

SEMINAR HASIL

EVALUASI PENJADWALAN PROYEK MENGUNAKAN METODE CPM DAN PERT SERTA KETERLAMBATAN PROYEK MENGGUNAKAN METODE HOR (STUDI KASUS: GEDUNG GABUNGAN XYZ)

Muhammad Rafli Dwi Dava

NIM : 12221069

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI

Dosen Pembimbing Utama:

Vridayani Anggi Leksono, S.Si., M.T.

Dosen Pembimbing Pendamping:

Windi Auliana, S.T., M.T.

Dosen Ketua Penguji:

Ir. Christopher Davito Prabandewa Hertadi, S.Si., M.T.

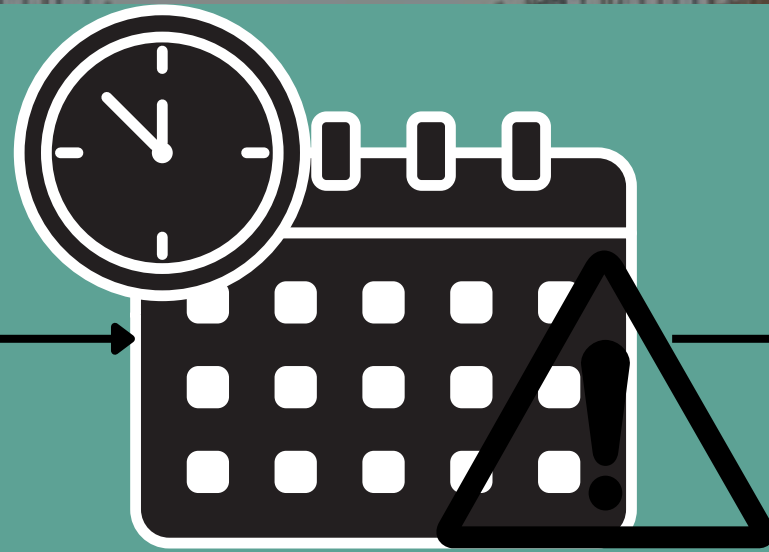
Dosen Penguji 2:

Eka Pratiwi Briant Pakiding, S.T., M.Sc

Latar Belakang



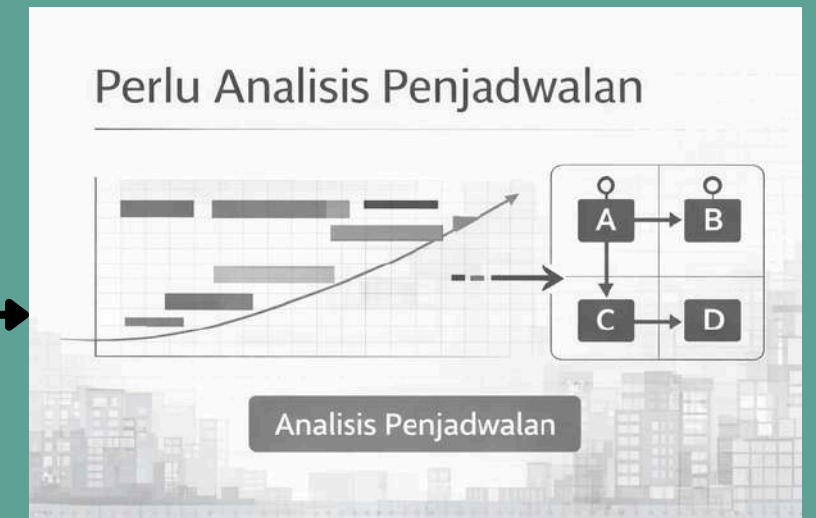
Proyek Pembangunan Gedung Gabungan XYZ



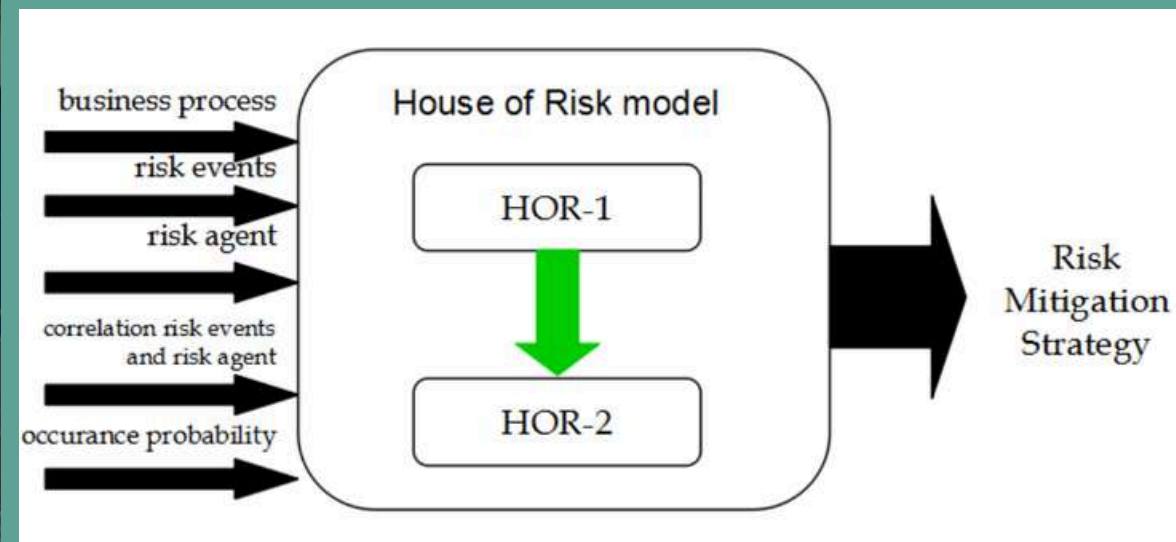
Keterlambatan Proyek



Dampak Keterlambatan Proyek



Evaluasi Penjadwalan

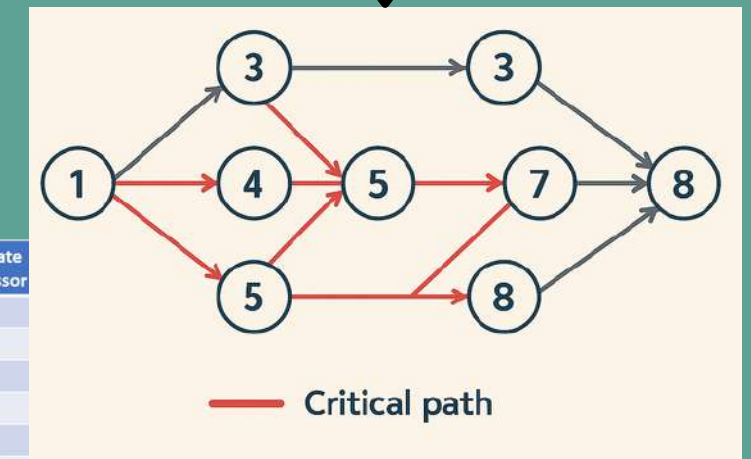


Menggunakan Metode HOR



mengevaluasi penyebab utama keterlambatan proyek secara menyeluruh

Activities	Immediate Predecessor			
A	-			
B	-			
C	-			
D	A			
E	B			
F	C	4	8	12
G	C	3	3	9
H	E, F	6	6	12
I	D	5	8	11
J	H, G	3	3	9



Menggunakan Metode CPM dan PERT

Rumusan Masalah

01. Bagaimana lintasan kritis dan durasi penyelesaian proyek berdasarkan analisis penjadwalan menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM)?
02. Bagaimana estimasi serta probabilitas waktu penyelesaian proyek berdasarkan metode Program Evaluation and Review Technique (PERT)?
03. Apa saja agen risiko utama penyebab keterlambatan proyek serta bagaimana strategi mitigasi yang tepat berdasarkan metode House of Risk (HOR)?

Tujuan Penelitian

01.

Tujuan Satu

Menentukan lintasan kritis dan durasi penyelesaian Proyek Pembangunan Gedung Gabungan XYZ menggunakan metode Critical Path Method (CPM).

02.

