

BAB IV

HASIL ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum

Suatu penelitian memiliki beberapa tujuan yang ingin dicapai. Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh keterlambatan waktu datangnya material terhadap waktu penyelesaian dan untuk mengetahui pengaruh jumlah material yang tidak memadai terhadap waktu penyelesaian suatu proyek. Tujuan-tujuan dari penelitian ini akan terjawab dalam BAB IV yakni analisa dan pembahasan. Teori – teori pada BAB II dan langkah – langkah diagram alir yang telah dijelaskan pada BAB III akan menjadi dasar proses analisa dan pembahasan, yakni mengenai bagaimana menghitung produksi tenaga kerja, produksi alat dan menentukan produksi minimum. Hasil penentuan dari produksi minimum dapat digunakan untuk menghitung waktu penyelesaian dan kebutuhan material.

Dalam penelitian ini, untuk mengetahui item pekerjaan atau kegiatan kegiatan yang melalui jalur kritis yaitu dengan menggunakan metode network diagram. Setelah mengetahui item pekerjaan atau kegiatan kegiatan yang melalui jalur kritis, langkah selanjutnya adalah dibuat simulasi keterlambatan penyediaan material yang dibedakan dari dua segi yaitu dari segi jumlah dan dari segi waktu. Simulasi keterlambatan dari segi waktu yakni selama 3 jam dengan interval 1 jam. Dari segi jumlah material yang tersedia yaitu sebesar 30% dengan interval 10 %. Pengaruh dari keterlambatan penyediaan material ini mengakibatkan perubahan produksi pada tenaga kerja dan alat, sehingga produksi minimum mengalami perubahan. Dengan adanya perubahan pada produksi minimum dapat menentukan perubahan pada waktu penyelesaian.

4.2 Data Rencana Anggaran Biaya

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah berupa data sekunder yang diperoleh dari Rencana Anggaran Biaya (RAB) pada proyek Peningkatan Dan Pemeliharaan Rutin Ruas Jalan Penunjang KSPN KOMODO (PHJD) (65,2KM) Manggarai Barat, Nusa Tenggara Timur tahun anggaran 2021. Dengan nilai berdasarkan

kontrak Rp 65.336.175,200,- (enam puluh lima milyar tiga ratus tiga puluh enam juta seratus tujuh puluh lima ribu dua ratus rupiah). Biaya ini merupakan hasil dari biaya total harga konstruksi ditambah pajak pertambahan. Waktu penyelesaian 240 hari kalender dan kontraktor pelaksana PT. Bumi Indah. Nilai proyek berdasarkan kontrak dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1 Biaya Proyek Berdasarkan Kontrak

No. Divisi	Uraian Pekerjaan	Lingkup Kegiatan	
		Gabungan	
		65.20 km	
		Harga Per Divisi (Rp)	Bobot
1	Umum	2.204.283.800,00	3,71
2	Drainase	3.120.603.325,20	5,25
3	Pekerjaan Tanah Dan Geosintetik	2.498.197.632,26	4,21
5	Perkerasan Berbutir	11.458.885.402,39	19,29
6	Perkerasan Aspal	23.186.242.998,79	39,04
7	Struktur	9.811.928.428,90	16,52
9	Pekerjaan Harian Dan Pekerjaan Lain2	2.484.664.325,33	4,18
10	Pekerjaan Pemeliharaan	4.631.717.080,09	7,80
a	Harga Konstruksi	59.396.522.992,96	100,00
b	Total Harga Konstruksi	59.396.522.992,96	
c	Bobot Tertimbang (a/b)*100		100
d	Pajak Pertambahan Nilai (PPN) 10%*b	5.939.652.299,30	
e	Total Harga + PPN= b+d	65.336.175.292,25	

Sumber: Data RAB 2021

Dalam perjalanan proyek, terdapat beberapa addendum sehingga biaya proyek berdasarkan kontrak berbeda dengan yang ada pada laporan harian . Terdapat 5 addendum dengan Nomor Addendum I ADD. I. PUPR.BM.05.01/602/17/V/2021 pada tanggal 2 Mei 2021, Nomor Addendum II ADD.II. PUPR. BM. 05.01/602/17/IX/ 2021 pada tanggal 24 september 2021, Nomor Addendum III ADD.III. PUPR. BM. 05.01/602/17/X/ 2021 pada tanggal 29 oktober 2021, Nomor Addendum IV ADD.IV. PUPR. BM. 05.01/602/17/XI/ 2021 pada tanggal 4 november 2021 dan Nomor

Addendum V ADD.V. PUPR. BM. 05.01/602/17/XI / 2021 pada tanggal 10 november 2021. Biaya proyek yang terdapat pada laporan harian terbilang Rp 58.323.543.334,76-, (Lima puluh delapan milyar tiga ratus dua puluh tiga juta lima ratus empat puluh tiga tiga ratus tiga puluh empat tujuh enam rupiah). Biaya proyek berdasarkan laporan harian dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 4.2 Biaya Proyek Berdasarkan Laporan Harian

No. Divisi	Uraian Pekerjaan	Lingkup Kegiatan	
		Gabungan	
		65.20 km	
		Harga Per Divisi (Rp)	Bobot
1	Umum	2.204.283.800,00	4,16
2	Drainase	2.886.033.451,57	5,44
3	Pekerjaan Tanah Dan Geosintetik	3.904.633.387,01	7,36
5	Perkerasan Berbutir	12.632.241.156,70	23,82
6	Perkerasan Aspal	14.357.965.379,77	27,08
7	Struktur	12.494.772.506,95	23,57
9	Pekerjaan Harian Dan Pekerjaan Lain2	1.450.563.331,87	2,74
10	Pekerjaan Pemeliharaan	3.090.910.017,73	5,83
a	Harga Konstruksi	53.021.403.031,60	100,00
b	Total Harga Konstruksi	53.021.403.031,60	
c	Bobot Tertimbang (a/b)*100		100
d	Pajak Pertambahan Nilai (PPN) 10%*b	5.302.140.303,16	
e	Total Harga + PPN= b+d	58.323.543.334,76	

Sumber: Hasil Analisa 2023

Oleh karena terjadi perbedaan biaya proyek pada kontrak dan laporan harian, maka proses analisa selanjutnya yaitu dengan menggunakan data rencana anggaran biaya (RAB) yang terdapat pada laporan harian yaitu terbilang Rp 58.323.543.334,76-, (Lima puluh delapan milyar tiga ratus dua puluh tiga juta lima ratus empat puluh tiga tiga ratus tiga puluh empat tujuh enam rupiah).

Data Rencana Anggaran Biaya (RAB) pada laporan harian dan kontrak terdiri dari empat lingkup kegiatan yaitu lingkup kegiatan rutin, rutin kondisi, pemeliharaan berkala dan rehabilitasi. Lingkup kegiatan rutin dengan ruas 57,934 km, rutin kondisi dengan ruas 30,537 km, pemeliharaan berkala dengan ruas 9,054km, rehabilitasi dengan ruas 7,806 km dan total ruas dari ke empat lingkup kegiatan yaitu 65,2 km. Ke-empat lingkup kegiatan pada data Rencana Anggaran Biaya dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut ini.

Tabel 4.3 Lingkup Kegiatan Berdasarkan Data RAB

Lingkup Kegiatan				
Rutin	Rutin Kondisi	Pemeliharaan Berkala	Rehabilitasi	Gabungan
57.934 km	30.537 km	9.054 km	7.806 km	65.20 km

Sumber: Data RAB 2023

Dari tabel 4.3 diatas terdapat 4 lingkup kegiatan pada proyek Peningkatan Dan Pemeliharaan Rutin Ruas Jalan Penunjang KSPN KOMODO (PHJD) (65,2KM) Manggarai Barat, Nusa Tenggara Timur yaitu lingkup kegiatan rutin, rutin kondisi, pemeliharaan berkala dan rehabilitasi. Namun pada proses analisa peneliti menggunakan volume berdasarkan laporan harian dengan lingkup kegiatan yang diteliti adalah lingkup kegiatan rehabilitasi.

Dari ke-empat lingkup kegiatan pada tabel 4.3 peneliti tertarik meneliti lingkup kegiatan rehabilitasi dengan pendasaran bahwa lingkup tersebut memiliki ruas yang pendek yaitu 7,806 Km dan memiliki volume yang besar. Dengan nilai rencana anggaran biaya (RAB) proyek pada lingkup kegiatan rehabilitasi berdasarkan laporan harian terbilang Rp 46.099.405.900,00 -, (empat puluh enam milyar sembilan puluh sembilan juta empat ratus lima ribu Sembilan ratus rupiah). Biaya proyek pada lingkup kegiatan rehabilitasi merupakan biaya proyek yang memiliki nilai yang besar dari ke-tiga lingkup kegiatan lainnya. Hal ini disebabkan oleh item pekerjaan pada lingkup kegiatan merupakan keseluruhan dari ke-19 item pekerjaan yang dianalisa. Biaya proyek lingkup kegiatan rehabilitasi dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut ini.

Tabel 4.4 Rekapitulasi Biaya Proyek Kegiatan Rehabilitasi Berdasarkan Laporan Harian

No Divisi	Uraian Pekerjaan	Rehabilitasi	
		Harga Per Divisi (Rp.)	Bobot
1	Umum	2.204.283.800,00	5,26
2	Drainase	2.886.033.451,57	6,89
3	Pekerjaan Tanah dan Geosintetik	3.845.492.888,21	9,18
5	Perkerasan Berbutir	10.568.202.702,26	25,22
6	Perkerasan Aspal	10.056.451.054,35	24,00
7	Struktur	11.188.772.762,33	26,70
9	Pekerjaan Harian Dan Pekerjaan Lain - Lain	1.146.221.972,54	2,74
10	Pekerjaan Pemeliharaan	13.092.202,75	0,03
a	Harga Kontruksi	41.908.550.834,01	100,00
b	Total Harga Konstruksi	41.908.550.834,01	
c	Bobot Tertimbang (a/b)x100%		100,00
d	Pajak Pertambahan Nilai (PPN) = 10%xT	4.190.855.083,40	
e	Total Harga + PPN = b + d	46.099.405.900,00	

Sumber: Hasil Analisa 2023

Berdasarkan tabel 4.4 nilai biaya proyek terbilang Rp46.099.405.900,00 -,(empat puluh enam milyar Sembilan puluh Sembilan juta empat ratus lima ribu Sembilan ratus rupiah). Nilai proyek ini berdasarkan proses analisa dari data laporan harian pada lingkup kegiatan rehabilitasi, pada proses analisa ini peneliti menemukan adanya volume yang bertambah dan berkurang serta terdapat dua item pekerjaan pada kontrak yaitu item pekerjaan beton Fc' 20 MPa dan item pekerjaan patok kilometer.

Kedua item tersebut tidak terdapat pada laporan harian sehingga dalam proses analisa ini hanya terdapat 30 item pekerjaan. Item pekerjaan tersebut akan dibedakan menjadi item pekerjaan yang dianalisa dan tidak dianalisa. Dari ke-30 item pekerjaan, dipisahkan menjadi 19 item pekerjaan yang dianalisa dan 11 item pekerjaan yang tidak dianalisa. Item pekerjaan yang dianalisa dapat dilihat pada tabel 4.5 berikut ini.

Tabel 4.5 Item pekerjaan yang dianalisa

No	Item Pekerjaan Yang Dianalisa		
	Pekerjaan	Satuan	Keterangan
1	Galian untuk Selokan Drainase	M3	Ada Volume, Ada Analisa Harga Satuan
2	Pasangan Batu dengan Mortar	M3	Ada Volume, Ada Analisa Harga Satuan
3	Galian Biasa	M3	Ada Volume, Ada Analisa Harga Satuan
4	Timbunan Pilihan dari sumber galian	M3	Ada Volume, Ada Analisa Harga Satuan
5	Penyiapan Badan Jalan	M2	Ada Volume, Ada Analisa Harga Satuan
6	Lapis Pondasi Agregat Kelas A	M3	Ada Volume, Ada Analisa Harga Satuan
7	Lapis Pondasi Agregat Kelas S	M3	Ada Volume, Ada Analisa Harga Satuan
8	Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair	Liter	Ada Volume, Ada Analisa Harga Satuan
9	Lapis Perekat - Aspal Cair/Emulsi	Liter	Ada Volume, Ada Analisa Harga Satuan
10	Lataston Lapis Aus (HRS-WC)	Ton	Ada Volume, Ada Analisa Harga Satuan
11	Lataston Lapis Fondasi (HRS-Base)	Ton	Ada Volume, Ada Analisa Harga Satuan
12	Beton , fc'15 Mpa	M3	Ada Volume, Ada Analisa Harga Satuan
13	Pasangan Batu	M3	Ada Volume, Ada Analisa Harga Satuan
14	Marka Jalan Termoplastik	M2	Ada Volume, Ada Analisa Harga Satuan
15	Rambu Jalan Tunggal	Buah	Ada Volume, Ada Analisa Harga Satuan
16	Patok Pengarah	Buah	Ada Volume, Ada Analisa Harga Satuan
17	Rel Pengaman	M1	Ada Volume, Ada Analisa Harga Satuan
18	Pembersihan Drainase	Ln.M	Ada Volume, Ada Analisa Harga Satuan
19	Pengendalian Tanaman	M2	Ada Volume, Ada Analisa Harga Satuan

Sumber: Hasil Analisa 2023

Dari tabel 4.5 diatas menguraikan jumlah item pekerjaan yang dianalisa. Terdapat 19 item pekerjaan yang dianalisa dengan pendasaran bahwa item pekerjaan yang dianalisa merupakan item pekerjaan yang terdapat pada data Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang memiliki volume dan analisa harga satuan. Dalam proses analisa kedua faktor tersebut berperan dalam menghitung produksi tenaga kerja maupun alat.

Proses analisa ini menggunakan data awal Rencana Anggaran Biaya (RAB) pada lampiran 1, yang didalamnya akan diambil volume pekerjaan, koefisien sumber daya (tenaga kerja, material, dan peralatan), harga satuan sumber daya (tenaga kerja, material, dan peralatan), dan jadwal waktu pelaksanaan proyek serta jam kerja efektif.

Tabel 4.6 Item pekerjaan yang tidak dianalisa

No	Item Pekerjaan Yang Tidak Dianalisa		
	Pekerjaan	Satuan	Keterangan
1	Mobilisasi	LS	Tidak Ada Analisa Harga Satuan
2	Bahan anti pengelupasan	Kg	Volume Tidak Ada
3	Baja Tulangan Polos-BjTP 280	Kg	Keof Peralatan Tidak Ada
4	Pohon Jenis	Buah	Keof Peralatan Tidak Ada
5	Galian pada Saluran Air atau Lereng	M3	Volume Tidak Ada
6	Timbunan Pilihan pada Lereng	M3	Volume Tidak Ada
7	Perbaikan Pasangan Batu dengan Mortar	M3	Volume Tidak Ada
8	Perbaikan Lapis Fondasi Agregat Kelas A	M3	Volume Tidak Ada
9	Perbaikan Campuran Aspal Panas	M3	Volume Tidak Ada
10	Perbaikan Pasangan Batu	M2	Volume Tidak Ada
11	Bahan Tambalan Siap Pake Campuran	M3	Volume Tidak Ada

Sumber: Hasil Analisa 2023

Dari tabel 4.6 diatas menguraikan jumlah item pekerjaan yang tidak dianalisa. Terdapat 11 item pekerjaan tidak dianalisa, pada data Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang terdapat pada data analisa harga satuan pada data Rencana Anggaran Biaya (RAB) terdapat beberapa faktor seperti volume dan keofisien tidak ada pada item pekerjaan. Dalam proses analisa item pekerjaan yang tidak memiliki volume dan keofisien dalam proses analisa ini dipisahkan menjadi item pekerjaan tidak dianalisa. Sehingga dalam proses analisa perhitungan selanjutnya ke-11 item pekerjaan tersebut dipisahkan menjadi item pekerjaan yang tidak dianalisa.

Selanjutnya akan dibuat data rencana anggaran biaya (RAB) baru dengan mengambil item pekerjaan yang dianalisa dan item pekerjaan yang tidak dianalisa serta harga satuan dan volume dari masing masing item pekerjaan tersebut, sehingga akan memperoleh biaya proyek. Nilai proyek akan sama dengan nilai proyek lingkup kegiatan rehabilitasi pada laporan harian. Tabel biaya proyek yang dianalisa dan tidak dianalisa dapat dilihat pada tabel 4.7 berikut ini.

Tabel 4.7 Biaya proyek dari item pekerjaan yang dianalisa dan tidak dianalisa

No. Urut	No. Item Pekerjaan	Uraian Pekerjaan	Satuan	Jumlah Harga Satuan (Rp)
a	b	c	d	e
A	Item Pekerjaan Tidak Dianalisa			
1	1.2	Mobilisasi	LS	2.204.283.800,00
2	6.3(8)	Bahan Anti Pengelupasan	Kg	0,00
3	7.1 (7a)	Beton Struktur fc'20MPa	m3	0,00
4	7.3(1)	Baja Tulangan Polos	Kg	273.811.874,78
5	9.2.(6a)	Patok Kilometer	Buah	0,00
6	9.2.(24)	Pohon Jenis	Buah	74.577.360,00
7	10.1.(1)	Galian Pada Saluran Air	m3	0,00
8	10.1.(2)	Timbunan Pilihan Pada Lereng	m3	0,00
9	10.1.(3)	Perbaikan Pasangan Batu	m3	0,00
10	10.1.(4)	Perbaikan Lapis Pondasi	m3	0,00
11	10.1.(9)	Perbaikan Campuran Aspal	m3	0,00
12	10.1.(16)	Perbaikan Pasangan Batu	m3	0,00
13	Skh	Bahan Tambalan	m3	0,00
B	Item Pekerjaan Dianalisa			
1	2.1.(1)	Galian Untuk Saluran dan Drainase	m3	491.737.659,35
2	2.2.(1)	Perbaikan Pasangan Batu	m3	2.394.295.792,21
3	3.1.(1)	Galian Biasa	m3	1.413.774.476,00
4	3.2.(2a)	Timbunan Pilihan Dari Sumber Galian	m3	2.311.370.879,57
5	3.3.(1)	Penyiapan Badan Jalan	m2	120.347.532,64
6	5.1.(1)	Lapis Pondasi Aregat Kelas A	m3	8.969.037.387,47
7	5.1.(3)	Lapis Pondasi Agregat Kelas S	m3	1.599.165.314,79
8	6.1.(1)	Lapis Resap Pengikat- Aspal Cair	Liter	655.412.479,87
9	6.1.(2a)	Lapis Perekat- Aspal Cair	Liter	110.167.403,29
10	6.3.(3)	Lataston Lapis Aus (HRS-WC)	Ton	4.673.880.783,26
11	6.3.(4)	Lataston Lapis Pondasi (HRS-BASE)	Ton	4.616.990.387,94
12	7.1(8)	Beton Fc' 15MPa	m3	2.519.478.529,40
13	7.9.(1)	Pasangan Batu	m3	8.395.482.358,15
14	9.2.(1)	Marka Jalan	m2	622.559.543,90
15	9.2.(4a)	Rambu Jalan	Buah	111.708.844,29
16	9.2.(5)	Patok Pengarah	Buah	47.151.493,38
17	9.2.(7)	Rel Pengaman	m1	290.224.730,98
18	10.1.(21)	Pembersihan Drainase	Ln M	11.829.950,84
19	10.1.(22)	Pengendalian Tanaman	m2	1.262.251,91

Lanjutan Tabel 4.7 Biaya Proyek Dari Item Pekerjaan Dianalisa Dan Tidak Dianalisa

a	Total Biaya Item Pekerjaan Tidak Dianalisa	2.552.673.034,78
b	Total Biaya Item Pekerjaan Dianalisa	39.355.877.799,23
c	Total (a+b)	41.908.550.834,01
d	PPN =10% ×c	4.190.855.083,40
e	Total Harga =c +d	46.099.405.917,42

Sumber: Hasil Analisa 2023

Dari tabel 4.7 diatas dapat diketahui bahwa jumlah total biaya umum dari item pekerjaan yang dianalisa dan tidak dianalisa serta harga satuannya sesuai data RAB yakni Rp 41.908.550.834,01,-. Dan 10% keuntungan yang diperoleh dari biaya proyek tersebut sebesar Rp 4.190.855.083,40,-, sehingga total dari biaya proyek sesuai dengan data RAB yang diambil item pekerjaan yang dianalisa dan yang tidak dianalisa yaitu sebesar Rp 46.099.405.917,42 dibulatkan menjadi Rp 46.099.405.900,00,-, -(empat puluh enam milyar sembilan puluh sembilan juta empat ratus lima ribu sembilan ratus rupiah)

1.3. Produksi Tenaga Kerja Dan Peralatan

Dalam menentukan produksi satuan waktu yang digunakan adalah jam atau hari dengan menggunakan jam kerja efektif dalam satuan pekerjaan. Pada perhitungan produksi tenaga kerja dan peralatan perlu diketahui koefisien tenaga kerja dan peralatan. Koefisien tenaga kerja dan peralatan yang digunakan adalah koefisien yang ada pada data rencana anggaran biaya (RAB). Pada analisa data ini, produksi yang dihitung adalah produksi tenaga kerja dan peralatan pada jam kerja efektif normal (7 jam/hari).

4.3.1. Produksi Tenaga Kerja

Perhitungan produksi tenaga kerja ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.2 pada bab II apabila telah diketahui koefisien. Berikut adalah proses perhitungan produksi tenaga kerja .

Satu contoh perhitungan produksi tenaga kerja , pada item pekerjaan timbunan pilihan dari sumber galian dengan data-data koefisien yang diambil dari data RAB (lampiran I) sebagai berikut, koefisien pekerja adalah 0,0391 jam dan koefisien mandor adalah 0,0098 jam. Maka produksi tenaga kerja adalah:

Untuk menghitung produksi tenaga kerja, maka perlu dihitung jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan. Perhitungan jumlah tenaga kerja ini menggunakan persamaan (2.1) pada bab II.

$$Jtk = \frac{Ktk}{K}$$

$$\text{Jumlah mandor} = 0,0098/0,0098 = 1 \text{ orang}$$

$$\text{Jumlah pekerja} = 0,0391/0,0098 = 4 \text{ orang}$$

Hasil perhitungan jumlah tenaga kerja tersebut menggambarkan bahwa untuk menyelesaikan item pekerjaan timbunan pilihan dari sumber galian tiap harinya membutuhkan mandor 1 orang dan pekerja 4 orang.

