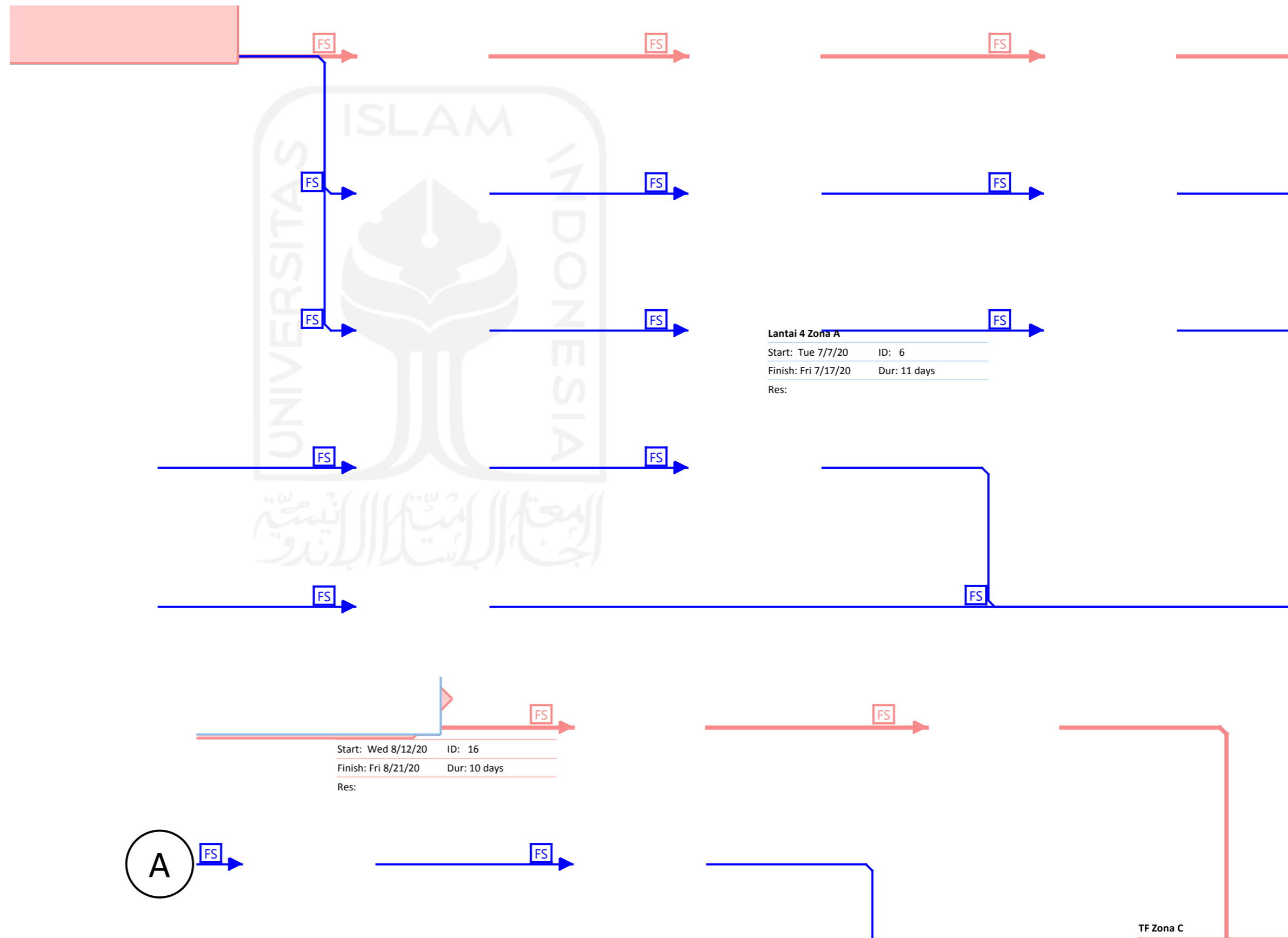
T : Apa saja pertimbangan dalam menentukan durasi optimis?

J : Kondisi cuaca yang mendukung, tenaga kerja yang memadai, metode yang digunakan tepat dan singkat, material dan peralatan lancer, dll.