Tujuan Dua

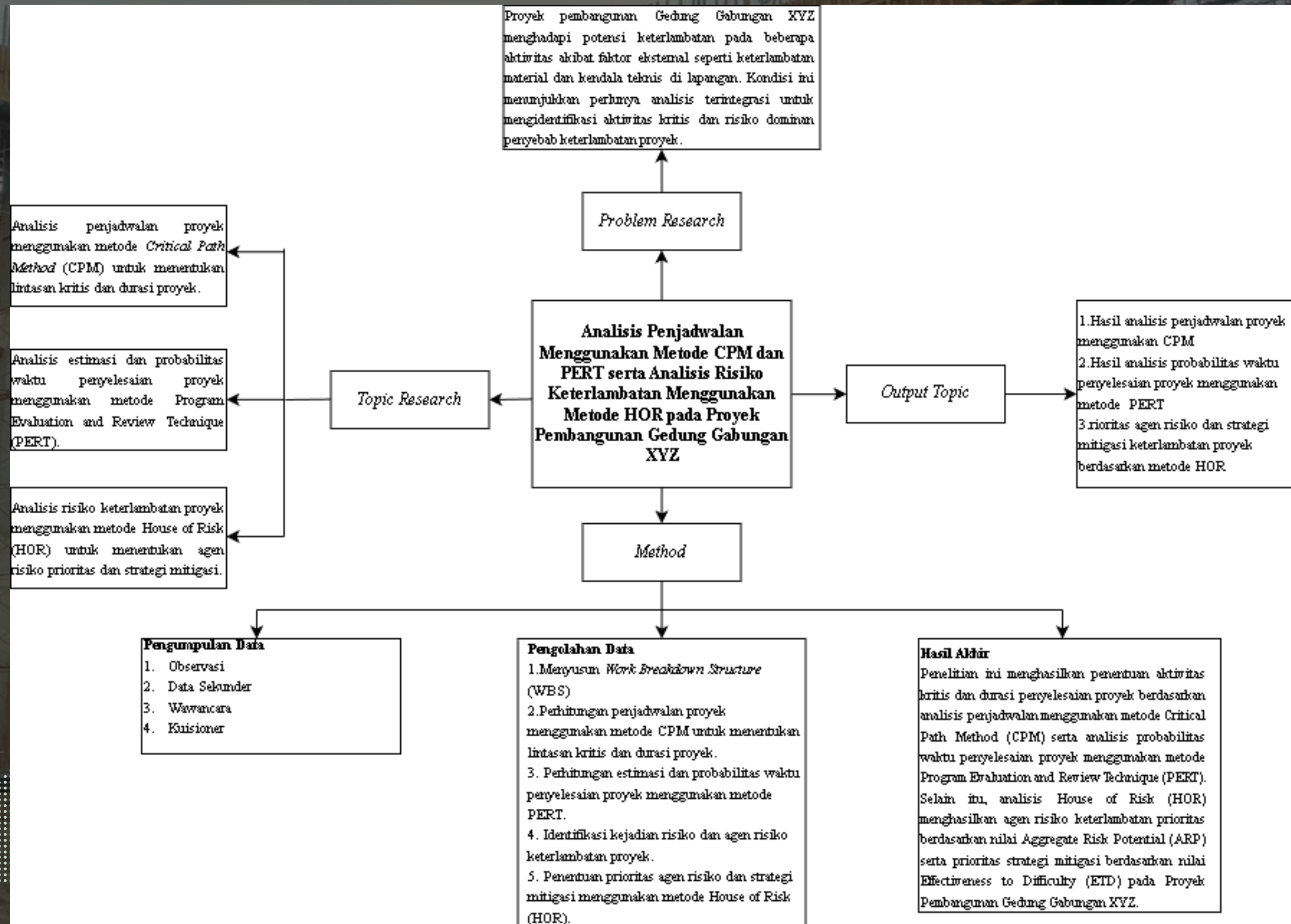
Menganalisis estimasi waktu dan probabilitas penyelesaian proyek menggunakan metode Program Evaluation and Review Technique (PERT).

03.

Tujuan Tiga

Mengidentifikasi agen risiko keterlambatan proyek serta menyusun strategi mitigasi prioritas menggunakan metode House of Risk (HOR).

Kerangka Penelitian



TINJAUAN PUSTAKA

- 01. Manajemen Proyek**
- 02. Risiko dalam Proyek Konstruksi**
- 03. Keterlambatan Proyek (Project Delay)**
- 04. Work Breakdown Structure (WBS)**
- 05. Critical Path Method (CPM)**
- 06. Program Evaluation and Review Technique (PERT)**
- 07. House Of Risk (HOR)**

PENELITIAN TERDAHULU

No	Nama & Tahun Publikasi	Hasil
1.	Aziz, D. M., Sayuti, M., & Suryadi, S. (2024).	Hasil menunjukkan terdapat beberapa aktivitas kritis yang berisiko tinggi terhadap keterlambatan, terutama pada tahap pengadaan material dan pemasangan sistem perpipaan. Analisis HOR mengidentifikasi lima sumber risiko dominan, di antaranya keterlambatan pasokan, cuaca ekstrem, dan kurangnya koordinasi antar kontraktor. Rekomendasi yang diusulkan yaitu peningkatan pengawasan rantai pasok, mitigasi cuaca, serta sinkronisasi jadwal antar divisi melalui integrasi PERT-CPM.
2.	Kuswanto, A., & Shalshabila, O. T. (2025)	menunjukkan bahwa metode CPM dan PERT mampu mengidentifikasi jalur kritis proyek dan memprediksi durasi penyelesaian secara lebih realistis. Hasil analisis CPM menunjukkan bahwa durasi proyek melalui jalur kritis adalah 116 hari, sedangkan hasil perhitungan PERT menghasilkan estimasi waktu harapan proyek sebesar 128 hari. Perbedaan ini mengindikasikan adanya ketidakpastian durasi pekerjaan dan risiko keterlambatan apabila hanya mengacu pada jadwal awal. Selain itu, probabilitas proyek untuk selesai dalam waktu 116 hari sangat kecil, sehingga penulis menyimpulkan bahwa proyek berpotensi mengalami keterlambatan jika tidak dilakukan penyesuaian jadwal atau strategi percepatan. Temuan ini menegaskan pentingnya penggunaan CPM dan PERT dalam mendukung pengambilan keputusan terkait pengendalian waktu dan mitigasi risiko

		mitigasi prioritas, yaitu memperkuat kontrak kerja dengan pemasok, membuat rencana cadangan logistik, menyesuaikan jadwal kerja dengan kondisi cuaca, meningkatkan pelatihan tenaga kerja, serta memperketat pengawasan jadwal pekerjaan di lapangan.
6.	Julkarnaen, T. I., Herlina, L., & Kulsum. (2023).	Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan penerapan CPM dan PERT, waktu penyelesaian proyek dapat dipersingkat. Analisis lintasan kritis mengidentifikasi aktivitas perakitan komponen utama dan pengujian akhir sebagai faktor dominan keterlambatan. Dengan penjadwalan ulang berdasarkan hasil PERT, probabilitas penyelesaian proyek meningkat. Disarankan agar perusahaan melakukan pengawasan aktivitas kritis secara berkala dan memperbaiki manajemen waktu antar divisi perakitan.
7.	Khoiriyah, A. R., Broto, A. B., & Wulandari, L. S. (2023).	Penelitian menemukan 15 kejadian risiko (<i>risk event</i>) dan 19 penyebab risiko (<i>risk agent</i>). Nilai ARP tertinggi diperoleh dari risiko keterlambatan pengadaan material utama, cuaca ekstrem, dan kesalahan perencanaan jadwal awal. HOR tahap 2 menghasilkan lima strategi mitigasi utama, yaitu: membuat jadwal pengadaan yang lebih adaptif terhadap cuaca, memperkuat kontrak dengan pemasok, melakukan review teknis rutin, menambah tim quality control di lapangan, dan menerapkan sistem monitoring proyek berbasis digital. Implementasi strategi ini diharapkan menurunkan tingkat risiko keterlambatan hingga lebih dari 40% berdasarkan simulasi proyek.