Setelah mengetahui jumlah tenaga kerja maka langkah selanjutnya adalah menghitung produksi tenaga kerja dengan menggunakan persamaan 2.2 pada bab II.

$$\text{Rumus produksi tenaga kerja } Qtk = \frac{1}{Ktk} \times Jtk$$

$$\text{Produksi mandor} = (1/0,0098) \times 1 = 102,26 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Produksi pekerja} = (1/0,0391) \times 4 = 102,26 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Untuk mengetahui produksi tenaga kerja per-harinya dapat dihitung dengan persamaan 2.3 pada bab II. Produksi tenaga kerja tiap harinya dapat dihitung sebagai berikut.

$$\text{Produksi mandor} = (1/0,0098) \times 1 \times 7 = 715,83 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Produksi pekerja} = (1/0,0391) \times 4 \times 7 = 715,83 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Hasil perhitungan jumlah tenaga kerja dan produksi tenaga kerja tersebut produksi mandor tiap jam yaitu 102,26 m³/jam dan produksi pekerja yaitu 102,26 m³/jam, sedangkan untuk produksi per/hari untuk produksi mandor yaitu 715,83 m³/hari dan untuk pekerja 715,83 m³/hari.

Hasil perhitungan diatas bahwa untuk menyelesaikan item pekerjaan timbunan pilihan dari sumber galian tiap jam dan tiap harinya, yang membutuhkan mandor 1 orang dan pekerja 4 orang, menghasilkan produksi sebesar 102,26 m³/jam dan 715,83 m³/hari.

Perhitungan produksi tenaga kerja ini mengambil item pekerjaan timbunan pilihan sebagai sampel untuk perhitungan selanjutnya. Perhitungan produksi tenaga kerja untuk item pekerjaan lainnya, dihitung dengan cara atau menggunakan persamaan yang sama. Berikut adalah hasil perhitungan produksi tenaga kerja dari semua item pekerjaan yang dianalisa dengan menggunakan cara dan persamaan yang sama seperti contoh perhitungan item pekerjaan timbunan pilihan dari sumber galian diatas

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Produksi Tenaga Kerja

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Produksi			Produksi Minimum m3/jam	Produksi Minimum m3/hari
			Mandor	Tukang	Pekerja		
1	Galian Saluran dan Drainase	m3	37,35	0	37,35	37,75	261,45
2	Perbaikan Pasangan Batu	m3	1,78	1,78	1,78	1,78	12,45
3	Galian Biasa	m3	217,10	0	217,10	217,10	1.519,68
4	Timbunan Pilihan Sumber Galian	m3	102,26	0	102,26	102,26	715,83
5	Penyiapan Badan Jalan	m2	271,13	0	271,13	271,13	1.897,93
6	Lapis Pondasi Agregat Kelas A	m3	128,37	0	128,37	128,37	89,61
7	Lapis Pondasi Agregat Kelas S	m3	77,02	0	77,02	77,02	539,17

Lanjutan Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Produksi Tenaga Kerja

8	Lapis Resap Pengikat	Liter	1.365,35	0	1.365,35	1.365,35	9.557,45
9	Lapis Perekat-	Liter	1.232,55	0	1.232,55	1.232,55	8.627,85
10	Lataston Lapis Aus	Ton	49,80	0	49,80	49,80	348,60
11	Lataston Lapis Pondasi	Ton	49,80	0	49,80	49,80	348,60
12	Beton Fc' 15 MPa	m3	4,02	4,02	4,02	4,02	28,11
13	Pasangan Batu	m3	3,83	3,83	3,83	3,83	26,82
14	Marka Jalan	m2	56,03	56,03	56,03	56,03	392,18
15	Rambu Jalan	Buah	13,50	13,50	13,50	13,50	94,47
16	Patok Pengarah	Buah	19,42	19,40	20,70	19,40	135,79
17	Rel Pengaman	m1	4,54	4,54	4,54	4,54	31,77
18	Pembersihan Drainase	Ln M	18,32	0	18,32	18,32	128,22
19	Pengendalian Tanaman	m2	85,71	0	85,71	85,71	600,00

Sumber: Hasil Analisa 2023

Tabel 4.8 tersebut menggambarkan, bahwa produksi tenaga kerja sangat ditentukan oleh koefisien tenaga kerja itu sendiri dan jumlah tenaga kerja yang digunakan. Artinya jika koefisien tenaga kerja meningkat dan jumlah tenaga kerja berkurang maka produksi tenaga kerja akan semakin kecil dan begitupun sebaliknya jika koefisien tenaga kerja menjadi kecil dan jumlah tenaga kerja bertambah, maka produksi tenaga kerja akan meningkat. Pernyataan ini akan dibuktikan dengan hasil perhitungan yang telah dilakukan pada tabel dalam lampiran.

4.3.2. Produksi Peralatan

Perhitungan nilai produksi peralatan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.5 pada bab II. Berikut adalah proses perhitungan produksi peralatan.

Satu sampel perhitungan, pada item pekerjaan timbunan pilihan dari sumber galian dengan data koefisien peralatan yang diambil dari data RAB (lampiran) sebagai berikut, koefisien wheel loader adalah 0,0283 jam, koefisien dump truck adalah 0,3593 jam, koefisien motor grader adalah 0,0098 jam, koefisien tandem adalah 0,0084 jam, koefisien water tanker adalah 0,0341 jam dan koefisien alat bantu adalah 1,000 Ls. Batasan masalah pada bab I sudah menjelaskan bahwa, peralatan yang memiliki satuan *Lumpsum* (Ls) tidak dihitung produksinya sehingga produksi yang dapat dihitung dalam item pekerjaan ini adalah produksi wheel loader, dump truck, motor grader, tandem, dan water tanker. Maka produksi peralatan adalah :

$$\text{Rumus produksi peralatan } Q_a = \frac{1}{K_a} \quad (\text{per jam})$$

$$\text{Produksi wheel loader} = 1 / 0,0283 = 35,28 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Produksi dump truck} = 1 / 0,3593 = 2,78 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Produksi motor grader} = 1 / 0,0098 = 102,26 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Produksi tandem} = 1 / 0,0084 = 119,52 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Produksi water tanker} = 1 / 0,0341 = 29,29 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Untuk mengetahui produksi peralatan per-harinya dapat dihitung dengan persamaan 2.6 pada bab II. Produksi peralatan tiap harinya dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Rumus produksi peralatan } Q_a = \frac{1}{K_a} \times J_{ef} \quad (\text{per-hari})$$

$$\text{Produksi wheel loader} = 1 / 0,0283 \times 7 = 246,93 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Produksi dump truck} = 1 / 0,3593 \times 7 = 19,48 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Produksi motor grader} = 1 / 0,0098 \times 7 = 715,83 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Produksi tandem} = 1 / 0,0084 \times 7 = 836,64 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Produksi water tanker} = 1 / 0,0341 \times 7 = 205,06 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Hasil perhitungan produksi wheel loader, dump truck, motor grader, tandem, dan water tanker di atas menggambarkan bahwa untuk menyelesaikan item pekerjaan timbunan pilihan dari sumber galian tiap jam dan tiap harinya dapat menghasilkan produksi sebesar 35,28 m³/jam dan 246,93 m³/hari untuk wheel

loader, untuk dump truck 2,78 m³/jam dan 19,48 m³/hari, untuk motor grader 102,26 m³/jam dan 715,83 m³/hari, untuk tandem 119,52 m³/jam dan 836,64 m³/hari, 29,29 m³/jam dan 205,06 m³/hari untuk water tanker.

Hasil dari perhitungan produksi peralatan tersebut dapat ditentukan produksi minimum yang dihasilkan dari kelima alat tersebut yaitu 29,29 m³/jam. Selanjutnya, dari nilai produksi alat dan produksi minimum dapat dihitung jumlah alat yang digunakan dengan menggunakan persamaan 2.7 pada bab II. Berikut adalah perhitungan jumlah alat yang digunakan pada item pekerjaan timbunan pilihan dari sumber galian.

$$\text{Rumus jumlah peralatan } J_a = \frac{Qp}{Qmj}$$

$$\text{Produksi wheel loader} = 35,28 / 29,29 = 1,20 \text{ dibulatkan 2 unit}$$

$$\text{Produksi dump truck} = 2,78 / 29,29 = 0,10 \text{ dibulatkan 1 unit}$$

$$\text{Produksi motor grader} = 102,26 / 29,29 = 3,49 \text{ dibulatkan 4 unit}$$

$$\text{Produksi tandem} = 119,52 / 29,29 = 4,08 \text{ dibulatkan 5 unit}$$

$$\text{Produksi water tanker} = 29,29 / 29,29 = 1 \text{ unit}$$

Pembulatan yang dilakukan pada hasil perhitungan jumlah alat tersebut, disesuaikan dengan kondisi yang terjadi dilapangan. Sebab, dalam penggunaan di lapangan alat yang digunakan dalam pekerjaan tidak mungkin hanya dipakai sebagian. Jika hasil perhitungan jumlah alat dalam pembulatan angka dibelakang koma merupakan angka dibawah lima tetap dibulatkan menjadi satu seperti 0,1 dibulatkan menjadi satu.

Perhitungan produksi peralatan dan jumlah alat yang digunakan ini mengambil item pekerjaan timbunan pilihan dari sumber galian sebagai sampel untuk perhitungan pada item pekerjaan selanjutnya. Perhitungan produksi peralatan merupakan perhitungan yang akan digunakan untuk mengetahui produksi minimum.

Berikut adalah hasil perhitungan produksi peralatan dari semua item pekerjaan yang dianalisa dengan menggunakan cara dan persamaan yang sama seperti contoh

perhitungan item pekerjaan timbunan pilihan dari sumber galian. Hasil perhitungan produksi peralatan dapat dilihat pada tabel 4.9 berikut ini.

Tabel 4.9 Perhitungan Produksi Peralatan

No. Item Pek	Uraian Pekerjaan	Satuan	Produksi Minimum m3/jam	Produksi Minimum m3/hari
2.1(1)	Galian Untuk Saluran Dan Dainase	m3	37,35	261,45
2.2.(1)	Perbaikan Pasangan Batu	m3	1,78	12,45
3.1.(1)	Galian Biasa	m3	217,10	1.519,68
3.2.(2a)	Timbunan Pilihan Dari Sumber Galian	m3	29,29	205,06
3.3.(1)	Penyiapan Badan Jalan	m2	204,73	1.433,13
5.1.(1)	Lapis Pondasi Aregat Kelas A	m3	110,39	772,76
5.1.(3)	Lapis Pondasi Agregat Kelas S	m3	77,02	539,17
6.1.(1)	Lapis Resap Pengikat- Aspal Cair	Liter	1.365,35	9.557,45
6.1.(2a)	Lapis Perekat- Aspal Cair	Liter	958,65	6.710,55
6.3.(3)	Lataston Lapis Aus (HRS-WC)	Ton	49,80	348,60
6.3.(4)	Lataston Lapis Pondasi (HRS-BASE)	Ton	13,20	92,39
7.1(8)	Beton Fc' 15MPa	m3	4,02	28,11
7.9.(1)	Pasangan Batu	m3	3,83	26,82
9.2.(1)	Marka Jalan	m2	56,03	392,18
9.2.(4a)	Rambu Jalan	Buah	13,50	94,47
9.2.(5)	Patok Pengarah	Buah	13,50	94,47
9.2.(7)	Rel Pengaman	m	4,54	31,77

10.1.(21)	Pembersihan Drainase	LnM	18,32	128,22
10.1.(22)	Pengendalian Tanaman	m2	21,43	150,00

Sumber: Hasil Analisa 2023

Tabel 4.9 tersebut menggambarkan bahwa produksi alat sangat ditentukan oleh keefisien alat itu sendiri. Artinya jika koefisien alat meningkat maka produksi alat akan semakin kecil dan begitupun sebaliknya, jika koefisien alat menjadi kecil maka produksi alat akan semakin besar atau meningkat. Pernyataan ini dibuktikan dengan hasil perhitungan yang telah dilakukan pada tabel dan lampiran.

4.4. Produksi Minimum

Produksi minimum ditentukan dari produksi terkecil antara produksi tenaga kerja dan peralatan. Perlunya ditentukan produksi minimum karena sesungguhnya produksi masing-masing tenaga kerja dan alat secara individu berbeda. Oleh karena itu, produksi yang paling dilakukan bersama-sama oleh tenaga kerja dan alat adalah produksi minimum

Penentuan nilai produksi yang terkecil diantara produksi tenaga kerja dan peralatan yang ada dikecualikan untuk alat bantu yang bersatuan satuan lump sum (Ls) dan dumptruck. Hal ini dikarenakan lump sum telah mempunyai nilai keofisien yang pasti yaitu 1,000. Sedangkan, dump truck dikarenakan dari semua peralatan yang digunakan pada proyek konstruksi hanya dump truck yang paling mungkin diadakan lebih dari satu unit.

Pada pelaksanaan konstruksi, baik tenaga kerja maupun alat, tidak bekerja secara individu, namun bekerja secara bersama-sama. Pada kenyataannya masing - masing tenaga kerja dan alat mempunyai produksi yang berbeda – beda, sehingga untuk bekerja bersama- sama maka produksi yang dipilih adalah produksi paling kecil atau produksi minimum.

Nilai produksi minimum antara produksi tenaga kerja dan peralatan ini akan digunakan untuk menghitung waktu penyelesaian proyek dan perubahannya, serta

keofisien tenaga kerja dan peralatan, serta perubahannya. Hasil penentuan produksi minimum dapat dilihat pada tabel 4.10 berikut.

Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Produksi Minimum.

No. Item Pek	Uraian Pekerjaan	Satuan	Produksi Minimum m3/jam	Produksi Minimum m3/hari
2.1.(1)	Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air	m3	37,35	261,45
2.2.(1)	Pasangan Batu dengan Mortar	m3	1,78	12,45
3.1.(1)	Galian Biasa	m3	217,10	1.519,68
3.2.(2a)	Timbunan Pilihan dari sumber galian	m3	29,29	205,06
3.3.(1)	Penyiapan Badan Jalan	m2	204,73	1.433,13
5.1.(1)	Lapis Pondasi Agregat Kelas A	m3	110,39	772,76
5.1.(3)	Lapis Pondasi Agregat Kelas S	m3	77,02	539,17
6.1 (1)	Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi	Liter	1.365,35	9.557,45
6.1 (2a)	Lapis Perekat - Aspal Cair/Emulsi	Liter	958,65	6.710,55
6.3(3)	Lataston Lapis Aus (HRS-WC)	Ton	49,80	348,60
6.3.(4)	Lataston Lapis Fondasi (HRS-Base)	Ton	13,20	92,39
7.1 (8)	Beton , fc'15 Mpa	m3	4,02	28,11
7.9.(1)	Pasangan Batu	m3	3,83	26,82
9.2.(1)	Marka Jalan Termoplastik	m2	56,03	392,18
9.2.(4a)	Rambu Jalan Pemantul High Intensity Grade	Buah	13,50	94,47
9.2.(5)	Patok Pengarah	Buah	19,40	135,79
9.2.(7)	Rel Pengaman	m1	4,54	31,77
10.1.(21)	Pembersihan Drainase	Ln.M	18,32	128,22
10.1.(22)	Pengendalian Tanaman	m2	21,43	150,00

Sumber : Hasil Analisa 2023

Tabel 4.10 menggambarkan, bahwa produksi minimum sangat ditentukan oleh nilai produksi tenaga kerja dan produksi peralatan untuk mendapatkan produksi minimum adalah dengan memilih nilai produksi yang terkecil diantara produksi tenaga kerja dan produksi peralatan. Hasil penentuan produksi minimum dapat dilihat pada lampiran

4.5. Waktu Penyelesaian Pekerjaan

Dalam menentukan waktu penyelesaian pekerjaan satuan yang digunakan adalah hari. Pada perhitungan waktu penyelesaian pekerjaan perlu diketahui produksi minimum per-harinya dan volume tiap satu item pekerjaan. Produksi minimum perharinya dapat diketahui dari produksi minimum per-jam dikali jam kerja efektif. Sedangkan untuk volume yang digunakan adalah dapat kita peroleh dari volume yang ada pada data RAB laporan harian pada ruas rehabilitasi. Sesuai dengan batasan masalah pada bab I volume yang digunakan yaitu volume pada laporan harian yaitu volume rehabilitasi.

Nilai waktu penyelesaian pekerjaan ini akan digunakan untuk mengetahui waktu yang digunakan untuk menyelesaikan satu item pekerjaan, sebagai langkah dalam membuat jaringan kerja (network diagram) dan untuk mengetahui batas waktu akibat terjadinya keterlambatan.

Perhitungan waktu penyelesaian pekerjaan ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.11 pada bab II. Satu contoh perhitungan waktu penyelesaian, pada item pekerjaan timbunan pilihan dari sumber galian dengan data-data volume yang diambil dari data RAB laporan harian pada ruas rehabilitasi. Volume item pekerjaan timbunan pilihan dari sumber galian adalah 8456, 63 m³ dan produksi minimum per-harinya adalah 205,06 m³/hari. Berikut adalah proses perhitungan waktu penyelesaian pekerjaan pada item pekerjaan.

$$\text{Rumus waktu penyelesaian, } WP = \frac{v}{QM}$$

$$\text{Volume} = 8456, 63 \text{ m}^3$$

$$\text{Produksi minimum} = 205,06 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$WP = 8456, 63 / 205,06 = 41,24 \text{ hari dibulatkan} = 42 \text{ hari}$$

Berikut adalah hasil perhitungan waktu penyelesaian dari semua item pekerjaan dengan menggunakan cara dan persamaan yang sama seperti contoh pada perhitungan timbunan pilihan dari sumber galian.

Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Waktu Penyelesaian

Divisi	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Produksi Minimum (m3/hari)	Waktu Penyelesaian	
					Hasil (Hari)	Pembulatan (Hari)
Div. 2	Drainase					
2.1.(1)	Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air	m3	6.615,47	261,45	25,30	26,00
2.2.(1)	Pasangan Batu dengan Mortar	m3	2.476,14	12,45	198,89	199,00
DIV.3	Pekerjaan Tanah Dan Geosintetik					
3.1.(1)	Galian Biasa	m3	20.061,85	1.519,68	13,20	14,00
3.2.(2a)	Timbunan Pilihan dari sumber galian	m3	8.456,63	205,06	41,24	42,00
3.3.(1)	Penyiapan Badan Jalan	m2	25.809,05	1.433,13	18,01	19,00
DIV. 5	Perkerasan Berbutir					
5.1.(1)	Lapis Pondasi Agregat Kelas A	m3	9.267,00	772,76	11,99	14,00
5.1.(3)	Lapis Pondasi Agregat Kelas S	m3	2.238,72	539,17	4,15	5,00
DIV.6	Perkerasan Aspal					
6.1 (1)	Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi	Liter	39.698,24	9.557,45	4,15	5,00
6.1(2a)	Lapis Perekat - Aspal Cair/Emulsi	Liter	5.881,93	6.710,55	0,88	1,00

6.3(3)	Lataston Lapis Aus (HRS-WC)	Ton	2.500,74	348,60	7,17	8,00
6.3.(4)	Lataston Lapis Fondasi (HRS-Base)	Ton	2.735,27	92,39	29,60	30,00
DIV.7	Struktur					
7.1 (8)	Beton , fc'15 Mpa	m3	1.321,73	28,11	47,02	48,00
7.9.(1)	Pasangan Batu	m3	9.236,65	26,82	344,45	345,00
DIV.9	Pekerjaan Harian Dan Pekerjaan Lain Lain					
9.2.(1)	Marka Jalan Termoplastik	m2	2.668,20	392,18	6,80	7,00
9.2.(4a)	Rambu Jalan Tunggal dengan Pemantul	Buah	120,00	94,47	1,27	2,00
9.2.(5)	Patok Pengarah	Buah	200,00	135,79	1,47	2,00
9.2.(7)	Rel Pengaman	m1	252,00	31,77	7,93	8,00
DIV .10	Pekerjaan Pemeliharaan					
10.1.(21)	Pembersihan Drainase	Ln.M	581,00	128,22	4,53	5,00
10.1(22)	Pengendalian Tanaman	m2	857,50	150,00	5,72	6,00

Sumber : Hasil Analisa 2023

4.6. Hari Kerja Efektif

Perhitungan hari kerja efektif dapat menggunakan persamaan 2.13 pada bab II penelitian ini. Pada penelitian ini, dalam kontrak

- a. Masa pelaksanaan 240 hari kalender, terhitung sejak kontrak dimulai yaitu pada tanggal 22 februari dengan nomor kontrak PUPR. BM.05.01/602/17/II/2021. Berdasarkan kontrak, masa pelaksanaan dimulai pada tanggal 22 februari 2021 sampai dengan 240 hari kalender yaitu pada tanggal 19 oktober 2021.
- b. Masa pelaksanaan addendum 251 hari kalender. Terdapat lima (V) addendum dalam perjalanan proyek dengan Nomor Addendum I ADD. I. PUPR.BM.05.01/602/17/V/2021 pada tanggal 2 Mei 2021, Nomor Addendum II ADD.II. PUPR. BM. 05.01/602/17/IX/ 2021 pada tanggal 24 september 2021, Nomor Addendum III ADD.III. PUPR. BM. 05.01/602/17/X/ 2021 pada tanggal 29 oktober 2021, Nomor Addendum IV ADD.IV. PUPR. BM.

05.01/602/17/XI/ 2021 pada tanggal 4 november 2021 dan Nomor Addendum V ADD.V. PUPR. BM. 05.01/602/17/XI / 2021 pada tanggal 10 november 2021.

- c. Berdasarkan laporan harian pada lingkup kegiatan rehabilitasi masa pelaksanaan dimulai pada tanggal 5 maret 2021 sampai dengan 6 desember 2021.
- d. Pada penelitian, analisa hari kerja efektif diketahui berdasarkan laporan harian.Yaitu dimulai pada tanggal 5 maret 2021 sampai dengan 6 desember 2021.Analisa hasil kerja efektif dapat dilihat pada tabel 4.11 dibawah ini.
- e. Pada penelitian ini perhitungan hari kerja efektif terhitung sejak kontrak dimulai pada tanggal 22 february 2021 sampai dengan 6 desember 2021 berdasarkan laporan harian. Dengan 288 hari kalender. Maka hari kerja efektif dapat dihitung sebagai berikut:

Hari kalender/ hari pelaksanaan	= 288 Hari
Hari Tidak Bekerja	:
Hari Minggu	= 41 Hari
Hari Libur	= 9 Hari
Hari Hujan DLL	= 43 Hari
<u>Jumlah hari tidak bekerja</u>	<u>= 93 Hari</u>
Hari kerja efektif	= hari kalender – jumlah hari tidak bekerja
Σ HKE	= 288 – 93 = 195 Hari.

Berdasarkan hasil perhitungan hari kerja efektif bahwa kegiatan pada proyek Peningkatan Dan Pemeliharaan Rutin Ruas Jalan Penunjang KSPN KOMODO (PHJD) (65,2Km) berdasarkan laporan harian yaitu dimulai pada tanggal 5 maret 2021 sampai pada tanggal 6 desember 2021 dengan hari kalender 288 hari dan hari tidak kerja 93 hari maka hari kerja efektif yaitu 195 hari. Perhitungan hari kerja efektif dapat dilihat pada tabel 4.12 di bawah ini.