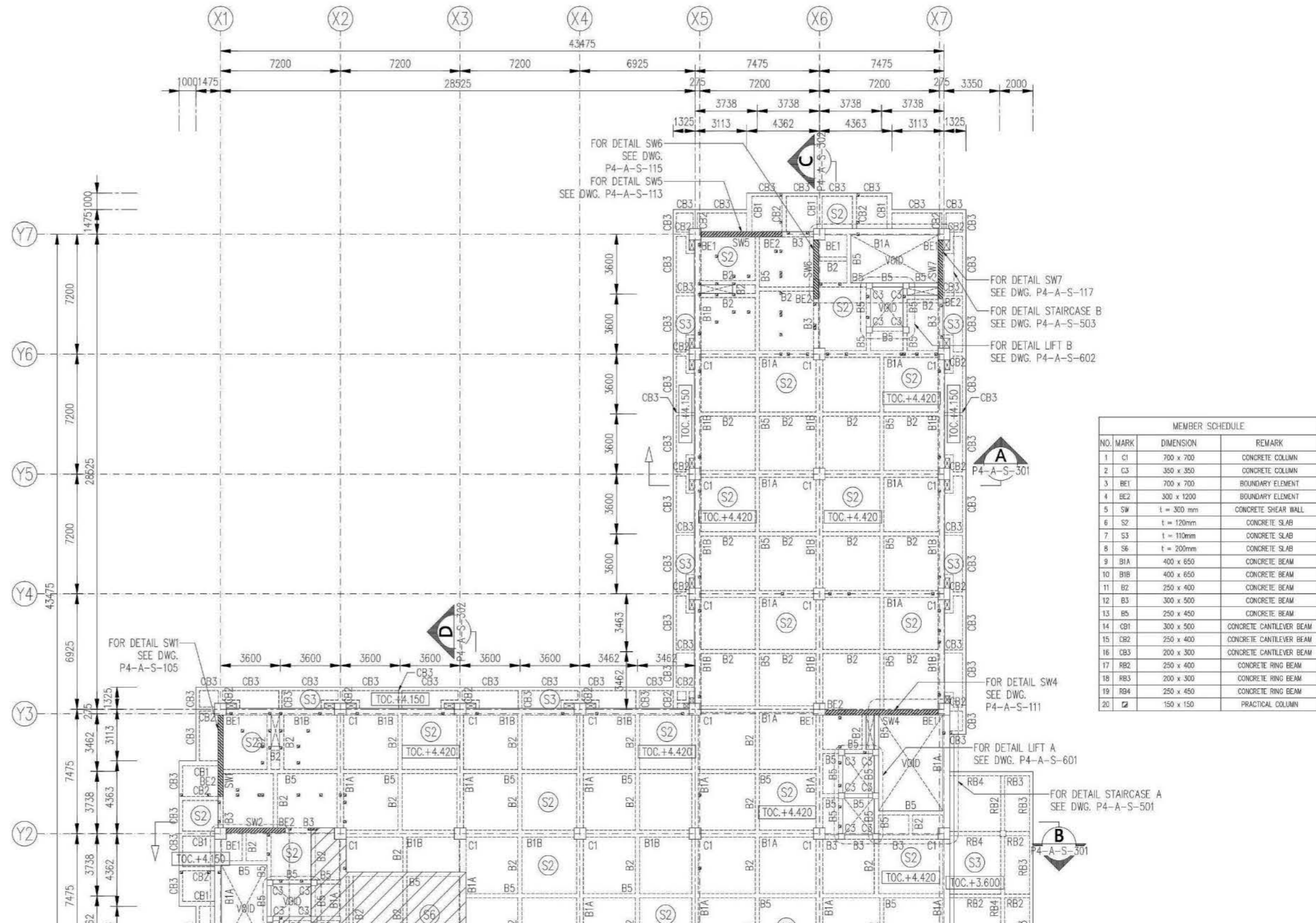
T : Kendala apa saja yang terjadi setelah proyek kembali saat pandemi Covid-19?

J : Tingkat kebersihan dan kesehatan pekerja sangat dipantau, pada awal dimulai kembali sangat dibatasi dan tidak boleh keluar dari lingkungan proyek, kondisi cuaca yang tidak menentu, harus mengejar progress yang tertinggal akibat berhenti sementara.

Lampiran 5. Scheduling Proyek Pembangunan Gedung DLC UGM



Lampiran 6. Gambar Denah Proyek Gedung DLC UGM



Lampiran 7. Dokumentasi Lapangan**Gambar L-7.1 Pembimbing
Lapangan Hari Nursanto****Gambar L-7.3 Narasumber
Parwoto****Gambar L-7.2 Narasumber
Ahmad Agus****Gambar L-7.4 Narasumber
Warsito**

Lanjutan Lampiran 7. Dokumentasi Lapangan



Gambar L-7.5 Pekerjaan Struktur saat Pandemi Covid-19



Gambar L-7.8 Pekerjaan Balok Pelat Lantai



Gambar L-7.6 Bekisting Balok Pelat



Gambar L-7.9 Pekerjaan Atap Baja



Gambar L-7.7 Pekerjaan Tangga



Gambar L-7.10 Tahap Finishing Pekerjaan Struktur