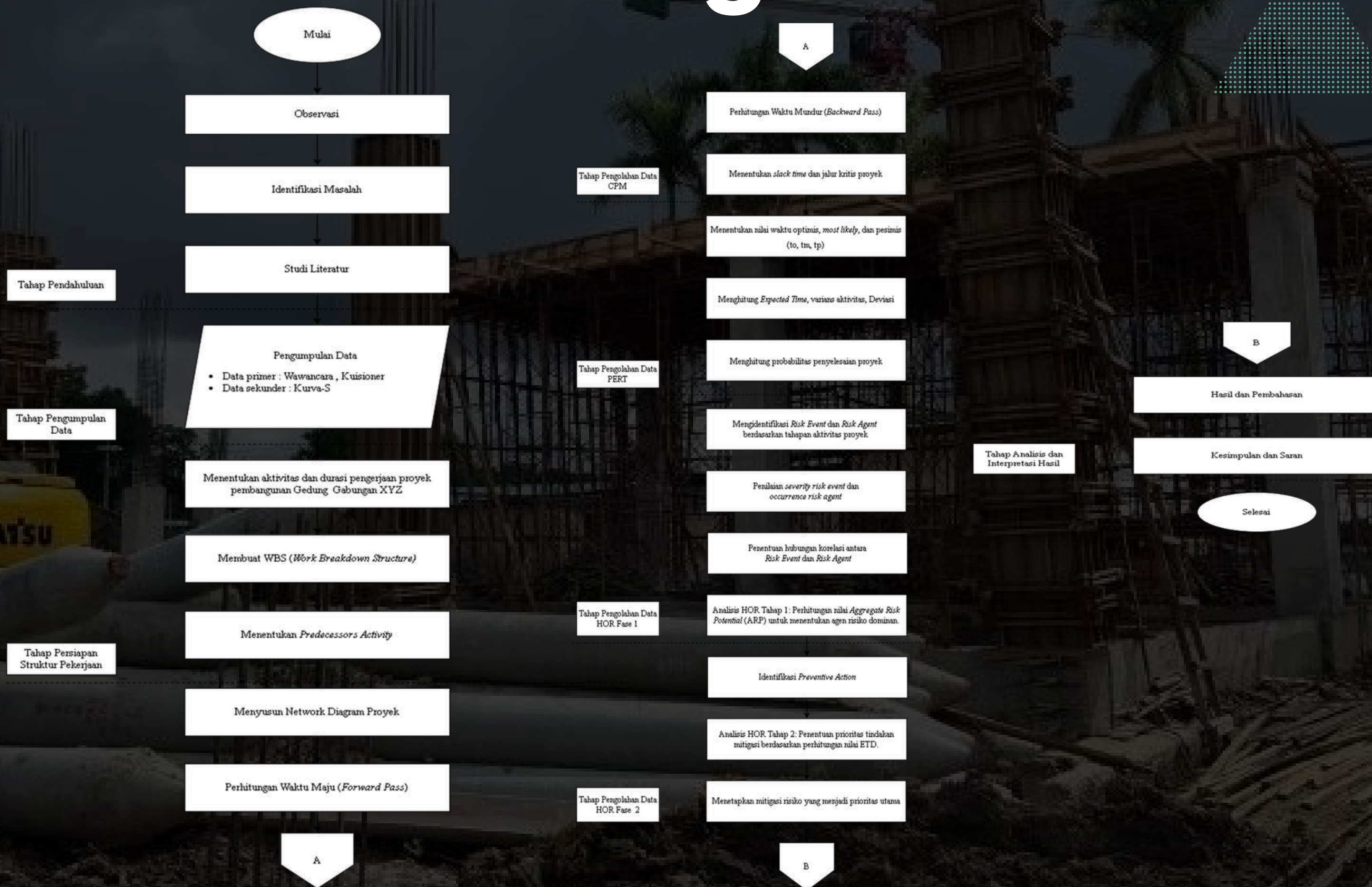
	keterlambatan proyek.
3.	Sarkisian, K. S., Sarya, G., & Triana, M. I. (2023). membuktikan bahwa metode <i>House of Risk</i> (HOR) efektif untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan penyebab keterlambatan proyek konstruksi. Melalui HOR Tahap 1, diperoleh <i>risk agent</i> dominan dengan nilai ARP tertinggi, yang terutama berasal dari keterlambatan material, lemahnya koordinasi, dan kendala teknis di lapangan. Selanjutnya, pada HOR Tahap 2, alternatif tindakan mitigasi dievaluasi menggunakan ETD, sehingga diperoleh prioritas tindakan yang paling efektif dan realistis untuk menekan risiko keterlambatan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa metode HOR mampu menghasilkan strategi mitigasi yang lebih terarah dan sistematis dalam pengendalian keterlambatan proyek.
4.	Arianie, G. P., & Puspitasari, N. B. (2024). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan WBS, CPM, PERT, dan Crashing mampu meningkatkan efisiensi waktu proyek serta menurunkan biaya operasional. Percepatan waktu proyek dicapai dengan penambahan sumber daya pada aktivitas kritis, sementara efektivitas meningkat karena pengendalian jadwal menjadi lebih terstruktur. Rekomendasi penelitian menekankan pentingnya integrasi manajemen waktu dan biaya untuk proyek serupa di masa depan.
5.	Oudsy, N. H., Soetjipto, J. W., & Arifin, S. (2021) Hasil penelitian menunjukkan terdapat 17 risk event dan 26 risk agent yang berpotensi menyebabkan keterlambatan proyek. Berdasarkan perhitungan HOR tahap 1, penyebab risiko dominan adalah: keterlambatan pengiriman material dari pemasok, cuaca buruk yang menghambat pekerjaan lapangan, dan tenaga kerja yang kurang berpengalaman. HOR tahap 2 menghasilkan 5 strategi

RESEARCH GAP

Penulis	Metode					Objek Penelitian
	Work Breakdown Structure (WBS)	Critical Path Method (CPM)	Program Evaluation and Review Technique (PERT)	House Of Risk (HOR)	Crashing	
Aziz, D. M., Sayuti, M., & Suryadi, S. (2024).		✓	✓	✓		Proyek HRSG di PT XYZ
Kuswanto, A., & Shalshabila, O. T. (2025)		✓	✓			SMK Negeri 1 Garut
Sarkisian, K. S., Sarya, G., & Triana, M. I. (2023).				✓		Proyek Pembangunan Rumah Sakit

Arianie, G. P., & Puspitasari, N. B. (2024)	✓	✓	✓		✓	Oiscus Pte Ltd
Oudsy, N. H., Soetjipto, J. W., & Arifin, S. (2021).					✓	Pembangunan Jembatan Joyoboyo–Wonokromo, Surabaya
Julkarnaen, T. I., Herlina, L., & Kulsum. (2023).		✓	✓			PT. Mega Karya Engineering
Khoiriyah, A. R., Broto, A. B., & Wulandari, L. S. (2023).					✓	Pembangunan Proyek Jalan Tol Cinere–Jagorawi (CIJAGO) Seksi 3
Dava, 2025	✓	✓	✓		✓	Proyek Pembangunan Gedung Gabungan XYZ

Metodologi Penelitian



Variabel Penelitian

Variabel Independen (X)

Durasi setiap aktivitas proyek

Hubungan ketergantungan aktivitas
(Predecessor / successor)

Waktu optimis (t_o), paling mungkin (t_m),
dan pesimis (t_p)

Risk Event (kejadian risiko keterlambatan)

Risk Agent (penyebab risiko
keterlambatan)

Nilai severity (tingkat dampak
keterlambatan)

Nilai occurrence (tingkat kemungkinan
terjadinya risiko)

Hubungan (korelasi) antara risk event dan
risk agent

Nilai Aggregate Risk Potential (ARP)

Variabel Dependen (Y)

Jalur kritis proyek (Critical Path)

Total durasi penyelesaian proyek

Probabilitas penyelesaian proyek
(berdasarkan PERT)

Risk agent dominan penyebab
keterlambatan

Prioritas tindakan mitigasi risiko (nilai
ETD HOR Tahap 2)

Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pengumpulan Data

Pengolahan CPM

Pengolahan PERT

Pengolahan HOR

Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan seseuai masing- masing metode :

- **CPM : Kurva S Proyek (Aktivitas dan Durasi)**
- **PERT: Diskusi dan Wawancara dengan Expert Judgement Proyek untuk menentukan tiga estimasi waktu (Most likely, Pessimistic, Optimistic)**
- **HOR :Observasi lapangan, wawancara, diskusi dengan Expert Judgement untuk identifikasi risk event yang berpotensi menyebabkan keterlambatan proyek.**