Tabel 4.10 Analisa Hari Kerja Efektif Berdasarkan Laporan Harian

No	Bulan	Hari Dalam	Hari Minggu	Hari Hujan	Hari Libur	Jlh Hari	HKE	Keterangan Hari Libur
----	-------	------------	-------------	------------	------------	----------	-----	-----------------------

		Satu Bulan				Tidak Kerja		
1	Februari	7	1	6	0	7	0	-
2	Maret	31	4	9	1	14	17	Isra Miraj
3	April	30	4	17	1	22	8	Wafat Isa Al Masih
4	Mei	31	5	0	3	8	23	Kenaikan Isa Al Masih
5	Juni	30	4	0	1	5	25	Hari Pancasila
6	Juli	31	4	0	1	5	26	Hari Raya Idul Adha
7	Agustus	31	5	1	1	7	24	Hari Kemerdekaan
8	Septembe	30	4	6	0	10	20	-
9	Oktober	31	5	0	1	6	25	Maulid Nabi SAW
10	Novembe	30	4	4	0	8	22	-
11	Desember	6	1	0	0	1	5	-
Σ	Total	288	41	43	9	93	195	

Sumber: Hasil Analisa 2023

Berdasarkan tabel 4.12 jumlah hari tidak bekerja yaitu 93 hari. Dan jumlah hari dalam kalender 288 hari. Maka dapat diketahui hari kerja efektif yaitu jumlah hari dalam kalender 288 hari dikurangi dengan hari tidak bekerja yaitu 93 hari, maka hari kerja efektif yaitu 195 hari.

4.7 Menyusun Network Diagram

4.7.1. Pemecahan Kegiatan

Dalam pembuatan diagram jaringan kerja, penguraian proyek menjadi kegiatan-kegiatan seperti yang tercantum dalam RAB proyek yang dianalisa masih belum memadai, maka oleh karena itu kegiatan-kegiatan tersebut akan dipecah-pecahkan sedemikian rupa sehingga dapat dihubungkan menjadi diagram jaringan kerja.

Pemecahan kegiatan ini didasarkan pada asumsi pada penerapan di lapangan suatu pekerjaan atau kegiatan yang sebelumnya merupakan hubungan seri dapat dijadikan paralel. Pemecahan kegiatan ini didasarkan pada asumsi pada penerapan di lapangan suatu pekerjaan atau kegiatan yang sebelumnya merupakan hubungan seri dapat dijadikan paralel Misalnya suatu pekerjaan atau kegiatan dapat dipecah

menjadi 2 atau 3 bagian sehingga setelah pekerjaan pertama selesai dapat dilanjutkan dengan pekerjaan yang mengikutinya tanpa harus menunggu pekerjaan sebelumnya selesai dan disaat yang bersamaan pekerjaan yang sebelumnya dapat melanjutkan sisa pekerjaannya. Hal ini dilakukan guna untuk pengontrolan pekerjaan menjadi lebih mudah dan waktu penyelesaian proyek yang terlalu lama.

Pada proyek Peningkatan Dan Pemeliharaan Rutin Ruas Jalan Penunjang KSPN KOMODO (PHJD) (65,2KM) Manggarai Barat, Nusa Tenggara Timur dengan panjang segmen 7,806 km. Keseluruhan item pekerjaan dan volumenya dapat dilihat pada tabel 4.13 rangkuman *back up* volume.

Tabel 4.11 Rangkuman *BackUp* Volume

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Simbol Kegiatan	Volume
a	b	c	d	e
Div. 1	Umum			
1	Mobilisasi	LS	A1	1
Div. 2	Drainase			
1	Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air 1	M ³	B1	211,74
2	Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air 2	M ³	B2	162,54
3	Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air 3	M ³	B3	39,24
4	Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air 4	M ³	B4	2.345,82
5	Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air 5	M ³	B5	1.127,50
6	Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air 6	M ³	B6	1.093,14
7	Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air 7	M ³	B7	1.000,00
8	Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air 8	M ³	B8	453,60
9	Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air 9	M ³	B9	181,29
10	Pasangan Batu dengan Mortar 1	M ³	C1	105,36

Lanjutan Tabel 4.13 *Rangkuman BackUp Volume*

11	Pasangan Batu dengan Mortar 2	M ³	C2	374,00
12	Pasangan Batu dengan Mortar 3	M ³	C3	89,46
13	Pasangan Batu dengan Mortar 4	M ³	C4	898,87
14	Pasangan Batu dengan Mortar 5	M ³	C5	342,81
15	Pasangan Batu dengan Mortar 6	M ³	C6	201,51
16	Pasangan Batu dengan Mortar 7	M ³	C7	266,76
17	Pasangan Batu dengan Mortar 8	M ³	C8	63,06
18	Pasangan Batu dengan Mortar 9	M ³	C9	134,31
Div. 3	Pekerjaan Tanah Dan Geosintetik			
1	Galian Biasa 1	M ³	D1	441,48
2	Galian Biasa 2	M ³	D2	9.175,05
3	Galian Biasa 3	M ³	D3	1.236,18
4	Galian Biasa 4	M ³	D4	8.989,14
5	Galian Biasa 5	M ³	D5	220,00
6	Timbunan Pilihan dari sumber galian 1	M ³	E1	468,36
7	Timbunan Pilihan dari sumber galian 2	M ³	E2	593,40
8	Timbunan Pilihan dari sumber galian 3	M ³	E3	197,88
9	Timbunan Pilihan dari sumber galian 4	M ³	E4	1.122,12
10	Timbunan Pilihan dari sumber galian 5	M ³	E5	600,00
11	Timbunan Pilihan dari sumber galian 6	M ³	E6	2.191,17
12	Timbunan Pilihan dari sumber galian 7	M ³	E7	3.283,70
13	Timbunan Pilihan dari sumber galian 8	M ³	E8	902,04
14	Penyiapan Badan Jalan 1	M ²	F1	7.000,02
15	Penyiapan Badan Jalan 2	M ²	F2	1.750,02
16	Penyiapan Badan Jalan 3	M ²	F3	5.512,50
17	Penyiapan Badan Jalan 4	M ²	F4	1.749,99
18	Penyiapan Badan Jalan 5	M ²	F5	7.985,54
19	Penyiapan Badan Jalan 6	M ²	F6	223,98
20	Penyiapan Badan Jalan 7	M ²	F7	1.587,00
Div. 5	Perkerasan Berbutir			
1	Lapis Pondasi Agregat Kelas A 1	M ³	G1	3.999,01
2	Lapis Pondasi Agregat Kelas A 2	M ³	G2	2.337,51
3	Lapis Pondasi Agregat Kelas A 3	M ³	G3	687,51
4	Lapis Pondasi Agregat Kelas A 4	M ³	G4	1.085,75
5	Lapis Pondasi Agregat Kelas A 5	M ³	G5	658,32

Lanjutan Tabel 4.13 Rangkuman BackUp Volume

6	Lapis Pondasi Agregat Kelas A 6	M ³	G6	498,90
7	Lapis Pondasi Agregat Kelas S 1	M ³	H1	522,00
8	Lapis Pondasi Agregat Kelas S 2	M ³	H2	1.245,60
9	Lapis Pondasi Agregat Kelas S 3	M ³	H3	471,12
Div. 6	Perkerasan Aspal			
1	Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi 1	Liter	I1	10.623,64
2	Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi 2	Liter	I2	4.222,08
3	Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi 3	Liter	I3	10.725,00
4	Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi 4	Liter	I4	368,50
5	Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi 5	Liter	I5	8.945,76
6	Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi 6	Liter	I6	4.813,26
7	Lapis Perekat - Aspal Cair/Emulsi 1	Liter	J1	1.351,50
8	Lapis Perekat - Aspal Cair/Emulsi 2	Liter	J2	269,40
9	Lapis Perekat - Aspal Cair/Emulsi 3	Liter	J3	1.257,34
10	Lapis Perekat - Aspal Cair/Emulsi 4	Liter	J4	806,98
11	Lapis Perekat - Aspal Cair/Emulsi 5	Liter	J5	393,90
12	Lapis Perekat - Aspal Cair/Emulsi 6	Liter	J6	462,95
13	Lapis Perekat - Aspal Cair/Emulsi 7	Liter	J7	1.733,76
14	Lataston Lapis Aus (HRS-WC) 1	Ton	K1	268,47
15	Lataston Lapis Aus (HRS-WC) 2	Ton	K2	220,32
16	Lataston Lapis Aus (HRS-WC) 3	Ton	K3	119,62
17	Lataston Lapis Aus (HRS-WC) 4	Ton	K4	550,94
18	Lataston Lapis Aus (HRS-WC) 5	Ton	K5	358,30
19	Lataston Lapis Aus (HRS-WC) 6	Ton	K6	205,55
20	Lataston Lapis Aus (HRS-WC) 7	Ton	K7	777,54
21	Lataston Lapis Fondasi (HRS-Base) 1	Ton	L1	399,00
22	Lataston Lapis Fondasi (HRS-Base) 2	Ton	L2	335,05
23	Lataston Lapis Fondasi (HRS-Base) 3	Ton	L3	797,72
24	Lataston Lapis Fondasi (HRS-Base) 4	Ton	L4	20,48
25	Lataston Lapis Fondasi (HRS-Base) 5	Ton	L5	760,86
26	Lataston Lapis Fondasi (HRS-Base) 6	Ton	L6	422,16
Div 7	Struktur			
1	Beton , fc'15 Mpa 1	M ³	M1	918,03
2	Beton , fc'15 Mpa 2	M ³	M2	863,43
3	Beton , fc'15 Mpa 3	M ³	M3	114,54
4	Beton , fc'15 Mpa 4	M ³	M4	113,48
5	Beton , fc'15 Mpa 5	M ³	M5	14,70

Lanjutan Tabel 4.13 Rangkuman BackUp Volume

6	Pasangan Batu 1	M ³	N1	6.810,50
7	Pasangan Batu 2	M ³	N2	1.436,03
8	Pasangan Batu 3	M ³	N3	451,44
9	Pasangan Batu 4	M ³	N4	422,28
10	Pasangan Batu 5	M ³	N5	116,40
Div 9	Pekerjaan Harian Dan Pekerjaan Lain2			
1	Marka Jalan Termoplastik 1	M ²	O1	6.810,50
2	Marka Jalan Termoplastik 2	M ²	O2	1.838,28
3	Marka Jalan Termoplastik 3	M ²	O3	300,60
4	Rambu Jalan Tunggal Intensity Grade 1	Buah	P1	120,00
5	Patok Pengarah 1	Buah	Q1	180,00
6	Patok Pengarah 2	Buah	Q2	10,00
7	Rel Pengaman 1	M ¹	R1	252,00
Div10	Pekerjaan Pemeliharaan			
1	Pembersihan Drainase 1	Ln.M	S1	252,00
2	Pengendalian Tanaman 1	M ²	T1	857,50

Sumber: Hasil Analisa 2023

Untuk memudahkan penyelesaian proyek secara keseluruhan, diperlukan diagram jaringan kerja yang menunjukkan urutan pekerjaan. Setelah melakukan pemecahan kegiatan, selanjutnya menyusun hubungan antar kegiatan. Dalam menyusun hubungan antar kegiatan kita harus menentukan logika ketergantungan antara kegiatan yang satu dengan kegiatan yang lainnya, kegiatan apa saja yang mengikutinya kegiatan apa saja yang bersamaan dibatasi saat mulai dan saat akhir tetap mengacu pada *time schedule*, sehingga dapat dilihat keterkaitan, ketergantungan dan urutan kegiatan dari awal hingga akhir proyek. Hubungan antar kegiatan dapat dilihat pada tabel 4.14 berikut

Tabel 4.12 Hubungan Antar Kegiatan Setelah Pemecah Kegiatan

No	Uraian Pekerjaan	Simbol Kegiatan	Kegiatan Sebelumnya
a	b	c	d
Div. 1	Umum		
1	Mobilisasi	A1	-
Div. 2	Drainase		
1	Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air 1	B1	A1
2	Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air 2	B2	C1,E1
3	Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air 3	B3	S1
4	Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air 4	B4	C3
5	Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air 5	B5	D3,K1
6	Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air 6	B6	C5,L3,F4,J3,O1
7	Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air 7	B7	D4,E7,J5,J6,L4,
8	Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air 8	B8	B7
9	Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air 9	B9	B8
10	Pasangan Batu dengan Mortar 1	C1	B1
11	Pasangan Batu dengan Mortar 2	C2	C1,E1
12	Pasangan Batu dengan Mortar 3	C3	B3,C2,D2,E3,N1,
13	Pasangan Batu dengan Mortar 4	C4	C3
14	Pasangan Batu dengan Mortar 5	C5	C4,E5
15	Pasangan Batu dengan Mortar 6	C6	C5, F4,J3,L3,N3,O1
16	Pasangan Batu dengan Mortar 7	C7	C6,K5
17	Pasangan Batu dengan Mortar 8	C8	C7,M4
18	Pasangan Batu dengan Mortar 9	C9	J7
Div. 3	Pekerjaan Tanah Dan Geosintetik		
1	Galian Biasa 1	D1	A1
2	Galian Biasa 2	D2	D1
3	Galian Biasa 3	D3	B4
4	Galian Biasa 4	D4	C6,K5
5	Galian Biasa 5	D5	D4,E7,J5,J6,L4,
6	Timbunan Pilihan dari sumber galian 1	E1	D1
7	Timbunan Pilihan dari sumber galian 2	E2	B2
8	Timbunan Pilihan dari sumber galian 3	E3	T1
9	Timbunan Pilihan dari sumber galian 4	E4	C3
10	Timbunan Pilihan dari sumber galian 5	E5	D3,K1
11	Timbunan Pilihan dari sumber galian 6	E6	G2,J3,K4
12	Timbunan Pilihan dari sumber galian 7	E7	C5, F4,J3,L3,N3,O1
13	Timbunan Pilihan dari sumber galian 8	E8	D5

Lanjutan Tabel 4.14 Hubungan Antar Kegiatan Setelah Pemecah Kegiatan

14	Penyiapan Badan Jalan 1	F1	C1,E1
15	Penyiapan Badan Jalan 2	F2	E4
16	Penyiapan Badan Jalan 3	F3	J1,L1
17	Penyiapan Badan Jalan 4	F4	E6
18	Penyiapan Badan Jalan 5	F5	G3,M1
19	Penyiapan Badan Jalan 6	F6	B8,C8,E8,H2
20	Penyiapan Badan Jalan 7	F7	K7
Div. 5	Perkerasan Berbutir		
1	Lapis Pondasi Agregat Kelas A 1	G1	D2,E3
2	Lapis Pondasi Agregat Kelas A 2	G2	D3,K1
3	Lapis Pondasi Agregat Kelas A 3	G3	J3,K4
4	Lapis Pondasi Agregat Kelas A 4	G4	C5, F4,J3,L3,N3,O1
5	Lapis Pondasi Agregat Kelas A 5	G5	B8,C8,E8,H2
6	Lapis Pondasi Agregat Kelas A 6	G6	L5
7	Lapis Pondasi Agregat Kelas S 1	H1	J3,K4
8	Lapis Pondasi Agregat Kelas S 2	H2	D4,E7,J5,J6,L4,
9	Lapis Pondasi Agregat Kelas S 3	H3	I6
Div 6	Perkerasan Aspal		
1	Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi 1	I1	F2
2	Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi 2	I2	B5,F3,J2,K3,N2
3	Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi 3	I3	L2
4	Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi 4	I4	G4,F5,N5,M3
5	Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi 5	I5	F6
6	Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi 6	I6	B7,C9,F7,G6,M5
7	Lapis Perekat - Aspal Cair/Emulsi 1	J1	F2
8	Lapis Perekat - Aspal Cair/Emulsi 2	J2	K2
9	Lapis Perekat - Aspal Cair/Emulsi 3	J3	H1
10	Lapis Perekat - Aspal Cair/Emulsi 4	J4	M2
11	Lapis Perekat - Aspal Cair/Emulsi 5	J5	G4,F5,N5,M3
12	Lapis Perekat - Aspal Cair/Emulsi 6	J6	I4,B6
13	Lapis Perekat - Aspal Cair/Emulsi 7	J7	G5
14	Lataston Lapis Aus (HRS-WC) 1	K1	L1,J1
15	Lataston Lapis Aus (HRS-WC) 2	K2	D3,K1
16	Lataston Lapis Aus (HRS-WC) 3	K3	C4,E5
17	Lataston Lapis Aus (HRS-WC) 4	K4	I2
18	Lataston Lapis Aus (HRS-WC) 5	K5	N4
19	Lataston Lapis Aus (HRS-WC) 6	K6	G4,F5,N5,M3
20	Lataston Lapis Aus (HRS-WC) 7	K7	O2
21	Lataston Lapis Fondasi (HRS-Base) 1	L1	I1

Lanjutan Tabel 4.14 Hubungan Antar Kegiatan Setelah Pemecah Kegiatan

22	Lataston Lapis Fondasi (HRS-Base) 2	L2	B5,F3,J2,K3,N2
23	Lataston Lapis Fondasi (HRS-Base) 3	L3	G3,M1
24	Lataston Lapis Fondasi (HRS-Base) 4	L4	K6
25	Lataston Lapis Fondasi (HRS-Base) 5	L5	P1
26	Lataston Lapis Fondasi (HRS-Base) 6	L6	B7,C9,F7,G6,M5
Div 7	Struktur		
1	Beton , fc'15 Mpa 1	M1	E5,C4
2	Beton , fc'15 Mpa 2	M2	C5, F4,J3,L3,N3,O1
3	Beton , fc'15 Mpa 3	M3	J4
4	Beton , fc'15 Mpa 4	M4	D4,E7,J5,J6,L4,
5	Beton , fc'15 Mpa 5	M5	Q1
6	Pasangan Batu 1	N1	B1
7	Pasangan Batu 2	N2	B3,N1
8	Pasangan Batu 3	N3	K2
9	Pasangan Batu 4	N4	C5, F4,J3,L3,N3,O1
10	Pasangan Batu 5	N5	K5
Div 9	Pekerjaan Harian Dan Pekerjaan Lain2		
1	Marka Jalan Termoplastik 1	O1	B5,F3,J2,K3,N2
2	Marka Jalan Termoplastik 2	O2	B8,C8,E8,H2
3	Marka Jalan Termoplastik 3	O3	L6
4	Rambu Jalan Tunggal dengan Pemantul High Intensity Grade 1	P1	B8,C8,E8,H2
5	Patok Pengarah 1	Q1	R1
6	Patok Pengarah 2	Q2	H3,O3
7	Rel Pengaman 1	R1	B8,C8,E8,H2
Div 10	Pekerjaan Pemeliharaan		
1	Pembersihan Drainase 1	S1	E2,F1
2	Pengendalian Tanaman 1	T1	E2,F1

Sumber: Hasil Analisa 2023

4.7.2. Membuat diagram kerja dan menentukan jalur kritis

Diagram jaringan kerja merupakan gambaran dari pelaksanaan suatu proyek berdasarkan kegiatan-kegiatan yang saling berhubungan antara kegiatan yang satu dengan yang lainnya. Dalam diagram jaringan kerja semua jangka waktu dinyatakan dalam hari kerja untuk tujuan pelaksanaan sehingga perlu diketahui hari kerja efektif.

Penggambaran diagram jaringan kerja dapat dilihat pada gambar 4.1. sedangkan perhitungan saat paling awal dan saat paling lambat kegiatan dapat dilihat pada tabel 4.15. dan perhitungan *total float*, *free float* dan *independent float* dapat dilihat pada tabel 4.16.

Tabel 4.13 Perhitungan Saat Paling Awal (SPA) dan Saat Paling Lambat (SPL) Kegiatan

No	SPA	Perhitungan					SPL	Perhitungan				
a	b	d					e	g				
1	SPA 1	0					SPL54	195				
2	SPA 2	0	+	15	=	15	SPL53	195	-	1	=	194
3	SPA 3	15	+	12	=	27	SPL52	194	-	12	=	182
4	SPA 4	15	+	6	=	21	SPL51	194	-	12	=	182
5	SPA5	27	+	12	=	39	SPL50	182	-	6	=	176
6	SPA6	39	+	6	=	45	SPL49	176	-	3	=	173
7	SPA7	39	+	18	=	57	SPL48	176	-	6	=	170
8	SPA8	57	+	1	=	58	SPL47	176	-	6	=	170
9	SPA9	57	+	1	=	58	SPL46	176	-	6	=	170
10	SPA10	39	+	29	=	68	SPL45	176	-	6	=	170
11	SPA11	68	+	12	=	80	SPL44	173	-	3	=	170
12	SPA12	80	+	6	=	86	SPL43	170	-	3	=	167
13	SPA13	80	+	6	=	86	SPL42	170	-	3	=	167
14	SPA14	86	+	6	=	92	SPL41	170	-	3	=	167
15	SPA15	92	+	8	=	100	SPL40	170	-	3	=	167
16	SPA16	100	+	2	=	102	SPL39	167	-	6	=	161
17	SPA17	102	+	3	=	105	SPL38	161	-	6	=	155
18	SPA18	80	+	30	=	110	SPL37	161	-	6	=	155
19	SPA19	105	+	2	=	107	SPL36	161	-	6	=	155
20	SPA20	68	+	46	=	114	SPL35	161	-	10	=	151
21	SPA21	114	+	2	=	116	SPL34	151	-	1	=	150
22	SPA22	114	+	2	=	116	SPL33	151	-	1	=	150
23	SPA23	105	+	15	=	120	SPL32	150	-	1	=	149
24	SPA24	120	+	9	=	129	SPL31	149	-	6	=	143
25	SPA25	120	+	6	=	126	SPL30	149	-	6	=	143
26	SPA26	120	+	3	=	123	SPL29	143	-	2	=	141
27	SPA27	129	+	3	=	132	SPL28	143	-	2	=	141
28	SPA28	132	+	9	=	141	SPL27	141	-	9	=	132
29	SPA29	132	+	9	=	141	SPL26	132	-	3	=	129
30	SPA30	141	+	2	=	143	SPL25	132	-	3	=	129