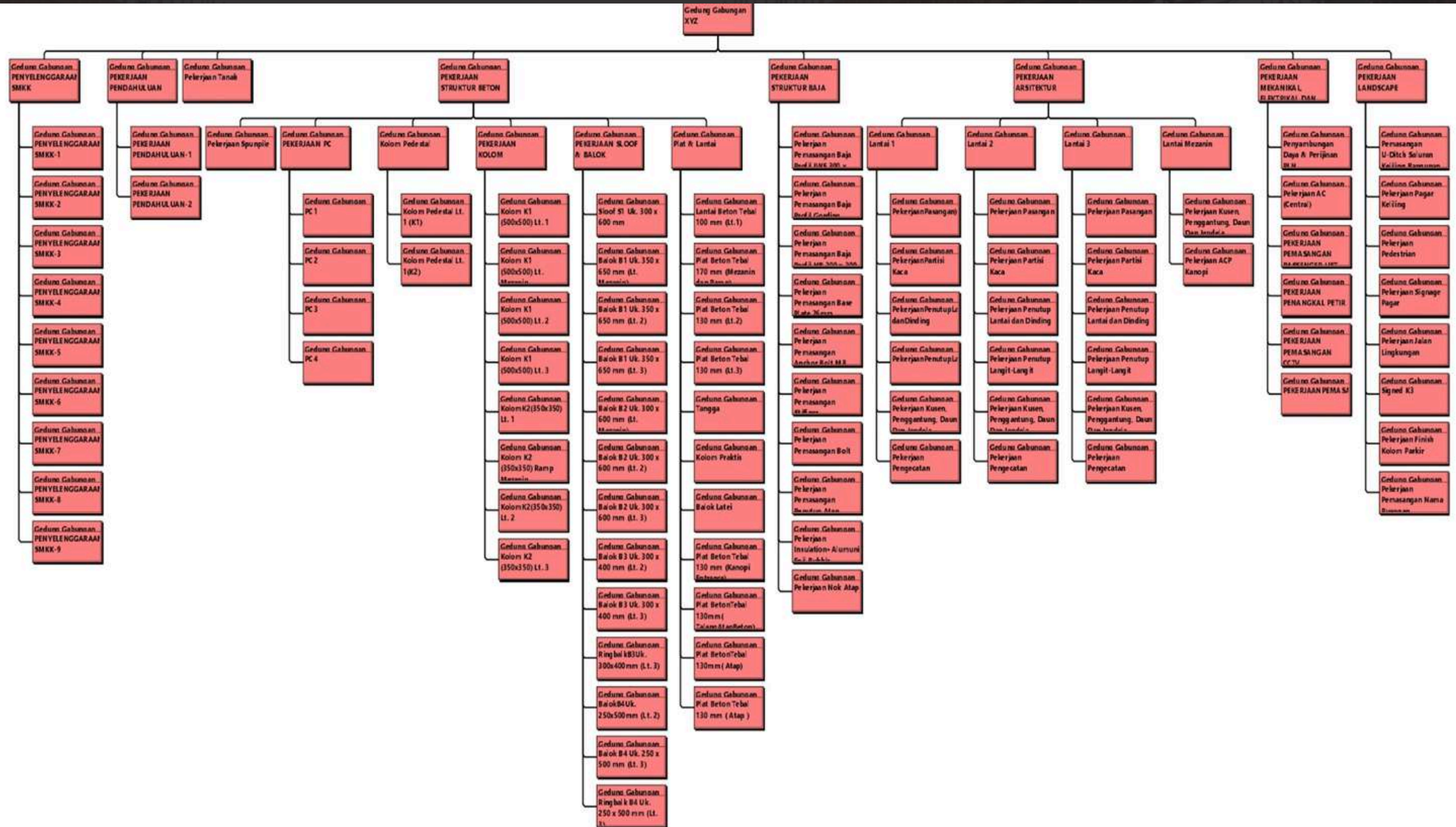
Pengolahan Data

Pengolahan data dimulai dari breakdown aktivitas proyek berdasarkan time schedule menjadi 86 aktivitas pekerjaan, kemudian dilakukan identifikasi durasi dan hubungan antaraktivitas serta penyusunan Work Breakdown Structure (WBS).

NO	Daftar Aktivitas
1	Penyelenggaraan SMKK
2	Pekerjaan Pendahuluan
3	Pekerjaan Tanah
4	Pekerjaan Struktur Beton
5	Pekerjaan Struktur Baja
6	Pekerjaan Arsitektur
7	Pekerjaan Mekanikal, Elektrikal dan <i>Plumbing</i>
8	Pekerjaan <i>Landscape</i>

Proyek terdiri dari 8 aktivitas utama yang diuraikan menjadi 86 aktivitas pekerjaan berdasarkan time schedule proyek.

Work Breakdown Structure



Pengolahan Menggunakan CPM

Analisis CPM dilakukan melalui beberapa tahapan :

1. Identifikasi aktivitas, durasi, dan hubungan ketergantungan pekerjaan berdasarkan time schedule proyek.

2. Penyusunan Network Diagram

3. Perhitungan Foward Pass dan Backward Pass

$$\text{EETj} = (\text{EETi} + \text{D})\text{max} \dots \dots \dots (2.5)$$

$$\text{LETi} = (\text{LETj} - \text{D})\text{min} \dots \dots \dots (2.6)$$

4. Perhitungan Float

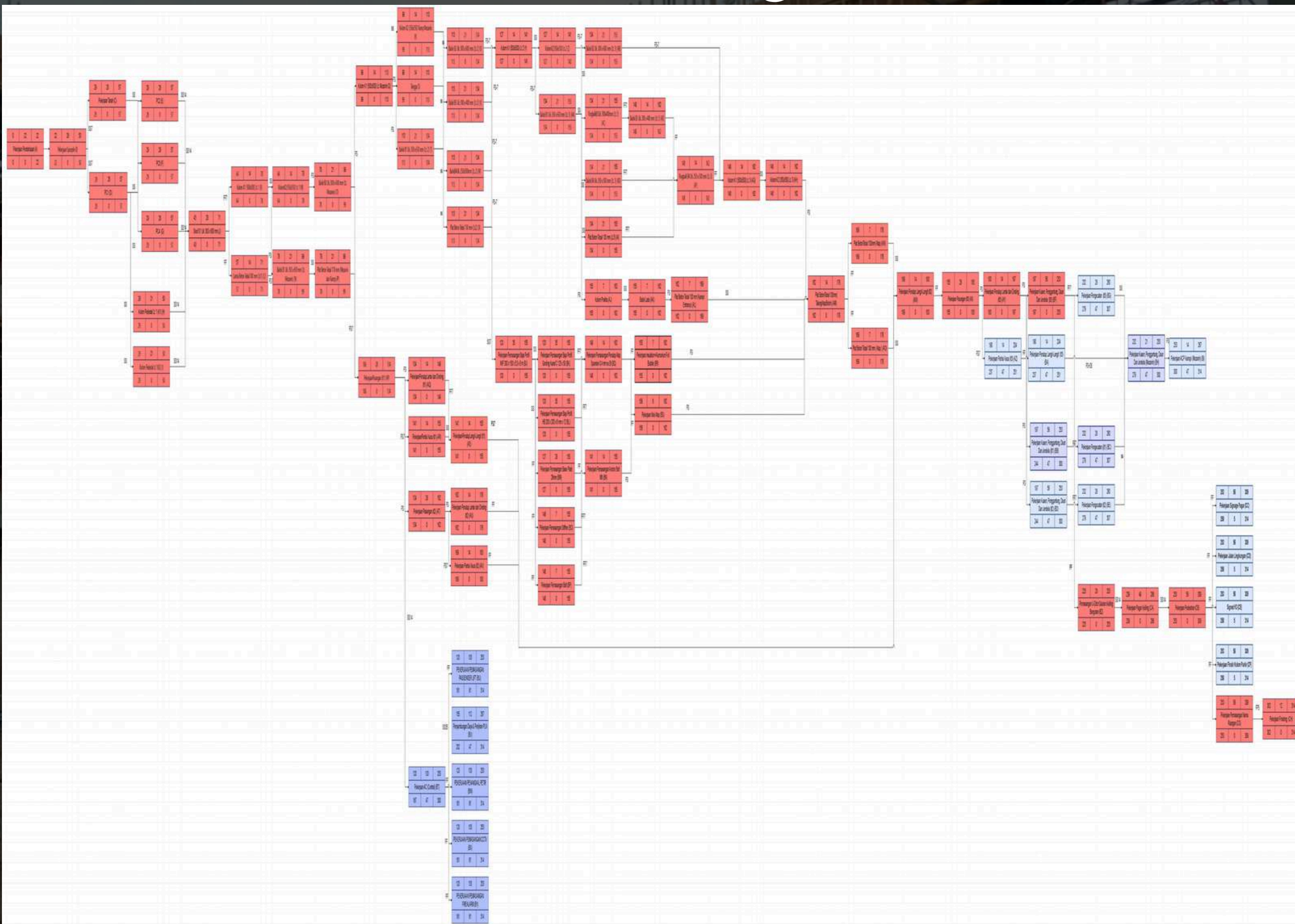
5. Penentuan Jalur Kritis

Pengolahan Menggunakan CPM

- Penentuan Durasi dan Aktivitas Pendahulu

NO	Uraian Aktivitas	Kode Aktivitas	Aktivitas Pendahulu	Jenis Hubungan	Durasi (Hari)
1	Pekerjaan Pendahuluan	A	-	-	22
2	Pekerjaan Spunpile	B	A	FS	28
3	Pekerjaan Tanah	C	B	SS+7	28
4	PC1	D	B	SS+7	28
5	PC2	E	C ; D	SS	28
.....					
83	<i>Signed K3</i>	CE	CB	FF	56
84	Pekerjaan Finish Kolom Parkir	CF	CB	FF	56
85	Pekerjaan Pemasangan Nama Ruangan	CG	CB	FS ; FF	56
86	Pekerjaan <i>Finishing</i>	CH	CG	FF+5	12

Network Diagram



Pengolahan Menggunakan CPM

- Hasil Perhitungan Foward Pass, Backward Pass, dan Float Time

No	Uraian Aktivitas	Kode Aktivitas	Durasi	ES	EF	LS	LF	Total Float	Keterangan
1	Pekerjaan Pendahuluan	A	22	0	22	0	22	0	Kritis
2	Pekerjaan <i>Spunpile</i>	B	28	22	50	22	50	0	Kritis
3	Pekerjaan Tanah	C	28	29	57	29	57	0	Kritis
4	PC1	D	28	29	57	29	57	0	Kritis
5	PC2	E	28	29	57	29	57	0	Kritis
6	PC3	F	28	29	57	29	57	0	Kritis
7	PC4	G	28	29	57	29	57	0	Kritis
8	Kolom Pedestal Lt.1 K1	H	21	29	50	29	50	0	Kritis
9	Kolom Pedestal Lt.1 K2	I	21	29	50	29	50	0	Kritis
10	Sloof S1 Uk. 300 x 600 mm	J	28	43	71	43	71	0	Kritis
11	Kolom K1 500x500 Lt.1	K	14	64	78	64	78	0	Kritis
83	<i>Signed</i> K3	CE	56	253	309	258	314	5	Non-kritis
84	Pekerjaan <i>Finish</i> Kolom Parkir	CF	56	253	309	258	314	5	Non-kritis
85	Pekerjaan Pemasangan Nama Ruang	CG	56	253	309	253	309	0	Kritis
86	Pekerjaan <i>Finishing</i>	CH	12	302	314	302	314	0	Kritis

Hasil analisis CPM setelah perhitungan Foward pass dan Backward Pass menunjukkan durasi proyek sebesar 314 hari dengan 67 aktivitas kritis. Aktivitas-aktivitas tersebut memiliki Total Float = 0 sehingga harus menjadi prioritas pengendalian untuk menghindari keterlambatan proyek.

Pengolahan Data PERT

Analisis PERT dilakukan melalui beberapa tahapan :

1. Menentukan tiga estimasi waktu setiap aktivitas kritis (Waktu optimistik, Waktu paling mungkin, Waktu pesimistik)

2. Menghitung waktu harapan (Expected Time/TE)

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

3. Perhitungan Deviasi , Varians

$$s = \frac{b - a}{6}$$

$$V = s^2$$

4. Jumlahkan seluruh varians aktivitas kritis

5. Menghitung Standar Deviasi Seluruh Aktivitas Kritis

$$\sigma = \sqrt{V_{total}}$$

6. Menghitung Nilai Z

$$Z = \frac{T - TE}{\sigma}$$

7. Perhitungan Probabilitas Penyelesaian Proyek.

Pengolahan Data PERT

- Menentukan tiga estimasi waktu setiap aktivitas kritis

No	Uraian Aktivitas	Kode Aktivitas	Waktu Optimis (a)	Most Likely (m)	Waktu Pesimis (b)
1	Pekerjaan Pendahuluan	A	20	22	29
2	Pekerjaan <i>Spunpile</i>	B	25	28	36
3	Pekerjaan Tanah	C	25	28	36
4	PC1	D	25	28	36
5	PC2	E	25	28	36
6	PC3	F	25	28	36
7	PC4	G	25	28	36
8	Kolom Pedestal Lt.1 K1	H	19	21	27
9	Kolom Pedestal Lt.1 K2	I	19	21	27
10	<i>Sloof</i> S1 Uk. 300 x 600 mm	J	25	28	36
62	Pekerjaan Nok Atap	BS	5	6	8
63	Pemasangan <i>U-Ditch</i> Saluran Keliling Bangunan	BZ	25	28	36
64	Pekerjaan Pagar Keliling	CA	44	49	64
65	Pekerjaan Pedestrian	CB	50	56	73
66	Pekerjaan Pemasangan Nama Ruang	CG	50	56	73
67	Pekerjaan <i>Finishing</i>	CH	11	12	16

Tabel ini menunjukkan data tiga estimasi waktu setiap aktivitas yang digunakan pada metode PERT, yaitu waktu optimistis (a), waktu paling mungkin (m), dan waktu pesimis (b). Data diperoleh melalui wawancara dengan expert judgment dan digunakan untuk menghitung durasi harapan (TE), varians, standar deviasi, serta probabilitas penyelesaian proyek

Pengolahan Data PERT

- Menentukan Expected Time, Deviasi, dan Varians

No	Uraian Aktivitas	Kode Aktivitas	Durasi	Durasi Tiga Waktu (Hari)			Expected Time (te)	Deviasi (s)	Variance (σ)
				a	m	b			
1	Pekerjaan Pendahuluan	A	22	20	22	29	22,83	1,5	2,25
2	Pekerjaan <i>Spunpile</i>	B	28	25	28	36	28,83	1,83	3,35
3	Pekerjaan Tanah	C	28	25	28	36	28,83	1,83	3,35
4	PC1	D	28	25	28	36	28,83	1,83	3,35
5	PC2	E	28	25	28	36	28,83	1,83	3,35
6	PC3	F	28	25	28	36	28,83	1,83	3,35
7	PC4	G	28	25	28	36	28,83	1,83	3,35
8	Kolom Pedestal Lt.1 K1	H	21	19	21	27	21,67	1,33	1,77
9	Kolom Pedestal Lt.1 K2	I	21	19	21	27	21,67	1,33	1,77
10	Sloof S1 Uk. 300 x 600 mm	J	28	25	28	36	28,83	1,83	3,35
.....									
57	Pekerjaan Pemasangan <i>Anchor Bolt</i> M8	BN	14	13	14	18	14,5	0,83	0,69
58	Pekerjaan Pemasangan <i>Stiffner</i>	BO	7	6	7	9	7,17	0,5	0,25
59	Pekerjaan Pemasangan <i>Bolt</i>	BP	7	6	7	9	7,17	0,5	0,25
60	Pekerjaan Pemasangan Penutup Atap Spandek 0,4 mm ex.BI	BQ	14	13	14	18	14,5	0,83	0,69
61	Pekerjaan <i>Insulation + Alumunium Foil Bubble</i>	BR	7	6	7	9	7,17	0,5	0,25
62	Pekerjaan Nok Atap	BS	6	5	6	8	6,17	0,5	0,25
63	Pemasangan <i>U-Ditch</i> Saluran Keliling Bangunan	BZ	28	25	28	36	28,83	1,83	3,35
64	Pekerjaan Pagar Keliling	CA	49	44	49	64	50,67	3,33	11,09
65	Pekerjaan Pedestrian	CB	56	50	56	73	57,83	3,83	14,67
66	Pekerjaan Pemasangan Nama Ruang	CG	56	50	56	73	57,83	3,83	14,67
67	Pekerjaan <i>Finishing</i>	CH	12	11	12	16	12,5	0,83	0,69

Tabel ini menunjukkan hasil perhitungan durasi harapan (TE), deviasi (S), dan varians (V) dari 67 aktivitas proyek. Nilai tersebut digunakan sebagai dasar untuk menghitung total varians jalur kritis, standar deviasi proyek, nilai Z, dan probabilitas penyelesaian proyek pada tahap selanjutnya.

Pengolahan Data PERT

- Hasil Perhitungan Probabilitas Penyelesaian Proyek

1. Total Expected Time Jalur Kritis

TE=324 hari

2. Total Varians Jalur Kritis

$$\sum V = 158,5$$

3. Standar Deviasi Proyek

$$\sigma = \sqrt{158,5}$$
$$\sigma = 12,59$$

4. Perhitungan Nilai

$$Z = \frac{T - TE}{\sigma}$$
$$Z = \frac{345 - 324}{12,59}$$
$$Z = \frac{21}{12,59}$$
$$Z = 1,67$$

5. Probabilitas Penyelesaian Proyek

Dari nilai Z sebesar 1,67 diperoleh probabilitas 95,25%. Artinya proyek memiliki probabilitas 95,25% untuk selesai dalam waktu 345 hari atau lebih cepat dari target yang ditetapkan

Pengolahan Data HOR

Pengolahan Data HOR dilakukan melalui beberapa tahapan :

- **Pengolahan Data HOR fase 1**

- 1. Mengidentifikasi kejadian risiko yang berpotensi menyebabkan keterlambatan proyek (Risk Event)**
- 2. Mengidentifikasi sumber atau penyebab terjadinya risiko (Risk Agent)**
- 3. Penilaian Severity (S) dan Occurrence (O)**
- 4. Menentukan Korelasi antara risk event dan risk agent.**

Skala	Keterangan
0	Tidak Ada Hubungan
1	Tingkat korelasi rendah
3	Tingkat korelasi sedang
9	Tingkat korelasi kuat

- 5. Menghitung Aggregate Risk Potential (ARP)**

$$ARP = O_i \sum_i S_i R_{ij}$$

- 6. Menentukan Risk Agent Prioritas Berdasarkan nilai ARP tertinggi dan diagram Pareto**