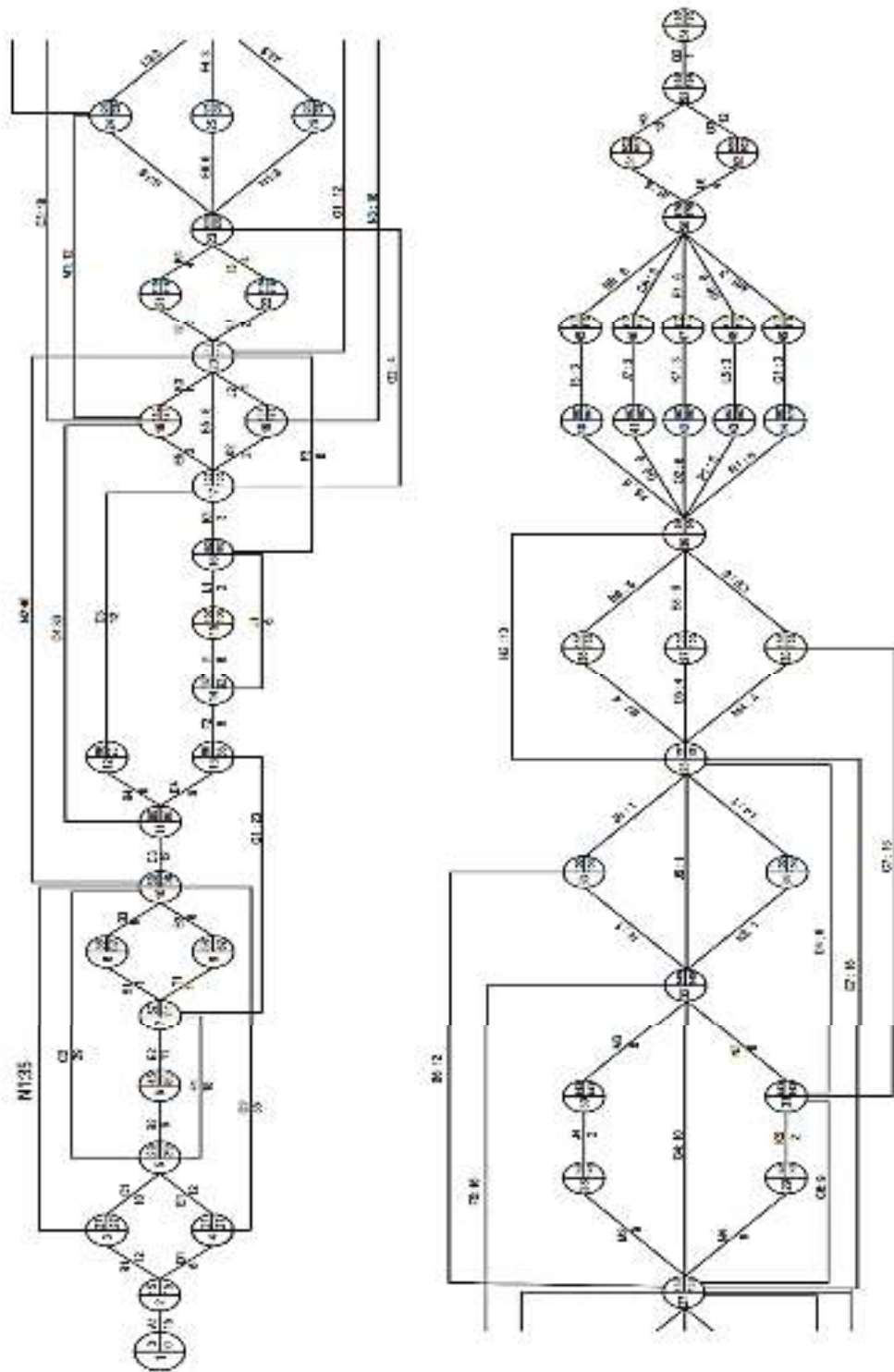
Lanjutan Tabel 4.15 Perhitungan Saat Paling Awal (SPA) dan Saat Paling Lambat (SPL) Kegiatan

31	SPA31	141	+	2	=	143	SPL24	132	-	3	=	129
32	SPA32	143	+	6	=	149	SPL23	129	-	9	=	120
33	SPA33	149	+	1	=	150	SPL22	120	-	4	=	116
34	SPA34	149	+	1	=	150	SPL21	120	-	4	=	116
35	SPA35	150	+	1	=	151	SPL20	116	-	2	=	114
36	SPA36	151	+	4	=	155	SPL19	114	-	1	=	113
37	SPA37	151	+	4	=	155	SPL18	114	-	1	=	113
38	SPA38	151	+	4	=	155	SPL17	120	-	15	=	105
39	SPA39	151	+	10	=	161	SPL16	105	-	3	=	102
40	SPA40	161	+	6	=	167	SPL15	102	-	2	=	100
41	SPA41	161	+	6	=	167	SPL14	100	-	8	=	92
42	SPA42	161	+	6	=	167	SPL13	92	-	6	=	86
43	SPA43	161	+	6	=	167	SPL12	105	-	12	=	93
44	SPA44	161	+	6	=	167	SPL11	86	-	6	=	80
45	SPA45	167	+	3	=	170	SPL10	114	-	46	=	68
46	SPA46	167	+	3	=	170	SPL9	68	-	6	=	62
47	SPA47	167	+	3	=	170	SPL8	68	-	6	=	62
48	SPA48	167	+	3	=	170	SPL7	62	-	1	=	61
49	SPA49	167	+	3	=	170	SPL6	61	-	11	=	50
50	SPA50	170	+	6	=	176	SPL5	68	-	29	=	39
51	SPA51	176	+	6	=	182	SPL4	39	-	12	=	27
52	SPA52	176	+	4	=	180	SPL3	39	-	12	=	27
53	SPA53	182	+	12	=	194	SPL2	27	-	12	=	15
54	SPA54	194	+	1	=	195	SPL1	15	-	15	=	0

Sumber : Hasil Analisa 2023

Dari tabel 4.16 menggambarkan hasil perhitungan saat paling akhir (SPA) dan saat paling lambat (SPL) yang disebabkan oleh keterlambatan penyediaan material terhadap perubahan produksi minimum dan waktu penyelesaian. Perubahan tersebut juga akan mempengaruhi diagram jaringan kerja, network pada gambar dibawah ini akan menggambarkan besar keterlambatan yang dihasilkan dan kemudian akan disesuaikan dengan hari kerja efektif, sehingga dapat disimpulkan apakah proyek tersebut mengalami keterlambatan atau tidak. Dari perhitungan SPA dan SPL tersebut dapat diketahui network diagram yang akan kita buat akan berakhir di hari ke-195.

Oleh karena itu, hasil perhitungan SPA dan SPL akan membentuk suatu jaringan kerja yang dapat kita lihat pada gambar 4.1 berikut ini.



Gambar 4.1 Network Diagram
 Sumber : Hasil Analisis 2023

Tabel 4.14 Perhitungan Total Float, Free Float dan Independent Float

No	No Kegiatan	Symbol	Peristiwa Awal (i)		Peristiwa Akhir (j)		Durasi (Xi)	Jalur Kritis		
			SPA i	SPL i	SPA j	SPL j		TF	IF	FF
			a	b	c	d		e	f	g
1	1- 2	A1	0	0	15	15	15	0	0	0
2	2- 3	B1	15	15	27	27	12	0	0	0
3	3- 5	C1	27	27	39	39	12	0	0	0
4	5- 10	C2	39	39	68	68	29	0	0	0
5	10- 11	C3	68	68	80	80	12	0	0	0
6	11- 13	E4	80	80	86	86	6	0	0	0
7	13- 14	F2	86	86	92	92	6	0	0	0
8	14- 15	I1	92	92	100	100	8	0	0	0
9	15- 16	L1	100	100	102	102	2	0	0	0
10	16- 17	K1	102	102	105	105	3	0	0	0
11	10- 20	N2	68	68	114	114	46	0	0	0
12	20- 21	I2	114	114	116	116	2	0	0	0
13	20- 22	L2	114	114	116	116	2	0	0	0
14	17- 23	G2	105	105	120	120	15	0	0	0
15	21- 23	K4	116	116	120	120	4	0	0	0
16	22- 23	I3	116	116	120	120	4	0	0	0
17	23- 24	G3	120	120	129	129	9	0	0	0
18	24- 27	L3	129	129	132	132	3	0	0	0
19	27- 28	M2	132	132	141	141	9	0	0	0
20	27- 29	N4	132	132	141	141	9	0	0	0
21	28- 30	J4	141	141	143	143	2	0	0	0
22	29- 31	K5	141	141	143	143	2	0	0	0
23	30- 32	M3	143	143	149	149	6	0	0	0
24	31- 32	N5	143	143	149	149	6	0	0	0
25	32- 33	I4	149	149	150	150	1	0	0	0
26	32- 34	K6	149	149	150	150	1	0	0	0
27	33- 35	J6	150	150	151	151	1	0	0	0
28	34- 35	L4	150	150	151	151	1	0	0	0
29	35- 36	B7	151	151	155	155	4	0	0	0
30	35- 37	D5	151	151	155	155	4	0	0	0
31	35- 38	M4	151	151	155	155	4	0	0	0
32	35- 39	H2	151	151	161	161	10	0	0	0
33	36- 39	B8	155	155	161	161	6	0	0	0
34	37- 39	E8	155	155	161	161	6	0	0	0
35	38- 39	C8	155	155	161	161	6	0	0	0

Lanjutan Tabel 4.16. Perhitungan Total Float, Free Float dan Independent Float

36	39- 40	F6	161	161	167	167	6	0	0	0
37	39- 41	G5	161	161	167	167	6	0	0	0
38	39- 42	O2	161	161	167	167	6	0	0	0
39	39- 43	P1	161	161	167	167	6	0	0	0
40	40- 45	I5	167	167	170	170	3	0	0	0
41	41- 46	J7	167	167	170	170	3	0	0	0
42	42- 47	K7	167	167	170	170	3	0	0	0
43	43- 48	L5	167	167	170	170	3	0	0	0
44	45- 50	B7	170	170	176	176	6	0	0	0
45	46- 50	C9	170	170	176	176	6	0	0	0
46	47- 50	F7	170	170	176	176	6	0	0	0
47	48- 50	G6	170	170	176	176	6	0	0	0
48	50- 51	I6	176	176	182	182	6	0	0	0
49	51- 53	H3	182	182	194	194	12	0	0	0
50	53- 54	Q2	194	194	195	195	1	0	0	0

Sumber: Hasil Analisa 2023

Berdasarkan gambar 4.1 maka peristiwa kritis, kegiatan kritis dan lintasan kritis dapat diketahui. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.17 dibawah ini.

Tabel 4.15 Peristiwa Kritis, Kegiatan Kritis, dan Lintasan Kritis

Peristiwa Kritis	Kegiatan Kritis	Jalur Kritis
1,2,3,5,10,11,13,14,15,16,17,,20,21,22,23,24,27,28,29,30,31,32,33,35,36,37,38,39,40,41,42,43,45,46,47,48,50,51,53.	A1,B1,C1,C2,C3,E4,F2,I1,L1, K1,N2,I2,L2,G2,K4,I3,G3,L3,M2 N4,J4,K5,M3,N5,I4,K6,J6,L4, B7,D5,M4,H2,B8,E8,C8,F6,G5, O2,P1,I5,J7,K7,L5,B7,C9,F7,G6 I6,H3,Q2	1-A1,2-B1,3-C1,5-C2,10-C3,,10-N2,11-E4,13-F2,14-I1,15-L1,16-K1,17-G2,20-L2,21-K4,22-I3,23-G3,24-L3,27-M2,27-N4,28-J4,29-K5,30-M3,31-N5,32-I4,33-J6,34-L4,35-B7,35-D5,35-M4,35-H2,36-B8,37-E8,38-C8,39-F6,39-G5,39-O2,39-P1,40-I5,41-J7,42-K7,43-L5,45-B7,46-C9,47-F7,48-G650-I651-H3,53-Q3

Sumber: Hasil Analisa 2023

4.8 Evaluasi Waktu Penyelesaian

Berdasarkan gambar 4.1 waktu penyelesaian menggunakan metode network diagram maka dibuat kontrol terhadap hari kerja efektif yang ada didalam kontrak proyek, dimana waktu penyelesaian (umur proyek) harus lebih kecil atau sama dengan

hari kerja efektif. Saat paling akhir peristiwa akhir merupakan waktu pelaksanaan proyek yang dihasilkan yakni 195 hari. Berdasarkan hasil yang diperoleh bahwa diagram jaringan kerja yang dibuat memenuhi syarat, sebab waktu pelaksanaan yang dihasilkan kurang dari sama dengan waktu pelaksanaan proyek yang ditargetkan yaitu 195 hari.

4.9. Kebutuhan Material

Data data yang dibutuhkan untuk menghitung kebutuhan material adalah nilai produksi minimum, volume item pekerjaan dan koefisien material. Banyaknya kebutuhan material per-jam dan per-hari serta kebutuhan total pada jam kerja normal dapat dihitung dengan persamaan 2.18, 2.19, dan 2.24, (bab II). Berikut adalah proses perhitungan kebutuhan material pada jam kerja efektif normal.

Satu sampel perhitungan, pada item pekerjaan timbunan pilihan sumber galian dengan volume pekerjaan 8456,63 m³, mempunyai produksi minimum per-jam dan per-harinya sebesar 29,29 m³/jam dan 205,06 m³/hari serta material bahan timbunan dengan koefisien 1,2000 m³. Maka banyaknya kebutuhan material per-jam dan per-hari adalah

Rumus kebutuhan material

$$K_{tk} = \frac{1}{Q} \times J_{tk}$$

$$\text{Kebutuhan material per-jam} = 1,2000 \times 29,29 = 35,15 \text{ m}^3$$

$$\text{Kebutuhan material per-hari} = 1,2000 \times 205,06 = 246,07 \text{ m}^3$$

$$\text{Kebutuhan material total} = 1,2000 \times 8456,63 = 10.147,96 \text{ m}^3$$

Hasil perhitungan kebutuhan material dari item pekerjaan timbunan pilihan dari sumber galian, menggambarkan bahwa untuk menyelesaikan item pekerjaan timbunan pilihan dari sumber galian dengan volume item pekerjaan timbunan pilihan dari sumber galian volume dengan pekerjaan 468,36 m³ maka kebutuhan material dapat diketahui yaitu kebutuhan material dari tem pekerjaan timbunan pilihan dari sumber galian untuk kebutuhan material per jam dan per-hari sebesar 35,15 m³ dan 246,07 m³ serta kebutuhan material total 10.147,96 m³.

Perhitungan kebutuhan material pada jam kerja normal ini mengambil item pekerjaan timbunan pilihan dari sumber galian sebagai sampel untuk perhitungan pada item pekerjaan selanjutnya. Perhitungan kebutuhan material pada item pekerjaan lainnya, dihitung dengan cara yang sama dan dapat dilihat pada lampiran.

Berikut adalah hasil perhitungan kebutuhan material dari semua item pekerjaan yang dipecahkan dengan menggunakan cara dan persamaan yang sama seperti contoh perhitungan item pekerjaan timbunan pilihan dari sumber galian diatas. Perhitungan kebutuhan material dapat dilihat pada tabel 4.18 berikut ini.

Tabel 4.16 Rekap Kebutuhan Material Item Pekerjaan Analisa

No.	Uraian Pekerjaan	Sumber Daya Material	Satuan	Volume	Kebutuhan Material per-jam	Kebutuhan Material per-hari	Kebutuhan Total
a	b	c	d	e	f	g	h
DIV 2	Drainase						
2.1.(1)	Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air		M3	6.615,47			
		-			-	-	-
2.2.(1)	Pasangan Batu dengan Mortar		M3	2.476,14			
		Batu	M3		1,85	12,98	2.581,87
		Semen (PC)	Kg		273,90	1.917,30	381.325,56
		Pasir	M3		0,71	4,96	986,88

Lanjutan Tabel 4.18 Rekap Kebutuhan Material Item Pekerjaan Analisa

DIV3	Pekerjaan Tanah Dan Geosintetik						
3.1.(1)	Galian Biasa		M3	20.061,85			
		-			-	-	-
3.2.(2a)	Timbunan Pilihan dari sumber galian		M3	8.456,63			
		Bahan pilihan (M09)	M3		35,15	246,07	10.147,96
3.3.(1)	Penyiapan Badan Jalan		M2	25.809,05			
		-			-	-	-
DIV 5	Perkerasan Berbutir						
5.1.(1)	Lapis Pondasi Agregat Kelas A		M3	10.507,81			
		Agregat A	M3		148,16	1.037,09	14.102,04
5.1.(3)	Lapis Pondasi Agregat Kelas S		M3	2.238,72			
		Aggregat S	M3		99,28	694,97	2.885,63
DIV 6	Perkerasan Aspal						
6.1 (1)	Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi		Liter	39.698,24			

Lanjutan Tabel 4.18 Rekap Kebutuhan Material Item Pekerjaan Analisa

		Aspal Emulsi CSS-1	Liter		1.757,89	12.305,22	51.111,48
6.1(2a)	Lapis Perekat - Aspal Cair/Emulsi		Liter	5.881,93			
		Aspal Emulsi CRS-1	Liter		1.234,26	8.639,83	7.572,98
6.1.(3)	Lataston Lapis Aus (HRS-WC)		Ton	2.500,74			
		Agr Pch Mesin 5-10 & 10-15	M3		12,85	89,98	645,50
		Agr Pch Mesin 0 - 5	M3		9,17	64,22	460,70
		Pasir Halus	M3		13,98	97,84	701,89
		Semen	Kg		943,81	6.606,67	47.394,02
		Aspal	Kg		4.000,93	28.006,52	200.909,45
6.3.(4)	Lataston Lapis Fondasi (HRS-Base)		Ton	2.735,27			
		Agr Pch Mesin 5-8 & 8-11 & 11-15	M3		4,25	29,76	880,97
		Agr Pch Mesin 0 - 5	M3		2,16	15,12	447,56
		Pasir Halus	M3		3,29	23,03	681,78
		Semen	Kg		255,58	1.789,09	52.965,77
		Aspal	Kg		883,67	6.185,69	183.126,33
DIV 7	Struktur						
7.1 (8)	Beton , fc'15 Mpa		M3	1.321,73			
		Semen	Kg		1.092,07	7.644,46	359.404,82
		Pasir Beton	M3		2,61	18,24	857,57

Lanjutan Tabel 4.18 Rekap Kebutuhan Material Item Pekerjaan Analisa

		Agregat Kasar	M3		3,13	21,88	1.028,90
		Kayu Perancah	M3		1,33	9,28	436,17
		Paku	Kg		15,90	111,33	5.234,05
		Air	Ltr		765,27	5.356,91	251.855,65
		Plastizier	Kg		3,28	22,93	1.078,21
7.9.(1)	Pasangan Batu		M3	9.236,65			
		Batu Kali	M3		3,59	25,16	8.668,02
		Semen (PC)	Kg		609,09	4.263,65	1.468.627,35
		Pasir	M3		1,60	11,21	3.862,67
DIV 9	Pekerjaan Harian Dan Pekerjaan Lain2						
9.2.(1)	Marka Jalan Termoplastik		M2	2.668,20			
		Cat Marka Thermoplastic	Kg		186,10	1.302,71	8.863,09
		Glass Bead	Kg		25,97	181,77	1.236,71
9.2.(4a)	Rambu Jalan Tunggal dengan Pemantul High Intensity Grade		Buah	120,00			
		Pelat Rambu	Buah		13,50	94,47	120,00
		Pipa Galvanis Dia. 5"	Batang		13,50	94,47	120,00
		Beton Fc 20 Mpa	M3		0,22	1,51	1,92
9.2.(5)	Patok Pengarah		Buah	200,00			
		Beton fc 20 Mpa	M3		0,67	4,72	6,95
		Baja Tulangan	Kg		35,40	247,82	365,01

Lanjutan Tabel 4.18 Rekap Kebutuhan Material Item Pekerjaan Analisa

9.2.(7)	Rel Pengaman		M1	252,00			
		Rel Pengaman (Termasuk Tiang Blok Baut)	M'		4,67	32,72	259,56
DIV 10	Pekerjaan Pemeliharaan						
10.1.(21)	Pembersihan Drainase 1		Ln.M	252,00			
		-			-	-	-
10.1.(22)	Pengendalian Tanaman 1		M2	857,50			
		-			-	-	-

Sumber: Hasil Analisa 2023

Tabel 4.18 diatas merupakan tabel dari item pekerjaan yang dianalisa. Tabel tersebut menggambarkan kebutuhan material per jam, kebutuhan material per-hari serta kebutuhan material total dari setiap item pekerjaan yang dianalisa, hasil perhitungan tersebut dapat membantu kita dalam mengetahui jumlah material yang tersedia akibat ketersediaan material berkurang 30% dengan interval 10%. Kebutuhan material total berdasarkan hasil dari perhitungan dapat diketahui kebutuhan material yang berkurang saat melakukan simulasi ketersediaan material berkurang 30% dengan interval 10%. Hal tersebut mempengaruhi produksi dan menyebabkan waktu penyelesaian bertambah.

Tabel yang menggambarkan kebutuhan material pada jalur kritis dapat dilihat dalam tabel 4.19. Dengan menggunakan cara dan persamaan yang sama, namun pada tabel 4.19 akan lebih menjelaskan tentang kebutuhan material dari item pekerjaan yang masuk dalam lintasan kritis.