Pengolahan Data HOR

- **Pengolahan Data HOR fase 2**
 - 1. Menyusun tindakan mitigasi untuk risk agent prioritas.**
 - 2. Menentukan korelasi PA dengan Risk Agent (Ejk)**
 - 3. Menghitung Total Effectiveness (TEk)**

$$TEk = \sum ARP_j E_{jk}$$
 - 4. Penilaian Degree of Difficulty (Dk)**
 - 5. Perhitungan Rasio Effectiveness to Difficulty (ETD)**

$$ETD_k = TEk / Dk$$
 - 6. Menentukan prioritas mitigasi berdasarkan ETD terbesar**

Pengolahan Data HOR

- **Pengolahan Data HOR fase 1**
- **Mengidentifikasi kejadian risiko yang berpotensi menyebabkan keterlambatan proyek (Risk Event)**

Aktivitas	Risk Event (Ei)	Code	Severity
Pekerjaan Pendahuluan	Keterlambatan mobilisasi alat dan material	E1	4
	Keterlambatan Pekerjaan pengukuran dan <i>bouwplank</i>	E2	4
	Keterlambatan pekerjaan utilitas sementara	E3	3
Pekerjaan Tanah	Keterlambatan Pekerjaan Galian Tanah	E4	4
	Kodisi tanah lapangan tidak sesuai rencana	E5	4
	Gangguan cuaca pada pekerjaan tanah	E6	5
Pekerjaan Struktur Beton	Terjadi Pekerjaan ulang pada elemen struktur	E7	3
	Keterlambatan Pengecoran beton	E8	4
	Keterlambatan pengiriman material beton	E9	4
Pekerjaan Struktur Baja	Keterlambatan proses fabrikasi struktur baja	E10	3
	keterlambatan pemasangan elemen baja yang tidak berjalan sesuai jadwal	E11	4
	Keterlambatan pengadaan material struktur baja	E12	4
Pekerjaan Arsitektur	Hasil pekerjaan <i>Finishing</i> tidak sesuai dengan target mutu dan waktu	E13	3
	Keterlambatan pada Pelaksanaan pekerjaan dinding, plafon, dan lantai	E14	4

Pekerjaan Mekanikal, Elektrikal dan <i>Plumbing</i>	Terjadi Ketidaksesuaian urutan pekerjaan arsitektur di lapangan	E15	2
	Koordinasi pekerjaan arsitektur dengan pekerjaan lain tidak berjalan dengan baik	E16	4
	Instalasi jaringan mekanik dan elektrikal tidak berjalan sesuai <i>shop drawing</i>	E17	3
Pekerjaan <i>landscape</i>	Pelaksanaan pekerjaan MEP mengalami perubahan jalur instalasi di lapangan	E18	3
	Koordinasi pekerjaan MEP dan pekerjaan struktur dan arsitektur tidak optimal	E19	4
	Keterlambatan Material dan Peralatan MEP yang tidak sesuai jadwal kebutuhan proyek	E20	3
Pekerjaan <i>landscape</i>	Pekerjaan <i>drainase</i> dan <i>U-Ditch</i> mengalami hambatan	E21	3
	Kondisi cuaca memengaruhi kualitas dan progres pekerjaan <i>landscape</i>	E22	4
	Penyelesaian area luar bangunan terkendala akses dan mobilisasi material	E23	4

Berdasarkan hasil wawancara dan pengisian kuesioner oleh para responden, diperoleh sebanyak 23 kejadian risiko yang tersebar pada 7 kelompok pekerjaan proyek konstruksi. Risiko-risiko tersebut mencerminkan berbagai potensi hambatan yang dapat memengaruhi pelaksanaan proyek.

Pengolahan Data HOR

• Pengolahan Data HOR fase 1

• Mengidentifikasi sumber atau penyebab terjadinya risiko (Risk Agent)

Kode	Risk Agent	Occurance
1	Keterlambatan pengiriman material oleh <i>supplier</i>	3
2	Keterbatasan sumber daya manusia	4
3	Keterbatasan ketersediaan material	5
4	Kendala alat kerja dan alat berat	4
5	Data dan hasil pengukuran kurang akurat	4
6	Cuaca buruk menghambat pekerjaan	6
7	Kesalahan metode pelaksanaan pekerjaan	4
8	Keterlambatan produksi fabrikasi/ <i>workshop</i>	1
9	Kompetensi dan produktivitas pekerja rendah	4
10	Koordinasi dan komunikasi antar pihak kurang baik	5
11	Ketidaksesuaian gambar kerja dan kondisi lapangan	5
12	Kondisi tanah tidak sesuai kondisi rencana	5
13	Kondisi lapangan kurang mendukung	3
14	Pengawasan pekerjaan kurang optimal	4
15	Kendala distribusi material ke lokasi	4
16	Proses administrasi dan <i>approval</i> lambat	5
17	Kenaikan harga material	5
18	Mutu material dan pekerjaan tidak sesuai spesifikasi	5
19	Perencanaan dan penjadwalan pekerjaan kurang baik	6
20	Konflik antar pihak proyek	5

Tabel ini menunjukkan 20 risk agent beserta nilai occurrence yang diperoleh dari expert judgment. Nilai occurrence menggambarkan tingkat kemungkinan terjadinya masing-masing penyebab risiko dan digunakan sebagai input dalam perhitungan ARP pada HOR Fase 1.

Pengolahan Data HOR

- **Pengolahan Data HOR fase 1**
 - **Menentukan Korelasi antara risk event dan risk agent.**

Risk Event (E)	Risk Agent (A)																				Severity of Risk Event (Si)
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	
E1	9	1	3	3	0	0	0	0	1	3	0	0	1	0	9	0	1	0	3	1	4
E2	9	9	0	1	9	1	0	0	3	1	1	1	0	1	3	0	0	0	3	0	4
E3	1	1	9	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	1	1	9	1	0	3	1	3
E4	9	1	1	9	3	9	1	0	1	3	0	9	3	0	0	0	0	0	1	1	4
E5	3	0	0	1	9	3	0	0	0	1	1	9	1	0	0	0	0	0	0	3	4
E6	9	0	0	3	0	9	1	0	1	1	0	3	1	0	9	0	0	0	1	3	5
E7	0	0	0	1	0	0	9	0	3	3	1	0	0	9	0	0	0	9	1	0	3
E8	9	0	1	3	0	0	1	3	1	3	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	4
E9	9	0	9	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	9	1	1	0	3	3	4
E10	1	1	1	3	0	0	1	9	3	9	3	0	1	1	3	1	3	1	9	1	3
E11	3	1	1	3	0	0	1	3	9	9	9	1	1	3	3	0	0	1	9	0	4
E12	9	0	9	1	0	0	0	3	1	1	0	0	0	0	9	1	3	1	9	1	4
E13	1	1	1	1	0	1	3	0	9	3	1	0	1	9	1	0	1	9	3	1	3
E14	1	1	1	1	0	1	3	0	3	9	3	0	1	3	1	1	1	9	9	0	4
E15	0	0	1	0	0	0	1	0	1	9	1	0	1	1	1	0	0	3	9	1	2
E16	0	0	1	0	0	0	1	0	1	9	3	0	1	1	1	3	0	1	9	1	4
E17	1	0	1	0	0	0	1	0	1	9	9	0	0	1	0	3	1	3	1	1	3
E18	1	0	1	1	0	0	3	0	1	9	9	0	1	0	0	1	1	9	1	1	3
E19	1	0	0	0	0	0	1	0	1	9	1	0	0	1	0	1	0	3	9	0	4
E20	9	0	9	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	9	1	9	1	9	0	3
E21	0	0	0	9	0	9	1	0	1	1	0	3	9	1	0	0	0	1	1	3	3
E22	1	0	0	1	0	9	0	0	1	1	0	0	3	0	0	0	0	0	1	1	4
E23	1	0	1	3	0	1	0	0	1	3	0	0	9	0	9	0	0	0	3	1	4
Occurrence of Agent (Oj)	3	4	5	4	4	6	4	1	4	5	5	5	3	4	4	5	5	5	6	5	
Aggregate Risk Potential (ARP)	1029	244	880	680	336	1026	372	63	640	1745	715	520	369	444	1076	365	380	845	2082	445	
Priority of Rank Agent	4	19	6	9	18	5	15	20	10	2	8	11	16	13	3	17	14	7	1	12	

Tabel ini merupakan matriks HOR Fase 1 yang menunjukkan korelasi hubungan antara risk event dan risk agent berdasarkan hasil penilaian expert judgment. Matriks ini digunakan sebagai dasar perhitungan nilai ARP pada HOR Fase 1

Pengolahan Data HOR

Pengolahan Data HOR fase 1

- Menghitung Aggregate Risk Potential (ARP)
- Menentukan Risk Agent Prioritas Berdasarkan nilai ARP tertinggi dan diagram Pareto

Risk Agent	A19	A10	A15	A1	A6	A3	A18	A11	A4	A9	A12	A20	A14	A17	A7	A13	A16	A5	A2	A8
ARP	2082	1745	1076	1029	1026	880	845	715	680	640	520	445	444	380	372	369	365	336	244	63
Ranking	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
%	15%	12%	8%	7%	7%	6%	6%	5%	5%	4%	4%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	2%	2%	0%
cumm %	15%	27%	35%	42%	49%	55%	61%	66%	71%	75%	79%	82%	85%	88%	91%	94%	96%	99%	100%	100%

Tabel tersebut menunjukkan hasil perhitungan Aggregate Risk Potential (ARP) untuk setiap risk agent pada HOR Fase 1. Nilai ARP diperoleh dari kombinasi nilai severity, occurrence, dan hubungan antara risk event dengan risk agent. Selanjutnya risk agent diurutkan berdasarkan nilai ARP dari yang tertinggi hingga terendah untuk menentukan prioritas risiko yang perlu mendapatkan perhatian lebih lanjut. Berdasarkan hasil tersebut, risk agent A19 memiliki nilai ARP tertinggi sebesar 2082, diikuti A10 sebesar 1745, A15 sebesar 1076, dan A1 sebesar 1029

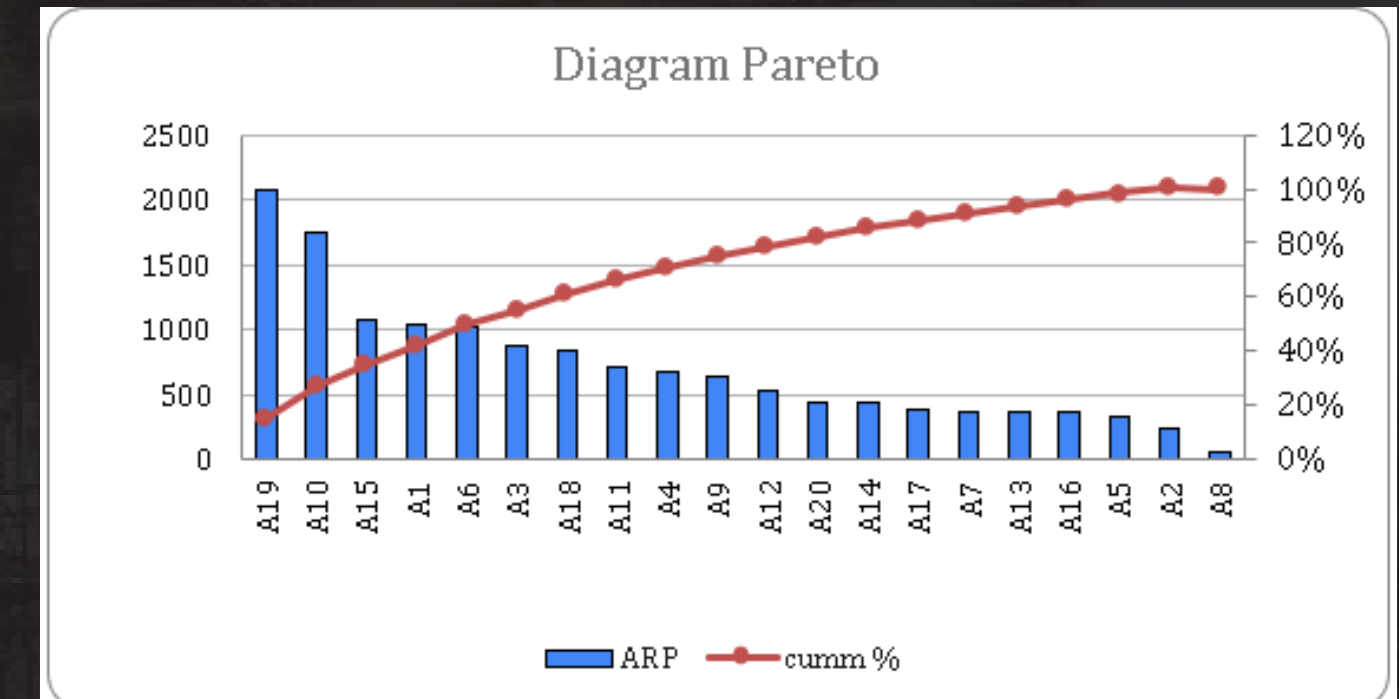


Diagram Pareto digunakan untuk memvisualisasikan urutan nilai ARP. Berdasarkan hasil tersebut, dipilih 20% dari total risk agent dengan nilai ARP tertinggi sebagai risk agent dominan yang akan dianalisis lebih lanjut pada HOR Fase 2.

Pengolahan Data HOR

• Pengolahan Data HOR fase 2

Menyusun tindakan mitigasi untuk risk agent prioritas.

<i>Risk Agent</i>	Kode	Strategi Mitigasi	Kode
Perencanaan dan penjadwalan pekerjaan kurang baik	A19	Menyusun jadwal kerja terintegrasi sesuai urutan pelaksanaan proyek.	PA1
		Melakukan evaluasi dan pembaruan jadwal proyek secara berkala.	PA2
Koordinasi dan komunikasi antar pihak kurang baik	A10	Melakukan <i>meeting</i> dua kali / minggu antara pihak <i>owner</i> dan Kontraktor	PA3
		Membuat alur komunikasi yang jelas	PA4
Kendala distribusi material ke lokasi	A15	Menyusun jadwal distribusi material sesuai kebutuhan proyek.	PA5
		Menyediakan cadangan material penting	PA6
Keterlambatan pengiriman material oleh <i>supplier</i>	A1	Memilih <i>supplier</i> yang memiliki ketepatan pengiriman baik.	PA7
		Menyiapkan alternatif <i>supplier</i> apabila terjadi keterlambatan.	PA8
		Melakukan pengecekan dan koordinasi pengiriman material secara berkala dengan <i>supplier</i> .	PA9

Pada HOR Fase 2 dilakukan penyusunan tindakan mitigasi untuk risk agent prioritas yang telah terpilih pada HOR Fase 1. Setiap risk agent dapat memiliki satu atau lebih strategi mitigasi yang bertujuan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya risiko dan dampak keterlambatan proyek.

Pengolahan Data HOR

• Pengolahan Data HOR fase 2

Menentukan korelasi PA dengan Risk Agent (Ejk)

Kode	PA1	PA2	PA3	PA4	PA5	PA6	PA7	PA8	PA9	ARP
A19	9	9	3	3	1	0	0	0	0	407
A10	3	1	9	9	1	0	0	0	1	397
A15	0	0	0	0	9	9	1	3	9	308
A1	1	0	0	0	3	1	9	9	9	270

Pada berikut menunjukkan korelasi antara Preventive Action dan Risk Agent sehingga pihak proyek dapat mengetahui pengaruh yang diberikan oleh Preventive Action ini terhadap setiap Risk Agent.

Menghitung Total Effectiveness (TEk)

Kode	PA1	PA2	PA3	PA4	PA5	PA6	PA7	PA8	PA9	ARP
A19	9	9	3	3	1	0	0	0	0	2082
A10	3	1	9	9	1	0	0	0	1	1745
A15	0	0	0	0	9	9	1	3	9	1076
A1	1	0	0	0	3	1	9	9	9	1029
TeK	25002	20483	21951	21951	16598	10713	10337	12489	20690	

Tabel ini menunjukkan hasil perhitungan Total Effectiveness (TEk) setiap preventive action. Nilai TEk diperoleh dari perkalian ARP dengan nilai korelasi Ejk dan digunakan sebagai dasar untuk menentukan prioritas tindakan mitigasi pada HOR Fase 2

$$TEk = \sum ARP_j E_{jk}$$

$$= (2082 \times 9) + (1745 \times 3) + (1076 \times 0) + (1 \times 1029)$$

$$= 25002$$

Pengolahan Data HOR

• Pengolahan Data HOR fase 2

Penilaian Degree of Difficulty (Dk)

	<i>Preventive Action</i>	<i>Degree of Difficulty</i>
PA1	Menyusun jadwal kerja terintegrasi sesuai urutan pelaksanaan proyek.	3
PA2	Melakukan evaluasi dan pembaruan jadwal proyek secara berkala.	3
PA3	Melakukan <i>meeting</i> dua kali / minggu antara pihak owner dan Kontraktor	5
PA4	Membuat alur komunikasi yang jelas	4
PA5	Menyusun jadwal distribusi material sesuai kebutuhan proyek.	4
PA6	Menyediakan cadangan material penting	4
PA7	Memilih <i>supplier</i> yang memiliki ketepatan pengiriman baik.	4
PA8	Menyiapkan alternatif supplier apabila terjadi keterlambatan.	4
PA9	Melakukan pengecekan dan koordinasi pengiriman material secara berkala dengan <i>supplier</i> .	4

Degree of Difficulty (Dk) merupakan penilaian tingkat kesulitan implementasi setiap tindakan mitigasi berdasarkan expert judgment. Nilai Dk digunakan dalam perhitungan ETD untuk menentukan prioritas mitigasi.