Tabel 4.17 Rekap Kebutuhan Material Item Pekerjaan Jalur Kritis

Uraian Pekerjaan	Sumber Daya Material	Satuan	Volume	Kebutuhan Material per-jam	Kebutuhan Material per-hari	Kebutuhan Total
a	b	c	d	e	f	g
Mobilisasi		LS	1,00			
	-			-	-	-
Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air 1		M3	211,74			
				-	-	-
Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air 7		M3	1.000,00			
				-	-	-
Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air 8		M3	453,60			
				-	-	-
Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air 9		M3	181,29			
				-	-	-
Pasangan Batu dengan Mortar 1		M3	105,36			
	Batu	M3		1,85	12,98	109,86
	Semen (PC)	Kg		273,90	1.917,30	
	Pasir	M3		0,71	4,96	41,99
Pasangan Batu dengan Mortar 2		M3	374,00			
	Batu	M3		1,85	12,98	389,97
	Semen (PC)	Kg		273,90	1.917,30	57.596,00
	Pasir	M3		0,71	4,96	149,06

Lanjutan Tabel 4.18 Rekap Kebutuhan Material Item Pekerjaan Jalur Kritis

Pasangan Batu dengan Mortar 3		M3	89,46			
	Batu	M3		1,85	12,98	93,28
	Semen (PC)	Kg		273,90	1.917,30	13.776,84
	Pasir	M3		0,71	4,96	35,65
Pasangan Batu dengan Mortar 8		M3	63,06			
	Batu	M3		1,85	12,98	65,75
	Semen (PC)	Kg		273,90	1.917,30	9.711,24
	Pasir	M3		0,71	4,96	25,13
Pasangan Batu dengan Mortar 9		M3	134,31			
	Batu	M3		1,85	12,98	140,05
	Semen (PC)	Kg		273,90	1.917,30	20.683,74
	Pasir	M3		0,71	4,96	53,53
Galian Biasa 5		M3	220,00			
				-	-	-
Timbunan Pilihan dari sumber galian 4		M3	1.122,12			
	Bahan pilihan (M09)	M3		35,15	246,07	1.346,54
Timbunan Pilihan dari sumber galian 8		M3	902,04			
	Bahan pilihan (M09)	M3		35,15	246,07	1.082,45
Penyiapan Badan Jalan 2		M2	1.750,02			
				-	-	-

Lanjutan Tabel 4.19 Rekap Kebutuhan Material Item Pekerjaan Jalur Kritis

Penyiapan Badan Jalan 6		M2	223,98			
				-	-	-
Penyiapan Badan Jalan 7		M2	1.587,00			
				-	-	-
Lapis Pondasi Agregat Kelas A 2		M3	2.337,51			
	Agregat A	M3		148,16	1.037,09	3.137,06
Lapis Pondasi Agregat Kelas A 3		M3	687,51			
	Agregat A	M3		148,16	1.037,09	922,67
Lapis Pondasi Agregat Kelas A 5		M3	658,32			
	Agregat A	M3		148,16	1.037,09	883,50
Lapis Pondasi Agregat Kelas A 6		M3	498,90			
	Agregat A	M3		148,16	1.037,09	669,55
Lapis Pondasi Agregat Kelas S 2		M3	1.245,60			
	Aggregat S	M3		99,28	694,97	1.605,54
Lapis Pondasi Agregat Kelas S 3		M3	471,12			
	Aggregat S	M3		99,28	694,97	607,26
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi 1		Liter	10.623,64			
	Aspal Emulsi CSS-1	Liter		1.757,89	12.305,22	13.677,94
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi 2		Liter	4.222,08			
	Aspal Emulsi CSS-1	Liter		1.759,89	12.319,22	5.442,12

Lanjutan Tabel 4.19 Rekap Kebutuhan Material Item Pekerjaan Jalur Kritis

Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi 3		Liter	10.725,00			
	Aspal Emulsi CRS-1	Liter		1.757,89	12.305,22	13.808,44
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi 4		Liter	368,50			
	Aspal Emulsi CSS-1	Liter		1.759,89	12.319,22	474,98
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi 5		Liter	8.945,76			
	Aspal Emulsi CSS-1	Liter		1.759,89	12.319,22	11.530,78
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi 6		Liter	4.813,26			
	Aspal Emulsi CSS-1	Liter		1.759,89	12.319,22	6.204,13
Lapis Perekat - Aspal Cair/Emulsi 4		Liter	806,98			
	Aspal Emulsi CRS-1	Liter		1.234,26	8.639,83	1.038,99
Lapis Perekat - Aspal Cair/Emulsi 6		Liter	462,95			
	Aspal Emulsi CRS-1	Liter		1.234,26	8.639,83	596,05
Lapis Perekat - Aspal Cair/Emulsi 7		Liter	1.733,76			
	Aspal Emulsi CRS-1	Liter		1.234,26	8.639,83	2.232,22
Lataston Lapis Aus (HRS-WC) 1		Ton	268,47			
	Agr Pch Mesin 5-10 & 10-15	M3		12,85	89,98	69,30
	Agr Pch Mesin 0 - 5	M3		9,17	64,22	49,46

Lanjutan Tabel 4.19 Rekap Kebutuhan Material Item Pekerjaan Jalur Kritis

	Pasir Halus	M3		13,98	97,84	75,35
	Semen	Kg		943,81	6.606,67	5.088,04
	Aspal	Kg		4.000,93	28.006,52	21.568,88
Lataston Lapis Aus (HRS-WC) 4		Ton	550,94			
	Agr Pch Mesin 5-10 & 10-15	M3		12,85	89,98	142,21
	Agr Pch Mesin 0 - 5	M3		9,17	64,22	101,50
	Pasir Halus	M3		13,98	97,84	154,63
	Semen	Kg		943,81	6.606,67	10.441,41
	Aspal	Kg		4.000,93	28.006,52	44.262,52
Lataston Lapis Aus (HRS-WC) 5		Ton	358,30			
	Agr Pch Mesin 5-10 & 10-15	M3		12,85	89,98	92,49
	Agr Pch Mesin 0 - 5	M3		9,17	64,22	66,01
	Pasir Halus	M3		13,98	97,84	100,57
	Semen	Kg		943,81	6.606,67	6.790,50
	Aspal	Kg		4.000,93	28.006,52	28.785,82
Lataston Lapis Aus (HRS-WC) 6		Ton	205,55			
	Agr Pch Mesin 5-10 & 10-15	M3		12,85	89,98	53,06
	Agr Pch Mesin 0 - 5	M3		9,17	64,22	37,87
	Pasir Halus	M3		13,98	97,84	57,69

Lanjutan Tabel 4.19 Rekap Kebutuhan Material Item Pekerjaan Jalur Kritis

	Semen	Kg		943,81	6.606,67	3.895,58
	Aspal	Kg		4.000,93	28.006,52	16.513,89
Lataston Lapis Aus (HRS-WC) 7		Ton	777,54			
	Agr Pch Mesin 5-10 & 10-15	M3		12,85	89,98	200,70
	Agr Pch Mesin 0 - 5	M3		9,17	64,22	143,24
	Pasir Halus	M3		13,98	97,84	218,23
	Semen	Kg		943,81	6.606,67	14.735,94
	Aspal	Kg		4.000,93	28.006,52	62.467,56
Lataston Lapis Fondasi (HRS-Base) 1		Ton	399,00			
	Agr Pch Mesin 5-8 & 8-11 & 11-15	M3		4,25	29,76	128,51
	Agr Pch Mesin 0 - 5	M3		2,16	15,12	65,29
	Pasir Halus	M3		3,29	23,03	99,45
	Semen	Kg		255,58	1.789,09	7.726,24
	Aspal	Kg		883,67	6.185,69	26.713,05
Lataston Lapis Fondasi (HRS-Base) 2		Ton	335,05			
	Agr Pch Mesin 5-8 & 8-11 & 11-15	M3		4,25	29,76	107,91
	Agr Pch Mesin 0 - 5	M3		2,16	15,12	54,82
	Pasir Halus	M3		3,29	23,03	83,51

Lanjutan Tabel 4.19 Rekap Kebutuhan Material Item Pekerjaan Jalur Kritis

	Semen	Kg		255,58	1.789,09	6.487,91
	Aspal	Kg		883,67	6.185,69	22.431,60
Lataston Lapis Fondasi (HRS-Base) 3		Ton	797,72			
	Agr Pch Mesin 5-8 & 8-11 & 11-15	M3		4,25	29,76	256,93
	Agr Pch Mesin 0 - 5	M3		2,16	15,12	130,53
	Pasir Halus	M3		3,29	23,03	198,83
	Semen	Kg		255,58	1.789,09	15.447,05
	Aspal	Kg		883,67	6.185,69	53.407,35
Lataston Lapis Fondasi (HRS-Base) 4		Ton	20,48			
	Agr Pch Mesin 5-8 & 8-11 & 11-15	M3		4,25	29,76	6,60
	Agr Pch Mesin 0 - 5	M3		2,16	15,12	3,35
	Pasir Halus	M3		3,29	23,03	5,10
	Semen	Kg		255,58	1.789,09	396,57
	Aspal	Kg		883,67	6.185,69	1.371,14
Lataston Lapis Fondasi (HRS-Base) 5		Ton	760,86			
	Agr Pch Mesin 5-8 & 8-11 & 11-15	M3		4,25	29,76	245,06
	Agr Pch Mesin 0 - 5	M3		2,16	15,12	124,50
	Pasir Halus	M3		3,29	23,03	189,65

Lanjutan Tabel 4.19 Rekap Kebutuhan Material Item Pekerjaan Jalur Kritis

	Semen	Kg		255,58	1.789,09	14.733,29
	Aspal	Kg		883,67	6.185,69	50.939,58
Beton , fc'15 Mpa 2		M3	863,43			
	Semen	Kg		1.092,07	7.644,46	234.783,89
	Pasir Beton	M3		2,61	18,24	560,22
	Agregat Kasar	M3		3,13	21,88	672,14
	Kayu Perancah	M3		1,33	9,28	284,93
	Paku	Kg		15,90	111,33	3.419,18
	Air	Ltr		765,27	5.356,91	164.526,59
	Plastizier	Kg		3,28	22,93	704,35
Beton , fc'15 Mpa 3		M3	114,54			
	Semen	Kg		1.092,07	7.644,46	31.145,72
	Pasir Beton	M3		2,61	18,24	74,32
	Agregat Kasar	M3		3,13	21,88	89,16
	Kayu Perancah	M3		1,33	9,28	37,80
	Paku	Kg		15,90	111,33	453,58
	Air	Ltr		765,27	5.356,91	21.825,60
	Plastizier	Kg		3,28	22,93	93,44
Beton , fc'15 Mpa 4		M3	113,48			
	Semen	Kg		1.092,07	7.644,46	30.857,48
	Pasir Beton	M3		2,61	18,24	73,63
	Agregat Kasar	M3		3,13	21,88	88,34
	Kayu Perancah	M3		1,33	9,28	37,45

Lanjutan Tabel 4.19 Rekap Kebutuhan Material Item Pekerjaan Jalur Kritis

	Paku	Kg		15,90	111,33	449,38
	Air	Ltr		765,27	5.356,91	21.623,61
	Plastizier	Kg		3,28	22,93	92,57
Pasangan Batu 2		M3	1.436,03			
	Batu Kali	M3		3,59	25,16	1.347,62
	Semen (PC)	Kg		609,09	4.263,65	228.328,77
	Pasir	M3		1,60	11,21	600,53
Pasangan Batu 4		M3	422,28			
	Batu Kali	M3		3,59	25,16	396,28
	Semen (PC)	Kg		609,09	4.263,65	67.142,52
	Pasir	M3		1,60	11,21	176,59
Pasangan Batu 5		M3	116,40			
	Batu Kali	M3		3,59	25,16	109,23
	Semen (PC)	Kg		609,09	4.263,65	18.507,60
	Pasir	M3		1,60	11,21	48,68
Marka Jalan Termoplastik 2		M2	1.838,28			
	Cat Marka Thermoplastic	Kg		186,10	1.302,71	6.106,31
	Glass Bead	Kg		25,97	181,77	852,04
Rambu Jalan Tunggal dengan Pemantul High Intensity Grade 1		Buah	120,00			
	Pelat Rambu	Buah		13,50	94,47	120,00

Lanjutan Tabel 4.19 Rekap Kebutuhan Material Item Pekerjaan Jalur Kritis

	Pipa Galvanis Dia. 5"	Batang		13,50	94,47	120,00
	Beton Fc 20 Mpa	M3		0,22	1,51	1,92
Patok Pengarah 2		Buah	10,00			
	Beton fc 20 Mpa	M3		0,67	4,72	0,35
	Baja Tulangan	Kg		35,40	247,82	18,25

Sumber : Hasil Analisa 2023

Tabel 4.19 menggambarkan, bahwa kebutuhan material sangat ditentukan oleh produksi minimum dan koefisien material dari tiap item pekerjaan yang bersangkutan. Artinya jika koefisien material dan produksi minimum dari item pekerjaan yang bersangkutan besar maka kebutuhan material akan meningkat dan begitupun sebaliknya jika koefisien material dan produksi minimum dari item pekerjaan yang bersangkutan kecil maka kebutuhan material berkurang.

4.10. Simulasi Keterlambatan

Teknik simulasi bisa digunakan untuk mengoptimalkan item pekerjaan yang terdapat pada lintasan kritis dan untuk mengevaluasi operasi konstruksi. Simulasi berhubungan dengan permodelan dari suatu proses atau system dalam suatu cara tertentu sehingga model tersebut menirukan respon dari system actual terhadap suatu kejadian yang terjadi menurut dengan waktu. Dalam penelitian ini, terdapat dua simulasi. Simulasi pertama yaitu simulasi keterlambatan material yang disebabkan oleh waktu. Simulasi kedua yaitu simulasi keterlambatan yang disebabkan oleh jumlah material yang tersedia. Dalam penelitian ini, simulasi keterlambatan dibuat menjadi dua bagian yaitu dari simulasi.

4.10.1. Simulasi Keterlambatan Dari Waktu Datangnya Material Pada Item Pekerjaan Yang Masuk Pada Jalur Kritis

Keterlambatan datangnya material disimulasikan 3jam/hari dengan interval waktu antara 1 jam, yang artinya keterlambatan datangnya material yang mengakibatkan terjadi berkurangnya jam kerja efektif sebanyak 3 jam dari jam kerja efektif awal dan

dihitung dengan interval waktu antara 1 jam. Diketahui , jam kerja efektif pada proyek ini adalah 7 jam/hari. Jika keterlambatan datangnya material terjadi sebanyak 1 jam terjadi pengurangan jam kerja efektif menjadi 6 jam dan apabila terjadi keterlambatan datangnya material sebanyak 2 jam maka terjadi pengurangan waktu kerja efektif menjadi 5 jam. Perhitungan ini dilakukan berulang hingga terjadi keterlambatan datangnya material sebanyak 3 jam/hari.

4.10.1.1.Perubahan Produksi Minimum

Setelah dilakukan perhitungan produksi normal yang dihitung berdasarkan nilai koefisien yang didapat dari data Rencana Anggaran Biaya (RAB) pada Proyek Peningkatan Dan Pemeliharaan Rutin Ruas Jalan Penunjang KSPN KOMODO (PHJD) (65,2KM) Manggarai Barat, Nusa Tenggara Timur. Baik produksi tenaga kerja dan produski peralatan. Tahap selanjutnya menghitung perubahan produksi minimum antara tenaga kerja dan peralatan dengan menggunakan variasi perubahan dimulai 1 jam sampai 3 jam. Perhitungan perubahan produksi minimum hanya pada item pekerjaan yang berada di jalur kritis hal ini dikarenakan simulasi keterlambatan hanya pada item pekerjaan yang berada di jalur kritis dihitung dengan menggunakan persamaan 2.9 $Q'MH = QMJ \times JK'efektif$ dan persamaan 2.26 $Q'MJ = Q'MH / Jkefektif$ pada Bab II.

Satu sampel perhitungan, pada item pekerjaan pasangan batu dan mortar 1 (C1) dengan volume pekerjaan 105,36 m³ mempunyai produksi normal per-jam dan per-harinya sebesar 1,78 m³/jam dan 12,45 m³/hari. Jam kerja efektif adalah 7 jam setiap hari. Terjadi keterlambatan pekerjaan 3 jam setiap hari maka banyaknya perubahan produksi minimum akibat keterlambatan pekerjaan apabila dihitung dengan interval waktu antara 1 jam adalah

- a. Terjadi keterlambatan pekerjaan 1 jam menyebabkan jam kerja efektif berkurang menjadi 6 jam.

$$Q'MH = QMJ \times JK'efektif$$

$$= 1,78 \times 6 = 10,67 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Q'MJ = Q'MH / Jkefektif$$

$$= 10,67 / 7 = 1,52 \text{ m}^3/\text{jam}$$

- b. Terjadi keterlambatan pekerjaan 2 jam menyebabkan jam kerja efektif berkurang menjadi 5 jam.

$$Q'MH = QMJ \times JK' \text{ efektif}$$

$$= 1,78 \times 5 = 8,89 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Q'MJ = Q'MH / J \text{ efektif}$$

$$= 8,89 / 7 = 1,27 \text{ m}^3/\text{jam}$$

- c. Terjadi keterlambatan pekerjaan 3 jam menyebabkan jam kerja efektif berkurang menjadi 4 jam.

$$Q'MH = QMJ \times JK' \text{ efektif}$$

$$= 1,78 \times 4 = 7,11 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Q'MJ = Q'MH / J \text{ efektif}$$

$$= 7,11 / 7 = 1,02 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Pernyataan ini dapat dibuktikan, bahwa pada waktu keterlambatan pekerjaan 1 jam menghasilkan produksi minimum 10,67 m³/hari dan 1,52 m³/jam, pada waktu keterlambatan pekerjaan 2 jam menghasilkan produksi minimum 8,89 m³/hari dan 1,27 m³/jam, pada waktu keterlambatan pekerjaan 3 jam menghasilkan produksi minimum 7,11 m³/hari dan 1,02 m³/jam. hubungan antara waktu dan produksi berbanding terbalik jika waktu terlambat besar maka produksi akan berkurang sebaliknya jika waktu terlambatnya berkurang maka produksi yang dihasilkan suatu item pekerjaan akan bertambah.

Untuk perhitungannya dapat dilihat pada lampiran VIII dan hasil perhitungan perubahan produksi minimum adanya keterlambatan material 3jam/ hari dengan interval 1 jam dari semua item pekerjaan yang berada di jalur kritis akibat keterlambatan pekerjaan atau berkurangnya jam kerja efektif dapat dilihat pada tabel 4.20

Tabel 4.20 Rekap Perubahan Produksi Minimum

Uraian Pekerjaan	Simbol	Satuan	Volume	Produksi (m ³ /jam)	Produksi (m ³ /hari)			
					0 jam normal	1 jam	2 jam	3 jam
Umum								
Mobilisasi	A1	Ls	1,00	-	-	-	-	-
Drainase								
Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air 1	B1	m ³	211,74	37,35	261,45	224,10	186,75	149,40
Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air 7	B7	m ³	1.000,00	37,35	261,45	224,10	186,75	149,40
Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air 8	B8	m ³	453,60	37,35	261,45	224,10	186,75	149,40
Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air 9	B9	m ³	181,29	37,35	261,45	224,10	186,75	149,40
Pasangan Batu dengan Mortar 1	C1	M3	105,36	1,78	12,45	10,67	8,89	7,11
Pasangan Batu dengan Mortar 2	C2	M3	374,00	1,78	12,45	10,67	8,89	7,11
Pasangan Batu dengan Mortar 3	C3	M3	89,46	1,78	12,45	10,67	8,89	7,11
Pasangan Batu dengan Mortar 8	C8	M3	63,06	1,78	12,45	10,67	8,89	7,11
Pasangan Batu dengan Mortar 9	C9	M3	134,31	1,78	12,45	10,67	8,89	7,11
Pekerjaan Tanah Dan Geosintetik								
Galian Biasa 5	D5	M3	220,00	217,10	1.519,68	1.302,58	1.085,48	868,39
Timbunan Pilihan dari sumber galian 4	E4	M3	1.122,12	29,29	205,06	175,76	146,47	117,18
Timbunan Pilihan dari sumber galian 8	E8	M3	902,04	29,29	205,06	175,76	146,47	117,18
Penyiapan Badan Jalan 2	F2	M2	1.750,02	204,73	1.433,13	1.228,40	1.023,67	818,93
Penyiapan Badan Jalan 6	F6	M2	223,98	204,73	1.433,13	1.228,40	1.023,67	818,93
Penyiapan Badan Jalan 7	F7	M2	1.587,00	204,73	1.433,13	1.228,40	1.023,67	818,93

Lanjutan Tabel 4.21 Rekap Perubahan Produksi Minimum

Perkerasan Berbutir									
Lapis Pondasi Agregat Kelas A 2	G2	M3	2.337,51	110,39	772,76	662,37	551,97	441,58	
Lapis Pondasi Agregat Kelas A 3	G3	M3	687,51	110,39	772,76	662,37	551,97	441,58	
Lapis Pondasi Agregat Kelas A 5	G5	M3	658,32	110,39	772,76	662,37	551,97	441,58	
Lapis Pondasi Agregat Kelas A 6	G6	M3	498,90	110,39	772,76	662,37	551,97	441,58	
Lapis Pondasi Agregat Kelas S 2	H2	M3	1.245,60	77,02	539,17	462,14	385,12	308,10	
Lapis Pondasi Agregat Kelas S 3	H3	M3	471,12	77,02	539,17	462,14	385,12	308,10	
Perkerasan Aspal									
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi 1	I1	Liter	10.623,64	1.365,35	9.557,45	8.192,10	6.826,75	5.461,40	
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi 2	I2	Liter	4.222,08	1.365,35	9.557,45	8.192,10	6.826,75	5.461,40	
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi 3	I3	Liter	10.725,00	1.365,35	9.557,45	8.192,10	6.826,75	5.461,40	
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi 4	I4	Liter	368,50	1.365,35	9.557,45	8.192,10	6.826,75	5.461,40	
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi 5	I5	Liter	8.945,76	1.365,35	9.557,45	8.192,10	6.826,75	5.461,40	
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi 6	I6	Liter	4.813,26	1.365,35	9.557,45	8.192,10	6.826,75	5.461,40	
Lapis Perekat - Aspal Cair/Emulsi 4	J4	Liter	806,98	958,65	6.710,55	5.751,90	4.793,25	3.834,60	
Lapis Perekat - Aspal Cair/Emulsi 6	J6	Liter	462,95	958,65	6.710,55	5.751,90	4.793,25	3.834,60	
Lapis Perekat - Aspal Cair/Emulsi 7	J7	Liter	1.733,76	958,65	6.710,55	5.751,90	4.793,25	3.834,60	
Lataston Lapis Aus (HRS-WC) 1	K1	Ton	268,47	49,80	348,60	298,80	249,00	199,20	
Lataston Lapis Aus (HRS-WC) 4	K4	Ton	550,94	49,80	348,60	298,80	249,00	199,20	
Lataston Lapis Aus (HRS-WC) 5	K5	Ton	358,30	49,80	348,60	298,80	249,00	199,20	
Lataston Lapis Aus (HRS-WC) 6	K6	Ton	205,55	49,80	348,60	298,80	249,00	199,20	

Lanjutan Tabel 4.22 Rekap Perubahan Produksi Minimum

Lataston Lapis Aus (HRS-WC) 7	K7	Ton	777,54	49,80	348,60	298,80	249,00	199,20
Lataston Lapis Fondasi (HRS-Base) 1	L1	Ton	399,00	13,20	92,39	79,19	65,99	52,80
Lataston Lapis Fondasi (HRS-Base) 2	L2	Ton	335,05	13,20	92,39	79,19	65,99	52,80
Lataston Lapis Fondasi (HRS-Base) 3	L3	Ton	797,72	13,20	92,39	79,19	65,99	52,80
Lataston Lapis Fondasi (HRS-Base) 4	L4	Ton	20,48	13,20	92,39	79,19	65,99	52,80
Lataston Lapis Fondasi (HRS-Base) 5	L5	Ton	760,86	13,20	92,39	79,19	65,99	52,80
Struktur								
Beton , fc'15 Mpa 2	M2	M3	863,43	4,02	28,11	24,10	20,08	16,06
Beton , fc'15 Mpa 3	M3	M3	114,54	4,02	28,11	24,10	20,08	16,06
Beton , fc'15 Mpa 4	M4	M3	113,48	4,02	28,11	24,10	20,08	16,06
Pasangan Batu 2	N2	M3	1.436,03	3,83	26,82	22,98	19,15	15,32
Pasangan Batu 4	N4	M3	422,28	3,83	26,82	22,98	19,15	15,32
Pasangan Batu 5	N5	M3	116,40	3,83	26,82	22,98	19,15	15,32
Pekerjaan Harian Dan Pekerjaan Lain Lain								
Marka Jalan Termoplastik 2	O2	M2	1.838,28	56,03	392,18	336,15	280,13	224,10
Rambu Jalan Tunggal dengan 1	P1	Buah	120,00	13,50	94,47	80,97	67,48	53,98

Patok Pengarah 2	Q2	Buah	10,00	19,40	135,79	116,39	96,99	77,59
------------------	----	------	-------	-------	--------	--------	-------	-------

Sumber: Hasil Analisa 2023

4.10.1.2. Perubahan Waktu Penyelesaian

Perubahan waktu penyelesaian yang terjadi dalam analisa ini terjadi karena adanya keterlambatan pekerjaan yang mempengaruhi produksi minimum. Produksi minimum merupakan salah satu variabel yang menentukan waktu penyelesaian dari suatu item pekerjaan. Pernyataan tersebut dibenarkan karena waktu penyelesaian tiap item pekerjaan dihitung dengan membandingkan volume pada item pekerjaan yang bersangkutan terhadap produksi minimum pada masing-masing item pekerjaan yang bersangkutan.