Pengolahan Data HOR

• Pengolahan Data HOR fase 2

Perhitungan Rasio Effectiveness to Difficulty (ETD)

Risk Agent (A)	Preventive Action (PA)									Aggregate Risk Potential (ARP)
	PA1	PA2	PA3	PA4	PA5	PA6	PA7	PA8	PA9	
A19	9	9	3	3	1	0	0	0	0	2082
A10	3	1	9	9	1	0	0	0	1	1745
A15	0	0	0	0	9	9	1	3	9	1076
A1	1	0	0	0	3	1	9	9	9	1029
Total Effectiveness (TeK)	25002	20483	21951	21951	16598	10713	10337	12489	20690	
Degree of Difficulty (Dk)	3	3	5	4	4	4	4	4	4	
Effectiveness to Difficulty Ratio (ETD)	8334	6828	4390	5488	4150	2678	2584	3122	5173	
Rank of Priority	1	2	5	3	6	8	9	7	4	

Setelah diperoleh nilai Total Effectiveness (TEK) dan Degree of Difficulty (Dk), dilakukan perhitungan Effectiveness to Difficulty Ratio (ETD). Nilai ETD digunakan untuk mengetahui prioritas tindakan mitigasi dengan mempertimbangkan tingkat efektivitas dan tingkat kesulitan implementasinya. Hasil perhitungan ETD kemudian digunakan untuk menentukan urutan prioritas tindakan mitigasi yang direkomendasikan

$$\begin{aligned}
 ETD_k &= TE_k / D_k \\
 &= 25002 / 3 \\
 &= 8334
 \end{aligned}$$

Pengolahan Data HOR

• Pengolahan Data HOR fase 2

Perhitungan Rasio Effectiveness to Difficulty (ETD)

Kode	Preventive Action	Effectiveness to Difficulty Ratio (ETD)
PA1	Menyusun jadwal kerja terintegrasi sesuai urutan pelaksanaan proyek.	8334
PA2	Melakukan evaluasi dan pembaruan jadwal proyek secara berkala.	6828
PA3	Melakukan <i>meeting</i> dua kali / minggu antara pihak owner dan Kontraktor	4390
PA4	Membuat alur komunikasi yang jelas	5488
PA5	Menyusun jadwal distribusi material sesuai kebutuhan proyek.	4150
PA6	Menyediakan cadangan material penting	2678
PA7	Memilih <i>supplier</i> yang memiliki ketepatan pengiriman baik.	2584
PA8	Menyiapkan alternatif <i>supplier</i> apabila terjadi keterlambatan.	3122
PA9	Melakukan pengecekan dan koordinasi pengiriman material secara berkala dengan supplier.	5173

Berdasarkan hasil perhitungan Effectiveness to Difficulty Ratio (ETD), diperoleh urutan prioritas tindakan mitigasi yang direkomendasikan untuk mengurangi risiko keterlambatan proyek. Preventive action dengan nilai ETD tertinggi adalah PA1, yaitu menyusun jadwal kerja terintegrasi sesuai urutan pelaksanaan proyek. Selanjutnya diikuti oleh PA2, PA4, dan PA9. Keempat tindakan tersebut menjadi prioritas utama karena memiliki tingkat efektivitas yang tinggi dalam mengurangi risiko dengan tingkat kesulitan implementasi yang relatif lebih rendah dibandingkan tindakan mitigasi lainnya.

PENUTUP

KESIMPULAN

SARAN

Kesimpulan

- 1. Berdasarkan hasil evaluasi penjadwalan menggunakan metode Critical Path Method (CPM), diperoleh durasi penyelesaian proyek selama 314 hari. Durasi tersebut merupakan durasi hasil analisis jaringan kerja proyek berdasarkan perhitungan maju (forward pass) dan perhitungan mundur (backward pass). Hasil identifikasi total float menunjukkan bahwa terdapat 67 aktivitas kritis dari total 86 aktivitas proyek. Aktivitas yang termasuk ke dalam lintasan kritis merupakan aktivitas yang memiliki nilai total float = 0, sehingga tidak memiliki kelonggaran waktu dalam pelaksanaannya. Aktivitas-aktivitas tersebut berpengaruh langsung terhadap durasi penyelesaian proyek karena keterlambatan pada salah satu aktivitas kritis dapat menyebabkan keterlambatan pada waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan. Oleh karena itu, keterlambatan pada salah satu aktivitas kritis dapat memengaruhi durasi penyelesaian proyek secara keseluruhan.**
- 2. Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode Program Evaluation and Review Technique (PERT), estimasi waktu penyelesaian proyek dihitung berdasarkan tiga estimasi waktu, yaitu waktu optimis, waktu paling mungkin, dan waktu pesimis. Hasil perhitungan PERT menunjukkan durasi harapan penyelesaian proyek sebesar 324 hari. Selain itu, diperoleh total variance sebesar 158,5 dan standar deviasi sebesar 12,59. Dengan target waktu penyelesaian proyek sebesar 345 hari berdasarkan hasil wawancara melalui expert judgment, diperoleh nilai Z sebesar 1,67 dan probabilitas penyelesaian proyek sebesar 95,25%. Dengan demikian, nilai tersebut menunjukkan bahwa target waktu 345 hari memiliki tingkat kemungkinan ketercapaian yang tinggi berdasarkan analisis PERT.**
- 3. Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode House of Risk (HOR), diperoleh agen risiko prioritas penyebab keterlambatan proyek, yaitu perencanaan dan penjadwalan pekerjaan kurang baik (A19) dengan nilai ARP 2082, koordinasi dan komunikasi antar pihak kurang baik (A10) dengan nilai ARP 1745, kendala distribusi material ke lokasi (A15) dengan nilai ARP 1076, dan keterlambatan pengiriman material oleh supplier (A1) dengan nilai ARP 1029. Pada HOR Fase 2, diperoleh 9 preventive action sebagai strategi mitigasi terhadap agen risiko prioritas. Berdasarkan hasil perhitungan Effectiveness to Difficulty Ratio (ETD), strategi mitigasi yang paling diprioritaskan adalah menyusun jadwal kerja terintegrasi sesuai urutan pelaksanaan proyek (PA1) dengan nilai ETD tertinggi sebesar 8334. Strategi prioritas berikutnya adalah melakukan evaluasi dan pembaruan jadwal proyek secara berkala (PA2) dengan nilai ETD 6828, membuat alur komunikasi yang jelas (PA4) dengan nilai ETD 5488, dan melakukan pengecekan serta koordinasi pengiriman material secara berkala dengan supplier (PA9) dengan nilai ETD 5173. Dengan demikian, strategi mitigasi utama yang disarankan adalah penerapan PA1, kemudian diikuti oleh PA2, PA4, dan PA9 sebagai strategi pendukung. Strategi tersebut diprioritaskan karena memiliki nilai ETD tertinggi, sehingga dinilai paling efektif dibandingkan tingkat kesulitan penerapannya dalam mengurangi risiko keterlambatan proyek.**

Saran

- 1. Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan evaluasi dalam pengelolaan waktu dan risiko proyek. Metode CPM dapat membantu mengetahui aktivitas yang berpengaruh langsung terhadap durasi proyek, metode PERT dapat digunakan untuk memperkirakan durasi harapan dan tingkat kemungkinan penyelesaian proyek, sedangkan metode HOR dapat membantu menentukan sumber risiko yang perlu diprioritaskan beserta strategi penanganannya.**
- 2. Pihak proyek sebaiknya melakukan pengawasan lebih intensif terhadap aktivitas yang berada pada lintasan kritis karena aktivitas tersebut tidak memiliki kelonggaran waktu. Selain itu, pembaruan jadwal perlu dilakukan secara berkala, koordinasi antar pihak harus diperjelas, dan distribusi material perlu dikendalikan agar hambatan pelaksanaan dapat diminimalkan.**
- 3. Penelitian berikutnya dapat menambahkan analisis biaya agar evaluasi proyek tidak hanya dilihat dari sisi waktu, tetapi juga dari dampak finansial yang ditimbulkan. Selain itu, penggunaan metode percepatan seperti Time Cost Trade Off (TCTO) dapat dipertimbangkan untuk mengetahui alternatif percepatan proyek yang paling efektif.**



Terima Kasih