Perhitungan waktu penyelesaian ini dapat dihitung dengan persamaan 2.11 $WP = V / Q_{min}$ pada Bab II untuk waktu penyelesaian setelah terjadi keterlambatan pekerjaan selama 3 jam per hari dengan interval waktu antara 1 jam. Data-data awal yang dibutuhkan untuk menghitung waktu penyelesaian adalah pada jam volume pekerjaan dan produksi minimum. Produksi minimum yang digunakan adalah produksi minimum pada jam kerja normal dan produksi minimum setelah terjadi keterlambatan.

Satu sampel perhitungan, pasangan batu dan mortar 1 (C1) dengan volume pekerjaan $105,36 \text{ m}^3$ mempunyai produksi normal per-harinya sebesar $12,45 \text{ m}^3/\text{hari}$. Apabila terjadi keterlambatan pekerjaan selama 3 jam dan dihitung dengan interval waktu antara 1 jam dengan diketahui produksi minimum akibat keterlambatan pekerjaan 1 jam adalah $10,67 \text{ m}^3/\text{hari}$, produksi minimum akibat keterlambatan pekerjaan 2 jam adalah $8,89 \text{ m}^3/\text{hari}$, dan produksi minimum akibat keterlambatan pekerjaan 3 jam adalah $7,11 \text{ m}^3/\text{hari}$. Maka waktu penyelesaian sebelum dan setelah terjadi keterlambatan pekerjaan adalah :

- a. Waktu penyelesaian pada jam kerja normal

$$WP = V / Q_{min}$$

$$= 105,36 / 12,45 = 8,46 \text{ hari hari dibulatkan 9 hari}$$

- b. Waktu penyelesaian akibat keterlambatan pekerjaan 1 jam

$$WP = V / Q_{min}$$

$$= 105,36 / 10,67 = 9,87 \text{ hari hari dibulatkan } 10 \text{ hari}$$

- c. Waktu penyelesaian akibat keterlambatan pekerjaan 2 jam

$$WP = V / Q_{min}$$

$$= 105,36 / 8,89 = 11,85 \text{ hari hari dibulatkan } 12 \text{ hari}$$

- a. Waktu penyelesaian akibat keterlambatan pekerjaan 3 jam

$$WP = V / Q_{min}$$

$$= 105,36 / 7,11 = 14,81 \text{ hari hari dibulatkan } 15 \text{ hari}$$

Hasil dari perhitungan tersebut menggambarkan, bahwa semakin lama waktu keterlambatan pekerjaan semakin bertambah atau lama waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan volume tiap item pekerjaan. Pernyataan ini dibuktikan dengan hasil perhitungan yang telah dilakukan.

Dihat bahwa waktu penyelesaian normal pada item pasangan batu dan mortar 1 (C1) selama 9 hari. Pada waktu penyelesaian akibat keterlambatan pekerjaan 1 jam selama 10 hari, waktu penyelesaian akibat keterlambatan pekerjaan 2 jam selama 12 hari dan waktu penyelesaian akibat keterlambatan pekerjaan 3 jam selama 15 hari.

Dari hasil perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa jika waktu keterlambatan material besar produksi berkurang maka waktu penyelesaian bertambah. Sebaliknya jika waktu keterlambatan berkurang produksi besar maka waktu penyelesaian berkurang. Waktu penyelesaian bertambah menyebabkan keterlambatan . simulasi keterlambatan dari segi waktu datangnya material dengan jam kerja efektif berkurang 3 jam/hari dengan interval 1 jam.

Untuk perhitungannya dapat dilihat pada lampiran dan hasil perhitungan perubahan produksi minimum dari semua item pekerjaan yang berada di jalur kritis akibat keterlambatan pekerjaan atau berkurangnya jam kerja efektif dapat dilihat pada tabel 4.2

Tabel 4.21 Rekap Perubahan Waktu Penyelesaian

Simbol	Satuan	Volume	Qmin dan WP berdasarkan waktu keterlambatan distribusi material							
			0 jam (normal)		1 jam		2 jam		3 jam	
			Waktu Penyelesaian		Waktu Penyelesaian		Waktu Penyelesaian		Waktu Penyelesaian	
			Hasil	Jlh hari	Hasil	Jlh hari	Hasil	Jlh hari	Hasil	Jlh hari
A1	Ls	1,00								
B1	m3	211,74	0,81	1,00	0,94	1,00	1,13	2,00	1,42	2,00
B7	m3	1.000,00	3,82	4,00	4,46	5,00	5,35	6,00	6,69	7,00
B8	m3	453,60	1,73	2,00	2,02	3,00	2,43	3,00	3,04	4,00
B9	m3	181,29	0,69	1,00	0,81	1,00	0,97	1,00	1,21	2,00
C1	M3	105,36	8,46	9,00	9,87	10,00	11,85	12,00	14,81	15,00
C2	M3	374,00	30,04	31,00	35,05	36,00	42,06	43,00	52,57	53,00
C3	M3	89,46	7,19	8,00	8,38	9,00	10,06	11,00	12,57	13,00
C8	M3	63,06	5,07	6,00	5,91	6,00	7,09	8,00	8,86	9,00
C9	M3	134,31	10,79	11,00	12,59	13,00	15,10	16,00	18,88	19,00
D5	M3	220,00	0,14	1,00	0,17	1,00	0,20	1,00	0,25	1,00
E4	M3	1.122,12	5,47	6,00	6,38	7,00	7,66	8,00	9,58	10,00
E8	M3	902,04	4,40	5,00	5,13	6,00	6,16	7,00	7,70	8,00
F2	M2	1.750,02	1,22	2,00	1,42	2,00	1,71	2,00	2,14	3,00
F6	M2	223,98	0,16	1,00	0,18	1,00	0,22	1,00	0,27	1,00
F7	M2	1.587,00	1,11	2,00	1,29	2,00	1,55	2,00	1,94	2,00

Lanjutan Tabel 4.21 Rekap Perubahan Waktu Penyelesaian

G2	M3	2.337,51	3,02	4,00	3,53	4,00	4,23	5,00	5,29	6,00
G3	M3	687,51	0,89	1,00	1,04	2,00	1,25	2,00	1,56	2,00
G5	M3	658,32	0,85	1,00	0,99	1,00	1,19	2,00	1,49	2,00
G6	M3	498,90	0,65	1,00	0,75	1,00	0,90	1,00	1,13	2,00
H2	M3	1.245,60	2,31	3,00	2,70	3,00	3,23	4,00	4,04	5,00
H3	M3	471,12	0,87	1,00	1,02	2,00	1,22	2,00	1,53	2,00
I1	Liter	10.623,64	1,11	2,00	1,30	2,00	1,56	2,00	1,95	2,00
I2	Liter	4.222,08	0,44	1,00	0,52	1,00	0,62	1,00	0,77	1,00
I3	Liter	10.725,00	1,12	2,00	1,31	2,00	1,57	2,00	1,96	2,00
I4	Liter	368,50	0,04	1,00	0,04	1,00	0,05	1,00	0,07	1,00
I5	Liter	8.945,76	0,94	1,00	1,09	2,00	1,31	2,00	1,64	2,00
I6	Liter	4.813,26	0,50	1,00	0,59	1,00	0,71	1,00	0,88	1,00
J4	Liter	806,98	0,12	1,00	0,14	1,00	0,17	1,00	0,21	1,00
J6	Liter	462,95	0,07	1,00	0,08	1,00	0,10	1,00	0,12	1,00
J7	Liter	1.733,76	0,26	1,00	0,30	1,00	0,36	1,00	0,45	1,00
K1	Ton	268,47	0,77	1,00	0,90	1,00	1,08	2,00	1,35	2,00
K4	Ton	550,94	1,58	2,00	1,84	2,00	2,21	3,00	2,77	3,00
K5	Ton	358,30	1,03	2,00	1,20	2,00	1,44	2,00	1,80	2,00
K6	Ton	205,55	0,59	1,00	0,69	1,00	0,83	1,00	1,03	2,00
K7	Ton	777,54	2,23	3,00	2,60	3,00	3,12	4,00	3,90	4,00
L1	Ton	399,00	4,32	5,00	5,04	6,00	6,05	7,00	7,56	8,00
L2	Ton	335,05	3,63	4,00	4,23	5,00	5,08	6,00	6,35	7,00

Lanjutan Tabel 4.21 Rekap Perubahan Waktu Penyelesaian

L3	Ton	797,72	8,63	9,00	10,07	11,00	12,09	13,00	15,11	16,00
L4	Ton	20,48	0,22	1,00	0,26	1,00	0,31	1,00	0,39	1,00
L5	Ton	760,86	8,24	9,00	9,61	10,00	11,53	12,00	14,41	15,00
M2	m ³	863,43	30,71	31,00	35,83	36,00	43,00	43,00	53,75	54,00
M3	m ³	114,54	4,07	5,00	4,75	5,00	5,70	6,00	7,13	8,00
M4	m ³	113,48	4,04	5,00	4,71	5,00	5,65	6,00	7,06	8,00
N2	m ³	1.436,03	53,55	54,00	62,48	63,00	74,97	75,00	93,72	94,00
N4	m ³	422,28	15,75	16,00	18,37	19,00	22,05	23,00	27,56	28,00
N5	m ³	116,40	4,34	5,00	5,06	6,00	6,08	7,00	7,60	8,00
O2	m ²	1.838,28	4,69	5,00	5,47	6,00	6,56	7,00	8,20	9,00
P1	Buah	120,00	1,27	2,00	1,48	2,00	1,78	2,00	2,22	3,00
Q2	Buah	10,00	0,07	1,00	0,09	1,00	0,10	1,00	0,13	1,00

Sumber: Hasil Analisa 20223

4.10.1.3. Perubahan Network Diagram

Perhitungan waktu penyelesaian baru akibat keterlambatan pekerjaan pada item pekerjaan yang termasuk dalam kegiatan kritis yang ada telah diketahui, maka

langkah selanjutnya adalah membuat diagram jaringan kerja baru. Dalam penyusunan diagram kerja baru ini terlebih dahulu dihitung waktu penyelesaian proyek baru akibat keterlambatan pekerjaan atau pengurangan jam kerja efektif sebanyak 1 jam, 2 jam, 3 jam dan 4 jam. Selain itu juga akan dihitung kembali saat paling awal, saat paling lambat dan tenggang waktu kegiatan pada masing-masing jam kerja lembur.

4.10.1.3.1. Perubahan Network Diagram Akibat Keterlambatan Pekerjaan 1 Jam

Perhitungan saat paling awal dan saat paling lambat kegiatan akibat keterlambatan pekerjaan sebanyak 1 jam dapat dilihat pada tabel 4.22 dan gambar diagram jaringan kerja dapat dilihat pada gambar 4.

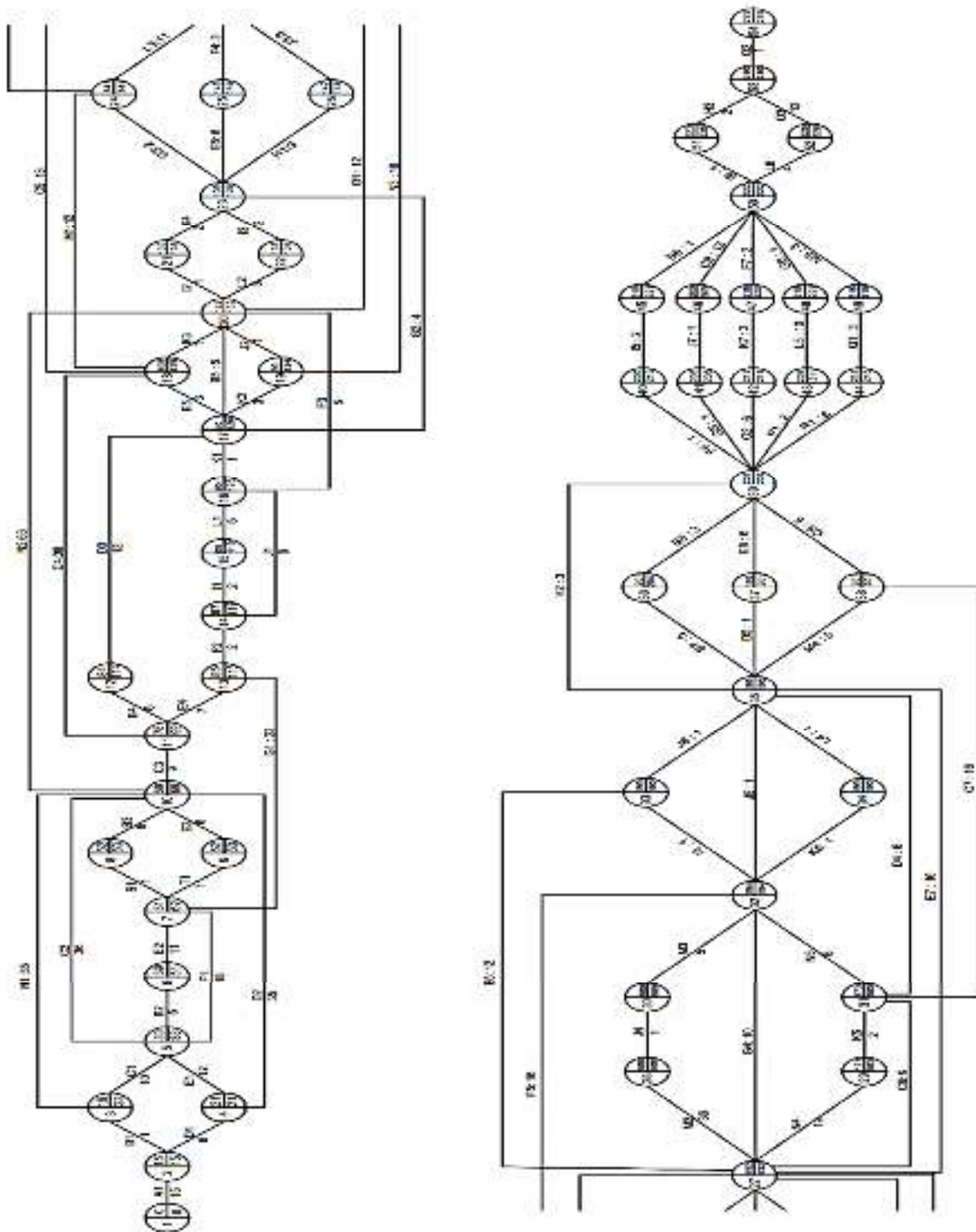
Tabel 4.23 Perhitungan Saat Paling Awal (SPA) dan Saat Paling Lambat (SPL) Kegiatan Akibat Keterlambatan Pekerjaan 1 Jam.

No	SPA	Perhitungan					SPL	Perhitungan				
a	b	c					d	e				
1	SPA1	0					SPL54	239				
2	SPA2	0	+	15	=	15	SPL53	239	-	1	=	238
3	SPA3	15	+	1	=	16	SPL52	238	-	12	=	226
4	SPA4	15	+	6	=	21	SPL51	238	-	2	=	236
5	SPA5	21	+	12	=	33	SPL50	226	-	4	=	222
6	SPA6	33	+	6	=	39	SPL49	222	-	3	=	219
7	SPA7	33	+	18	=	51	SPL48	222	-	1	=	221
8	SPA8	51	+	1	=	52	SPL47	222	-	2	=	220
9	SPA9	51	+	1	=	52	SPL46	222	-	13	=	209
10	SPA10	33	+	36	=	69	SPL45	222	-	1	=	221
11	SPA11	69	+	9	=	78	SPL44	219	-	3	=	216
12	SPA12	78	+	6	=	84	SPL43	221	-	10	=	211
13	SPA13	78	+	7	=	85	SPL42	220	-	3	=	217
14	SPA14	85	+	2	=	87	SPL41	209	-	1	=	208
15	SPA15	87	+	2	=	89	SPL40	221	-	2	=	219
16	SPA16	89	+	6	=	95	SPL39	208	-	1	=	207
17	SPA17	95	+	1	=	96	SPL38	207	-	6	=	201
18	SPA18	78	+	30	=	108	SPL37	207	-	6	=	201
19	SPA19	96	+	2	=	98	SPL36	207	-	3	=	204
20	SPA20	69	+	63	=	132	SPL35	201	-	5	=	196
21	SPA21	132	+	1	=	133	SPL34	196	-	1	=	195
22	SPA22	132	+	5	=	137	SPL33	196	-	1	=	195
23	SPA23	137	+	2	=	139	SPL32	195	-	1	=	194
24	SPA24	139	+	2	=	141	SPL31	201	-	16	=	185
25	SPA25	139	+	6	=	145	SPL30	194	-	5	=	189

**Lanjutan Tabel 4.22 Perhitungan Saat Paling Awal (SPA) dan Saat Paling Lambat (SPL)
Kegiatan Akibat Keterlambatan Pekerjaan 1 Jam**

26	SPA26	139	+	3	=	142	SPL29	185	-	2	=	183
27	SPA27	141	+	11	=	152	SPL28	189	-	1	=	188
28	SPA28	152	+	36	=	188	SPL27	188	-	36	=	152
29	SPA29	152	+	19	=	171	SPL26	152	-	3	=	149
30	SPA30	188	+	1	=	189	SPL25	152	-	3	=	149
31	SPA31	171	+	2	=	173	SPL24	152	-	11	=	141
32	SPA32	189	+	5	=	194	SPL23	141	-	2	=	139
33	SPA33	194	+	1	=	195	SPL22	139	-	2	=	137
34	SPA34	194	+	1	=	195	SPL21	139	-	2	=	137
35	SPA35	195	+	1	=	196	SPL20	137	-	5	=	132
36	SPA36	196	+	5	=	201	SPL19	152	-	18	=	134
37	SPA37	196	+	1	=	197	SPL18	141	-	12	=	129
38	SPA38	196	+	5	=	201	SPL17	129	-	3	=	126
39	SPA39	201	+	6	=	207	SPL16	126	-	1	=	125
40	SPA40	207	+	1	=	208	SPL15	125	-	6	=	119
41	SPA41	207	+	1	=	208	SPL14	119	-	2	=	117
42	SPA42	207	+	6	=	213	SPL13	117	-	2	=	115
43	SPA43	207	+	2	=	209	SPL12	126	-	12	=	114
44	SPA44	207	+	6	=	213	SPL11	129	-	30	=	99
45	SPA45	208	+	2	=	210	SPL10	132	-	63	=	69
46	SPA46	208	+	1	=	209	SPL9	69	-	6	=	63
47	SPA47	213	+	3	=	216	SPL8	69	-	6	=	63
48	SPA48	209	+	10	=	219	SPL7	63	-	1	=	62
49	SPA49	213	+	3	=	216	SPL6	62	-	11	=	51
50	SPA50	209	+	13	=	222	SPL5	69	-	36	=	33
51	SPA51	222	+	1	=	223	SPL4	33	-	12	=	21
52	SPA52	222	+	4	=	226	SPL3	33	-	10	=	23
53	SPA53	226	+	12	=	238	SPL2	21	-	6	=	15
54	SPA54	238	+	1	=	239	SPL1	15	-	15	=	0

Sumber : Hasil Analisa 2023



Gambar 1.2 Network Diagram
 Sumber : Hasil Analisis 2023

Tabel 4.24 Perhitungan Total *Float*, *Free Float* dan *Independent Float* Akibat Terlambat Datangnya Material 1 Jam

No Kegiatan	Symbol	Peristiwa Awal (i)		Peristiwa Akhir (j)		Durasi (XI)	Jalur Kritis		
		SPA i	SPL i	SPA j	SPL j		TF	IF	FF
a	b	c	d	e	f	g	$h = f - g - c$	$i = e - g - d$	$j = e - g - c$
1- 2	A1	0	0	15	15	15	0	0	0
2- 4	D1	15	15	21	21	6	0	0	0
4- 5	E1	21	21	33	33	12	0	0	0
5- 10	C2	33	33	69	69	36	0	0	0
10- 20	N2	69	69	132	132	63	0	0	0
20- 22	L2	132	132	137	137	5	0	0	0
22- 23	I3	137	137	139	139	2	0	0	0
23- 24	G3	139	139	141	141	2	0	0	0
24- 27	L3	141	141	152	152	11	0	0	0
27- 28	M2	152	152	188	188	36	0	0	0
28- 30	J4	188	188	189	189	1	0	0	0
30- 32	M3	189	189	194	194	5	0	0	0
32- 33	I4	194	194	195	195	1	0	0	0
32- 34	K6	194	194	195	195	1	0	0	0
33- 35	J6	195	195	196	196	1	0	0	0
34- 35	L4	195	195	196	196	1	0	0	0
35- 38	M4	196	196	201	201	5	0	0	0
38- 39	C8	201	201	207	207	6	0	0	0
39- 41	G5	207	207	208	208	1	0	0	0
41- 46	J7	208	208	209	209	1	0	0	0
46- 50	C9	209	209	222	222	13	0	0	0
50- 52	L6	222	222	226	226	4	0	0	0
52- 53	O3	226	226	238	238	12	0	0	0
53- 54	Q2	238	238	239	239	1	0	0	0

Sumber: Hasil Analisa 2023

4.10.1.3.2. Perubahan Network Diagram Akibat Keterlambatan Pekerjaan 2 Jam

Perhitungan saat paling awal dan saat paling lambat kegiatan akibat keterlambatan pekerjaan sebanyak 2 jam dapat dilihat pada tabel 4.24 dan gambar diagram jaringan kerja dapat dilihat pada gambar 5.

Tabel 4.25 Perhitungan Saat Paling Awal (SPA) dan Saat Paling Lambat (SPL) Kegiatan Akibat Keterlambatan Pekerjaan 2 Jam.

SPA	Perhitungan					SPL	Perhitungan				
SPA1	0					SPL54	276				
SPA2	0	+	15	=	15	SPL53	276	-	1	=	275
SPA3	15	+	2	=	17	SPL52	275	-	12	=	263
SPA4	15	+	6	=	21	SPL51	275	-	2	=	273
SPA5	21	+	12	=	33	SPL50	263	-	4	=	259
SPA6	33	+	6	=	39	SPL49	259	-	3	=	256
SPA7	33	+	18	=	51	SPL48	259	-	1	=	258
SPA8	51	+	1	=	52	SPL47	259	-	2	=	257
SPA9	51	+	1	=	52	SPL46	259	-	16	=	243
SPA10	33	+	43	=	76	SPL45	259	-	1	=	258
SPA11	76	+	11	=	87	SPL44	256	-	3	=	253
SPA12	87	+	6	=	93	SPL43	258	-	12	=	246
SPA13	87	+	8	=	95	SPL42	257	-	4	=	253
SPA14	95	+	2	=	97	SPL41	243	-	1	=	242
SPA15	97	+	2	=	99	SPL40	258	-	2	=	256
SPA16	99	+	7	=	106	SPL39	242	-	2	=	240
SPA17	106	+	2	=	108	SPL38	240	-	8	=	232
SPA18	87	+	30	=	117	SPL37	240	-	7	=	233
SPA19	108	+	2	=	110	SPL36	240	-	3	=	237
SPA20	76	+	75	=	151	SPL35	232	-	6	=	226
SPA21	151	+	1	=	152	SPL34	226	-	1	=	225
SPA22	151	+	6	=	157	SPL33	226	-	1	=	225
SPA23	157	+	2	=	159	SPL32	225	-	1	=	224
SPA24	159	+	2	=	161	SPL31	232	-	16	=	216
SPA25	159	+	6	=	165	SPL30	224	-	6	=	218
SPA26	159	+	3	=	162	SPL29	216	-	2	=	214
SPA27	161	+	13	=	174	SPL28	218	-	1	=	217
SPA28	174	+	43	=	217	SPL27	226	-	16	=	210
SPA29	174	+	23	=	197	SPL26	174	-	3	=	171
SPA30	217	+	1	=	218	SPL25	174	-	3	=	171
SPA31	197	+	2	=	199	SPL24	174	-	13	=	161
SPA32	218	+	6	=	224	SPL23	161	-	2	=	159
SPA33	224	+	1	=	225	SPL22	159	-	2	=	157
SPA34	224	+	1	=	225	SPL21	159	-	3	=	156
SPA35	225	+	1	=	226	SPL20	157	-	6	=	151

Lanjutan Tabel 4.26 Perhitungan Saat Paling Awal (SPA) dan Saat Paling Lambat (SPL) Kegiatan Akibat Keterlambatan Pekerjaan 2 Jam.

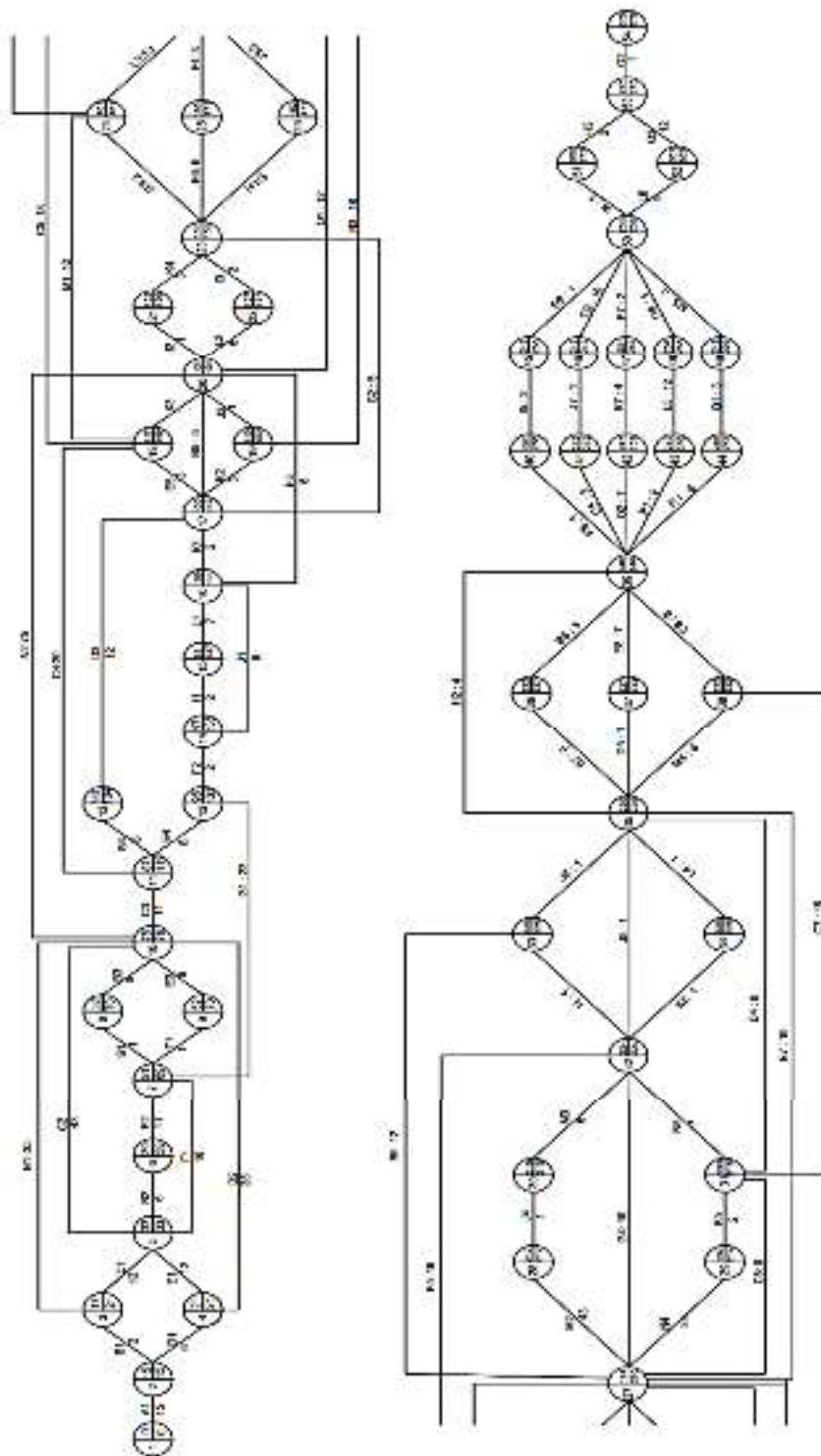
SPA36	226	+	6	=	232	SPL19	151	-	1	=	150
SPA37	226	+	1	=	227	SPL18	161	-	12	=	149
SPA38	226	+	6	=	232	SPL17	149	-	3	=	146
SPA39	232	+	8	=	240	SPL16	146	-	2	=	144
SPA40	240	+	1	=	241	SPL15	144	-	7	=	137
SPA41	240	+	2	=	242	SPL14	137	-	2	=	135
SPA42	240	+	7	=	247	SPL13	135	-	2	=	133
SPA43	240	+	2	=	242	SPL12	146	-	12	=	134
SPA44	240	+	6	=	246	SPL11	149	-	30	=	119
SPA45	241	+	2	=	243	SPL10	151	-	75	=	76
SPA46	242	+	1	=	243	SPL9	76	-	6	=	70
SPA47	247	+	4	=	251	SPL8	76	-	6	=	70
SPA48	242	+	12	=	254	SPL7	70	-	1	=	69
SPA49	246	+	3	=	249	SPL6	69	-	11	=	58
SPA50	243	+	16	=	259	SPL5	76	-	43	=	33
SPA51	259	+	1	=	260	SPL4	33	-	12	=	21
SPA52	259	+	4	=	263	SPL3	33	-	12	=	21
SPA53	263	+	12	=	275	SPL2	21	-	6	=	15
SPA54	275	+	1	=	276	SPL1	15	-	15	=	0

Sumber : Hasil Analisa 2023

Tabel 4.24 diatas menggambarkan hasil perhitungan SPA dan SPL akibat pengaruh keterlambatan waktu datangnya material terhadap perubahan produksi minimum dan waktu penyelesaian. Hal tersebut terjadi karena waktu penyelesaian yang bertambah yang disebabkan oleh jam kerja efektif yang berkurang dan produksi yang dihasilkan juga berkurang sehingga waktu penyelesaian bertambah.

Perubahan tersebut juga mempengaruhi network diagram dimana network diagram sebelum mengalami perubahan untuk perhitungan SPA dan SPL membentuk network diagram yaitu 195 hari, namun akibat dari simulasi keterlambatan dari jam kerja efektif yang berkurang akibat waktu datangnya material yang terlambat mempengaruhi network diagram dari 195 hari menjadi 276 hari.

Oleh karena itu, hasil perhitungan SPA dan SPL akan membentuk suatu jaringan kerja yang dapat kita lihat pada gambar 4.3 berikut ini.



Gambar 2.3 Network Diagram
 Sumber : Hasil Analisis 2023

Tabel 4.27 Perhitungan Total Float, Free Float dan Independent Float Akibat Terlambat Datangnya Material 2 Jam

No.	Symbol	Peristiwa Awal (i)		Peristiwa Akhir (j)		Durasi (Xi)	Jalur Kritis		
		SPA i	SPL i	SPA j	SPL j		TF	IF	FF
a	B	c	d	e	f	g	$h = f - g - c$	$i = e - g - d$	$j = e - g - c$
1	A1	0	0	15	15	15	0	0	0
2	E1	21	21	33	33	12	0	0	0
3	C2	33	33	76	76	43	0	0	0
4	N2	76	76	151	151	75	0	0	0
5	L2	151	151	157	157	6	0	0	0
6	I3	157	157	159	159	2	0	0	0
7	G3	159	159	161	161	2	0	0	0
8	J4	217	217	218	218	1	0	0	0
9	M3	218	218	224	224	6	0	0	0
10	I4	224	224	225	225	1	0	0	0
11	K6	224	224	225	225	1	0	0	0
12	J6	225	225	226	226	1	0	0	0
13	L4	225	225	226	226	1	0	0	0
14	M4	226	226	232	232	6	0	0	0
15	C8	232	232	240	240	8	0	0	0
16	G5	240	240	242	242	2	0	0	0
17	J7	242	242	243	243	1	0	0	0
18	C9	243	243	259	259	16	0	0	0
19	L6	259	259	263	263	4	0	0	0
20	O3	263	263	275	275	12	0	0	0
21	Q2	275	275	276	276	1	0	0	0

Sumber : Hasil Analisa 2023

4.10.1.3.3. Perubahan Network Diagram Akibat Keterlambatan Pekerjaan 3 Jam

Perhitungan saat paling awal (SPA) dan saat paling lambat (SPL) kegiatan akibat adanya keterlambatan pekerjaan sebanyak 3 jam dapat dilihat pada tabel 4.26 dan diagram jaringan kerja dapat dilihat pada gambar 4.4.

Tabel 4.28 Perhitungan Saat Paling Awal (SPA) dan Saat Paling Lambat (SPL) Kegiatan Akibat Keterlambatan Pekerjaan 3 Jam

No	SPA	Perhitungan					SPL	Perhitungan				
a	b	c					d	e				
1	SPA1	0					SPL54	329				
2	SPA2	0	+	15	=	15	SPL53	329	-	1	=	328
3	SPA3	15	+	2	=	17	SPL52	328	-	12	=	316
4	SPA4	15	+	6	=	21	SPL51	328	-	2	=	326
5	SPA5	21	+	12	=	33	SPL50	316	-	4	=	312
6	SPA6	33	+	6	=	39	SPL49	312	-	3	=	309
7	SPA7	33	+	18	=	51	SPL48	312	-	2	=	310
8	SPA8	51	+	1	=	52	SPL47	312	-	2	=	310
9	SPA9	51	+	1	=	52	SPL46	312	-	19	=	293
10	SPA10	33	+	53	=	86	SPL45	312	-	2	=	310
11	SPA11	86	+	13	=	99	SPL44	309	-	3	=	306
12	SPA12	99	+	6	=	105	SPL43	310	-	15	=	295
13	SPA13	99	+	10	=	109	SPL42	310	-	4	=	306
14	SPA14	109	+	3	=	112	SPL41	293	-	1	=	292
15	SPA15	112	+	2	=	114	SPL40	310	-	2	=	308
16	SPA16	114	+	8	=	122	SPL39	292	-	2	=	290
17	SPA17	122	+	2	=	124	SPL38	290	-	9	=	281
18	SPA18	99	+	30	=	129	SPL37	290	-	8	=	282
19	SPA19	124	+	2	=	126	SPL36	290	-	4	=	286
20	SPA20	86	+	94	=	180	SPL35	290	-	5	=	285
21	SPA21	180	+	1	=	181	SPL34	273	-	1	=	272
22	SPA22	180	+	7	=	187	SPL33	273	-	1	=	272
23	SPA23	187	+	2	=	189	SPL32	272	-	2	=	270
24	SPA24	189	+	2	=	191	SPL31	270	-	8	=	262
25	SPA25	189	+	6	=	195	SPL30	270	-	8	=	262
26	SPA26	189	+	3	=	192	SPL29	262	-	2	=	260
27	SPA27	191	+	16	=	207	SPL28	262	-	1	=	261
28	SPA28	207	+	54	=	261	SPL27	261	-	54	=	207
29	SPA29	207	+	28	=	235	SPL26	207	-	3	=	204
30	SPA30	261	+	1	=	262	SPL25	207	-	3	=	204
31	SPA31	235	+	2	=	237	SPL24	207	-	16	=	191
32	SPA32	262	+	8	=	270	SPL23	191	-	2	=	189
33	SPA33	270	+	1	=	271	SPL22	189	-	2	=	187
34	SPA34	270	+	2	=	272	SPL21	189	-	3	=	186

Lanjutan Tabel 4.29 Perhitungan Saat Paling Awal (SPA) dan Saat Paling Lambat (SPL) Kegiatan Akibat Keterlambatan Pekerjaan 3 Jam

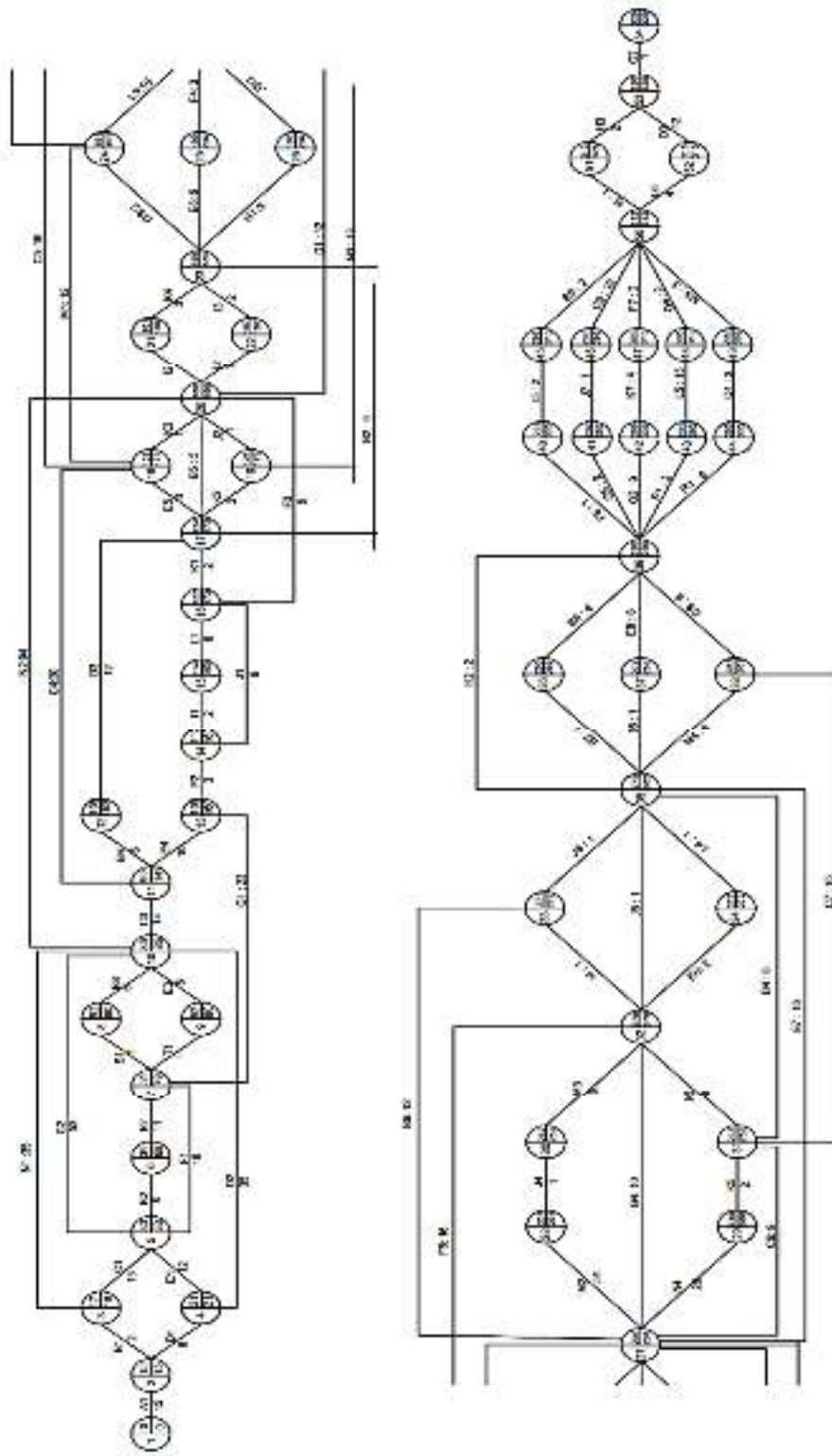
35	SPA35	272	+	1	=	273	SPL20	187	-	7	=	180
36	SPA36	273	+	7	=	280	SPL19	180	-	1	=	179
37	SPA37	273	+	1	=	274	SPL18	180	-	1	=	179
38	SPA38	273	+	8	=	281	SPL17	180	-	5	=	175
39	SPA39	281	+	9	=	290	SPL16	175	-	2	=	173
40	SPA40	290	+	1	=	291	SPL15	173	-	8	=	165
41	SPA41	290	+	2	=	292	SPL14	165	-	2	=	163
42	SPA42	290	+	9	=	299	SPL13	163	-	3	=	160
43	SPA43	290	+	3	=	293	SPL12	175	-	12	=	163
44	SPA44	290	+	6	=	296	SPL11	179	-	30	=	149
45	SPA45	291	+	2	=	293	SPL10	180	-	94	=	86
46	SPA46	292	+	1	=	293	SPL9	86	-	6	=	80
47	SPA47	299	+	4	=	303	SPL8	86	-	6	=	80
48	SPA48	293	+	15	=	308	SPL7	80	-	1	=	79
49	SPA49	296	+	3	=	299	SPL6	79	-	11	=	68
50	SPA50	293	+	19	=	312	SPL5	86	-	53	=	33
51	SPA51	312	+	1	=	313	SPL4	33	-	12	=	21
52	SPA52	312	+	4	=	316	SPL3	33	-	15	=	18
53	SPA53	316	+	12	=	328	SPL2	21	-	6	=	15
54	SPA54	328	+	1	=	329	SPL1	15	-	15	=	0

Sumber: Hasil Analisa 2023

Tabel 4.26 diatas menggambarkan hasil perhitungan SPA dan SPL akibat pengaruh keterlambatan waktu datangnya material terhadap perubahan produksi minimum dan waktu penyelesaian. Hal tersebut terjadi karena waktu penyelesaian yang bertambah yang disebabkan oleh jam kerja efektif yang berkurang dan produksi yang dihasilkan juga berkurang sehingga waktu penyelesaian bertambah.

Perubahan tersebut juga mempengaruhi network diagram dimana network diagram sebelum mengalami perubahan untuk perhitungan SPA dan SPL membentuk network diagram yaitu 195 hari, namun akibat dari simulasi keterlambatan dari jam kerja efektif yang berkurang akibat waktu datangnya material yang terlambat mempengaruhi network diagram dari 195 hari menjadi 329 hari.

Oleh karena itu, hasil perhitungan SPA dan SPL akan membentuk suatu jaringan kerja yang dapat kita lihat pada gambar 4.4 berikut ini



Gambar 3.4 Network Diagram
 Sumber : Hasil Analisis 2023

Tabel 4.30 Perhitungan Total Float, Free Float dan Independent Float Akibat Keterlambatan

Pekerjaan 3 Jam

No	No Kegiatan	Simbol	Peristiwa Awal (i)		Peristiwa Akhir (j)		Durasi (Xi)	Jalur Kritis		
			SPA i	SPL i	SPA j	SPL j		TF	IF	FF
			a	b	c	d		e	f	g
1	1- 2	A1	0	0	15	15	15	0	0	0
2	2- 4	D1	15	15	21	21	6	0	0	0
3	4- 5	E1	21	21	33	33	12	0	0	0
4	5- 10	C2	33	33	86	86	53	0	0	0
5	10- 20	N2	86	86	180	180	94	0	0	0
6	20- 22	L2	180	180	187	187	7	0	0	0
7	22- 23	I3	187	187	189	189	2	0	0	0
8	23- 24	G3	189	189	191	191	2	0	0	0
9	24- 27	L3	191	191	207	207	16	0	0	0
10	27- 28	M2	207	207	261	261	54	0	0	0
11	28- 30	J4	261	261	262	262	1	0	0	0
12	30- 32	M3	262	262	270	270	8	0	0	0
13	32- 34	K6	270	270	272	272	2	0	0	0
14	38- 39	C8	281	281	290	290	9	0	0	0
15	39- 41	G5	290	290	292	292	2	0	0	0
16	41- 46	J7	292	292	293	293	1	0	0	0
17	46- 50	C9	293	293	312	312	19	0	0	0
18	50- 52	L6	312	312	316	316	4	0	0	0
19	52- 53	O3	316	316	328	328	12	0	0	0
20	53- 54	Q2	328	328	329	329	1	0	0	0

Sumber Hasil Analisa 2023

4.10.2. Simulasi Keterlambatan Dari Waktu Datangnya Material Pada Item Pekerjaan Yang Masuk Pada Jalur Kritis

Keterlambatan ketersediaan material disimulasikan dalam bentuk probability persentase 30% dengan interval 10%, yang artinya keterlambatan dari segi jumlah material yang tersedia berkurang 30% dari jumlah yang tersedia secara normal dan dihitung dengan interval 10%. Diketahui, jumlah material yang tersedia secara normal adalah 100%. Jika terjadi kekurangan material sebanyak 10% maka jumlah material yang tersedia menjadi 90% dan apabila terjadi pengurangan jumlah material sebesar 20% maka jumlah material yang tersedia sebesar 80%. Perhitungan ini dilakukan berulang hingga terjadi pengurangan material sebesar 30%. Alasan dibuat simulasi keterlambatan yang disebabkan oleh ketersediaan material berkurang sebesar 30%. Untuk kebutuhan material normal dapat dilihat pada tabel 4.20 rekap kebutuhan material pada jalur kritis.

4.10.2.1. Perubahan Produksi Minimum Akibat Ketersediaan Material Berkurang 10%, 20% dan 30 %

Ketersediaan material berkurang, dapat menyebabkan jam kerja efektif berkurang. Pada simulasi ini dibuat untuk mengetahui pengaruh ketersediaan material berkurang terhadap produksi minimum sehingga waktu penyelesaian bertambah yang dapat mengakibatkan keterlambatan pada suatu proyek.

Sebelum menghitung produksi minimum, kita perlu mengetahui kebutuhan material per hari. Kebutuhan material per hari, pada proses analisa dan simulasi berkurang 10%. Sehingga dalam proses analisa ini hasil dari perubahan kebutuhan material akibat ketersediaan material yang berkurang, sehingga mengurangi jam kerja efektif dan menyebabkan keterlambatan.

Salah satu sampel yaitu pada pekerjaan timbunan pilihan dari sumber galian 4 E4 pada tabel 4.20 yaitu tabel rekap kebutuhan material pada jalur kritis memiliki volume 1122,12 m³ dengan koefisien material 1,20 .

- a. Untuk dapat mengetahui kebutuhan material akibat ketersediaan material berkurang 10% dapat dilihat pada persamaan 2.27 bab II.

$$KM = \text{Volume} \times \text{Koef. Material}$$

$$= 1122,12 \times 1,20$$

$$= 1346,54$$

Dari simulasi ini ketersediaan material berkurang 10 % material yang tersedia menjadi 90 %, untuk mengetahui kebutuhan material akibat jumlah material yang tersedia berkurang 10% . maka hasil kebutuhan material dikali dengan 90%. Maka kebutuhan material menjadi

$$KM' = KM \times 90\%$$

$$= 1346,54 \times 90\%$$

$$= 1211,89$$

Perubahan produksi minimum per hari dapat dilihat pada persamaan 2.22 bab II, diperoleh koefisien material 1,20 dan perubahan kebutuhan material telah diketahui yaitu 221,46 maka produksi minimum hari yaitu

$$QMH = KM' / km$$

$$= 1211,89 / 1,20$$

$$= 1009,91 \text{ m}^3/\text{hari}$$

- b. Untuk dapat mengetahui kebutuhan material akibat ketersediaan material berkurang 20 % dapat dilihat pada persamaan 2.27 bab II.

$$KM = \text{Volume} \times \text{Koef. Material}$$

$$= 1122,12 \times 1,20$$

$$= 1346,54$$

Dari simulasi ini ketersediaan material berkurang 20 % material yang tersedia menjadi 80 %, untuk mengetahui kebutuhan material akibat jumlah material yang tersedia berkurang 20% . maka hasil kebutuhan material dikali dengan 80%. Maka kebutuhan material menjadi

$$\begin{aligned} KM' &= KM \times 80\% \\ &= 1346,54 \times 80\% \\ &= 1077,24 \end{aligned}$$

Perubahan produksi minimum per hari dapat dilihat pada persamaan 2.22 bab II, diperoleh koefisien material 1,20 dan perubahan kebutuhan material telah diketahui yaitu 221,46 maka produksi minimum hari yaitu

$$\begin{aligned} QMH &= KM' / km \\ &= 1077,24 / 1,20 \\ &= 897,70 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

- c. Untuk dapat mengetahui kebutuhan material akibat ketersediaan material berkurang 30 % dapat dilihat pada persamaan 2.27 bab II.

$$\begin{aligned} KM &= \text{Volume} \times \text{Koef. Material} \\ &= 1122,12 \times 1,20 \\ &= 1346,54 \end{aligned}$$

Dari simulasi ini ketersediaan material berkurang 30 % material yang tersedia menjadi 70 %, untuk mengetahui kebutuhan material akibat jumlah material yang tersedia berkurang 30% . maka hasil kebutuhan material dikali dengan 70%. Maka kebutuhan material menjadi

$$\begin{aligned}
KM' &= KM \times 70\% \\
&= 1346,54 \times 70\% \\
&= 942,58
\end{aligned}$$

Perubahan produksi minimum per hari dapat dilihat pada persamaan 2.22 bab II, diperoleh koefisien material 1,20 dan perubahan kebutuhan material telah diketahui yaitu 221,46 maka produksi minimum hari yaitu

$$\begin{aligned}
QMH &= KM' / km \\
&= 942,58 / 1,20 \\
&= 785,48 \text{ m}^3/\text{hari}
\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas semakin besar ketersediaan material berkurang maka jam kerja efektif semakin menurun sehingga dapat menyebabkan keterlambatan. Seperti yang kita lihat, bahwa jam kerja efektif berkurang dapat menyebabkan kebutuhan material per hari menurun. Sehingga produksi yang dihasilkan berkurang dan proyek akan mengalami keterlambatan

Untuk perhitungannya dapat dilihat pada lampiran VIII dan hasil perhitungan perubahan produksi minimum dari semua item pekerjaan yang berada di jalur kritis akibat ketersediaan material berkurang 10% dapat dilihat pada tabel 4.28.

Tabel 4.31 Rekap Produksi Minimum

Uraian Pekerjaan	Sumber Daya Material	Satuan	Produksi m3/hari		
			KM (90%)	KM (80%)	KM (70%)
b	c	d	h	i	j
Mobilisasi		LS			
	-				
Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air 1		M3			
Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air 7		M3			
Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air 8		M3			
Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air 9		M3			
Pasangan Batu dengan Mortar 1		M3			
	Batu	M3	94.82	84.29	73.75
	Semen (PC)	Kg	94.82	84.29	73.75
	Pasir	M3	94.82	84.29	73.75
Pasangan Batu dengan Mortar 2		M3			
	Batu	M3	336.60	299.20	261.80
	Semen (PC)	Kg	336.60	299.20	261.80
	Pasir	M3	336.60	299.20	261.80
Pasangan Batu dengan Mortar 3		M3			
	Batu	M3	80.51	71.57	62.62
	Semen (PC)	Kg	80.51	71.57	62.62
	Pasir	M3	80.51	71.57	62.62
Pasangan Batu dengan Mortar 8		M3			
	Batu	M3	56.75	50.45	44.14
	Semen (PC)	Kg	56.75	50.45	44.14
	Pasir	M3	56.75	50.45	44.14

Lanjutan Tabel 4.32 Rekap Produksi Minimum

Pasangan Batu dengan Mortar 9		M3			
	Batu	M3	120.88	107.45	94.02
	Semen (PC)	Kg	120.88	107.45	94.02
	Pasir	M3	120.88	107.45	94.02
Galian Biasa 5		M3			
Timbunan Pilihan dari sumber galian 4		M3			
	Bahan pilihan (M09)	M3	1,009.91	897.70	785.48
Timbunan Pilihan dari sumber galian 8		M3			
	Bahan pilihan (M09)	M3	811.84	721.63	631.43
Penyiapan Badan Jalan 2		M2			
Penyiapan Badan Jalan 6		M2			
Penyiapan Badan Jalan 7		M2			
Lapis Pondasi Agregat Kelas A 2		M3			
	Agregat A	M3	2,103.76	1,870.01	1,636.26
Lapis Pondasi Agregat Kelas A 3		M3			
	Agregat A	M3	618.76	550.01	481.26
Lapis Pondasi Agregat Kelas A 5		M3			
	Agregat A	M3	592.49	526.66	460.82
Lapis Pondasi Agregat Kelas A 6		M3			
	Agregat A	M3	449.01	399.12	349.23

Lanjutan Tabel 4.33 Rekap Produksi Minimum

Lapis Pondasi Agregat Kelas S 2		M3			
	Aggregat S	M3	1,121.04	996.48	871.92
Lapis Pondasi Agregat Kelas S 3		M3			
	Aggregat S	M3	424.01	376.90	329.78
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi 1		Liter			
	Aspal Emulsi CSS-1	Liter	9,561.28	8,498.91	7,436.55
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi 2		Liter			
	Aspal Emulsi CSS-1	Liter	3,799.87	3,377.66	2,955.46
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi 3		Liter			
	Aspal Emulsi CRS-1	Liter	9,652.50	8,580.00	7,507.50
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi 4		Liter			
	Aspal Emulsi CSS-1	Liter	331.65	294.80	257.95
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi 5		Liter			
	Aspal Emulsi CSS-1	Liter	8,051.18	7,156.61	6,262.03
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi 6		Liter			
	Aspal Emulsi CSS-1	Liter	4,331.93	3,850.61	3,369.28
Lapis Perekat - Aspal Cair/Emulsi 4		Liter			
	Aspal Emulsi CRS-1	Liter	726.28	645.58	564.89
Lapis Perekat - Aspal Cair/Emulsi 6		Liter			
	Aspal Emulsi CRS-1	Liter	416.66	370.36	324.07
Lapis Perekat - Aspal Cair/Emulsi 7		Liter			
	Aspal Emulsi CRS-1	Liter	1,560.38	1,387.01	1,213.63
Lataston Lapis Aus (HRS-WC) 1		Ton			

Lanjutan Tabel 4.34 Rekap Produksi Minimum

	Agr Pch Mesin 5-10 & 10-15	M3	241.62	214.78	187.93
	Agr Pch Mesin 0 - 5	M3	241.62	214.78	187.93
	Pasir Halus	M3	241.62	214.78	187.93
	Semen	Kg	241.62	214.78	187.93
	Aspal	Kg	241.62	214.78	187.93
Lataston Lapis Aus (HRS-WC) 4		Ton			
	Agr Pch Mesin 5-10 & 10-15	M3	495.85	440.75	385.66
	Agr Pch Mesin 0 - 5	M3	495.85	440.75	385.66
	Pasir Halus	M3	495.85	440.75	385.66
	Semen	Kg	495.85	440.75	385.66
	Aspal	Kg	495.85	440.75	385.66
Lataston Lapis Aus (HRS-WC) 5		Ton			
	Agr Pch Mesin 5-10 & 10-15	M3	322.47	286.64	250.81
	Agr Pch Mesin 0 - 5	M3	322.47	286.64	250.81
	Pasir Halus	M3	322.47	286.64	250.81
	Semen	Kg	322.47	286.64	250.81
	Aspal	Kg	322.47	286.64	250.81
Lataston Lapis Aus (HRS-WC) 6		Ton			
	Agr Pch Mesin 5-10 & 10-15	M3	185.00	164.44	143.89
	Agr Pch Mesin 0 - 5	M3	185.00	164.44	143.89
	Pasir Halus	M3	185.00	164.44	143.89
	Semen	Kg	185.00	164.44	143.89
	Aspal	Kg	185.00	164.44	143.89
Lataston Lapis Aus (HRS-WC) 7		Ton			

Lanjutan Tabel 4.35 Rekap Produksi Minimum

	Agr Pch Mesin 5-10 & 10-15	M3	699.79	622.03	544.28
	Agr Pch Mesin 0 - 5	M3	699.79	622.03	544.28
	Pasir Halus	M3	699.79	622.03	544.28
	Semen	Kg	699.79	622.03	544.28
	Aspal	Kg	699.79	622.03	544.28
Lataston Lapis Fondasi (HRS-Base) 1		Ton			
	Agr Pch Mesin 5-8 & 8-11 & 11-15	M3	359.10	319.20	279.30
	Agr Pch Mesin 0 - 5	M3	359.10	319.20	279.30
	Pasir Halus	M3	359.10	319.20	279.30
	Semen	Kg	359.10	319.20	279.30
	Aspal	Kg	359.10	319.20	279.30
Lataston Lapis Fondasi (HRS-Base) 2		Ton			
	Agr Pch Mesin 5-8 & 8-11 & 11-15	M3	301.55	268.04	234.54
	Agr Pch Mesin 0 - 5	M3	301.55	268.04	234.54
	Pasir Halus	M3	301.55	268.04	234.54
	Semen	Kg	301.55	268.04	234.54
	Aspal	Kg	301.55	268.04	234.54
Lataston Lapis Fondasi (HRS-Base) 3		Ton			
	Agr Pch Mesin 5-8 & 8-11 & 11-15	M3	717.95	638.18	558.40
	Agr Pch Mesin 0 - 5	M3	717.95	638.18	558.40

Lanjutan Tabel 4.36 Rekap Produksi Minimum

	Pasir Halus	M3	717.95	638.18	558.40
	Semen	Kg	717.95	638.18	558.40
	Aspal	Kg	717.95	638.18	558.40
Lataston Lapis Fondasi (HRS-Base) 4		Ton			
	Agr Pch Mesin 5-8 & 8-11 & 11-15	M3	18.43	16.38	14.34
	Agr Pch Mesin 0 - 5	M3	18.43	16.38	14.34
	Pasir Halus	M3	18.43	16.38	14.34
	Semen	Kg	18.43	16.38	14.34
	Aspal	Kg	18.43	16.38	14.34
Lataston Lapis Fondasi (HRS-Base) 5		Ton			
	Agr Pch Mesin 5-8 & 8-11 & 11-15	M3	684.77	608.69	532.60
	Agr Pch Mesin 0 - 5	M3	684.77	608.69	532.60
	Pasir Halus	M3	684.77	608.69	532.60
	Semen	Kg	684.77	608.69	532.60
	Aspal	Kg	684.77	608.69	532.60
Beton , fc'15 Mpa 2		M3			
	Semen	Kg	777.09	690.74	604.40
	Pasir Beton	M3	777.09	690.74	604.40
	Agregat Kasar	M3	777.09	690.74	604.40
	Kayu Perancah	M3	777.09	690.74	604.40
	Paku	Kg	777.09	690.74	604.40
	Air	Ltr	777.09	690.74	604.40
	Plastizier	Kg	777.09	690.74	604.40

Lanjutan Tabel 4.37 Rekap Produksi Minimum

Beton , fc'15 Mpa 3		M3			
	Semen	Kg	103.09	91.63	80.18
	Pasir Beton	M3	103.09	91.63	80.18
	Agregat Kasar	M3	103.09	91.63	80.18
	Kayu Perancah	M3	103.09	91.63	80.18
	Paku	Kg	103.09	91.63	80.18
	Air	Ltr	103.09	91.63	80.18
	Plastizier	Kg	103.09	91.63	80.18
Beton , fc'15 Mpa 4		M3			
	Semen	Kg	102.13	90.78	79.44
	Pasir Beton	M3	102.13	90.78	79.44
	Agregat Kasar	M3	102.13	90.78	79.44
	Kayu Perancah	M3	102.13	90.78	79.44
	Paku	Kg	102.13	90.78	79.44
	Air	Ltr	102.13	90.78	79.44
	Plastizier	Kg	102.13	90.78	79.44
Pasangan Batu 2		M3			
	Batu Kali	M3	1,292.43	1,148.82	1,005.22
	Semen (PC)	Kg	1,292.43	1,148.82	1,005.22
	Pasir	M3	1,292.43	1,148.82	1,005.22
Pasangan Batu 4		M3			
	Batu Kali	M3	380.05	337.82	295.60
	Semen (PC)	Kg	380.05	337.82	295.60
	Pasir	M3	380.05	337.82	295.60

Lanjutan Tabel 4.38 Rekap Produksi Minimum

Pasangan Batu 5		M3			
	Batu Kali	M3	104.76	93.12	81.48
	Semen (PC)	Kg	104.76	93.12	81.48
	Pasir	M3	104.76	93.12	81.48
Marka Jalan Termoplastik 2		M2			
	Cat Marka Thermoplastic	Kg	1,654.45	1,470.62	1,286.80
	Glass Bead	Kg	1,654.45	1,470.62	1,286.80
Rambu Jalan Tunggal dengan Pemantul High Intensity Grade 1		Buah			
	Pelat Rambu	Buah	108.00	96.00	84.00
	Pipa Galvanis Dia. 5"	Batang	108.00	96.00	84.00
	Beton Fc 20 Mpa	M3	108.00	96.00	84.00
Patok Pengarah 2		Buah			
	Beton fc 20 Mpa	M3	9.00	8.00	7.00
	Baja Tulangan	Kg	9.00	8.00	7.00

Sumber: Hasil Analisa 2023

4.10.2.2. Perubahan Waktu Penyelesaian Akibat Ketersediaan Material

Perubahan waktu penyelesaian yang terjadi dalam analisa ini terjadi karena adanya ketersediaan material berkurang yang mempengaruhi produksi minimum. Produksi minimum merupakan salah satu variabel yang menentukan waktu penyelesaian dari suatu item pekerjaan. Pernyataan tersebut dibenarkan karena waktu penyelesaian tiap item pekerjaan dihitung dengan membandingkan volume pada item pekerjaan yang bersangkutan terhadap produksi minimum pada masing-masing item pekerjaan yang bersangkutan

Satu sampel perhitungan, timbunan pilihan dari sumber galian 4 (E 4) dengan volume pekerjaan 1122,12 m³. Apabila terjadi keterlambatan akibat

ketersediaan material berkurang dengan persentase probabilitas 30 % dan dihitung dengan interval waktu antara 10% dengan diketahui produksi minimum akibat ketersediaan material berkurang 10% adalah 1009,91 m³/hari, produksi minimum akibat ketersediaan material berkurang 20% adalah 897,70 m³/hari, produksi minimum akibat ketersediaan material berkurang 30% adalah 785,48 m³/hari Maka waktu penyelesaian sebelum dan setelah terjadi keterlambatan pekerjaan adalah:

- a. Waktu penyelesaian material berkurang 10%

$$WP = V / Q_{min}$$

$$= 1122,12 / 1009,91 = 1,11 \text{ hari hari dibulatkan 2 hari}$$

- b. Waktu penyelesaian material berkurang 20%

$$WP = V / Q_{min}$$

$$= 1122,12 / 897,70 = 1,25 \text{ hari hari dibulatkan 2 hari}$$

- c. Waktu penyelesaian akibat material berkurang 30%

$$WP = V / Q_{min}$$

$$= 1122,12 / 785,48 = 1,43 \text{ hari hari dibulatkan 2hari}$$

Hasil dari perhitungan tersebut menggambarkan, bahwa semakin besar ketersediaan material yang berkurang semakin bertambah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan volume tiap item pekerjaan. Pernyataan ini dibuktikan dengan hasil perhitungan yang telah dilakukan.

Dihat bahwa waktu penyelesaian normal pada item timbunan pilihan dari sumber galian 4 (E 4) selama 9 hari. Pada waktu penyelesaian akibat ketersediaan material berkurang 10% adalah 1,11 hari dibulatkan menjadi 2 hari, material berkurang 20% adalah 1,25 hari dibulatkan menjadi 2 hari, material berkurang 30% adalah 1,43 hari dibulatkan menjadi 2 hari.

Untuk perhitungannya dapat dilihat pada lampiran dan hasil perhitungan perubahan waktu penyelesaian dari semua item pekerjaan yang berada di jalur kritis akibat ketersediaan material dapat dilihat pada tabel 4.29

Tabel 4.39 Rekap Waktu Penyelesaian

Uraian Pekerjaan	Sumber Daya Material	Satuan	WP (90%) hari		WP (80%) hari		WP (70%) hari	
			Hasil	Jumlah	Hasil	Jumlah	Hasil	Jumlah
b	c	d	e	g	h	j	k	m
Mobilisasi		LS						
	-							
Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air 1		M3						
Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air 7		M3						
Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air 8		M3						
Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air 9		M3						
Pasangan Batu dengan Mortar 1		M3						
	Batu	M3	1.11	4.00	1.25	4.00	1.43	5.00
	Semen (PC)	Kg	1.11		1.25		1.43	
	Pasir	M3	1.11		1.25		1.43	
Pasangan Batu dengan Mortar 2		M3						
	Batu	M3	1.11	4.00	1.25	4.00	1.43	5.00
	Semen (PC)	Kg	1.11		1.25		1.43	
	Pasir	M3	1.11		1.25		1.43	

Tabel 4.40 Rekap Waktu Penyelesaian

Pasangan Batu dengan Mortar 3		M3						
	Batu	M3	1.11	4.00	1.25	4.00	1.43	5.00
	Semen (PC)	Kg	1.11		1.25		1.43	
	Pasir	M3	1.11		1.25		1.43	
Pasangan Batu dengan Mortar 8		M3						
	Batu	M3	1.11	4.00	1.25	4.00	1.43	5.00
	Semen (PC)	Kg	1.11		1.25		1.43	
	Pasir	M3	1.11		1.25		1.43	
Pasangan Batu dengan Mortar 9		M3						
	Batu	M3	1.11	4.00	1.25	4.00	1.43	5.00
	Semen (PC)	Kg	1.11		1.25		1.43	
	Pasir	M3	1.11		1.25		1.43	
Galian Biasa 5		M3						
Timbunan Pilihan dari sumber galian 4		M3						
	Bahan pilihan (M09)	M3	1.11	2.00	1.25	2.00	1.43	2.00
Timbunan Pilihan dari sumber galian 8		M3						
	Bahan (M09)	M3	1.11	2.00	1.25	2.00	1.43	2.00

Tabel 4.41 Rekap Waktu Penyelesaian

Penyiapan Badan Jalan 2		M2						
Penyiapan Badan Jalan 6		M2						
Penyiapan Badan Jalan 7		M2						
Lapis Pondasi Agregat Kelas A 2		M3						
	Agregat A	M3	1.11	2.00	1.25	2.00	1.43	2.00
Lapis Pondasi Agregat Kelas A 3		M3						
	Agregat A	M3	1.11	2.00	1.25	0	1.43	2.00
Lapis Pondasi Agregat Kelas A 5		M3						
	Agregat A	M3	1.11	2.00	1.25	2.00	1.43	2.00
Lapis Pondasi Agregat Kelas A 6		M3						
	Agregat A	M3	1.11	2.00	1.25	2.00	1.43	2.00
Lapis Pondasi Agregat Kelas S 2		M3						
	Aggregat S	M3	1.11	2.00	1.25	2.00	1.43	2.00
Lapis Pondasi Agregat Kelas S 3		M3						
	Aggregat S	M3	1.11	2.00	1.25	2.00	1.43	2.00
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi 1		Liter						
	Aspal Emulsi CSS-1	Liter	1.11	2.00	1.25	2.00	1.43	2.00
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi 2		Liter						
	Aspal Emulsi CSS-1	Liter	1.11	2.00	1.25	2.00	1.43	2.00
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi 3		Liter						
	Aspal Emulsi CRS-1	Liter	1.11	2.00	1.25	2.00	1.43	2.00

Tabel 4.42 Rekap Waktu Penyelesaian

Lapis Pondasi Agregat Kelas S 2		M3						
	Aggregat S	M3	1.11	2.00	1.25	2.00	1.43	2.00
Lapis Pondasi Agregat Kelas S 3		M3						
	Aggregat S	M3	1.11	2.00	1.25	2.00	1.43	2.00
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi 1		Liter						
	Aspal Emulsi CSS-1	Liter	1.11	2.00	1.25	2.00	1.43	2.00
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi 2		Liter						
	Aspal Emulsi CSS-1	Liter	1.11	2.00	1.25	2.00	1.43	2.00
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi 3		Liter						
	Aspal Emulsi CRS-1	Liter	1.11	2.00	1.25	2.00	1.43	2.00
		Liter						
	Aspal Emulsi CSS-1	Liter	1.11	2.00	1.25	2.00	1.43	2.00
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi 5		Liter						
	Aspal Emulsi CSS-1	Liter	1.11	2.00	1.25	2.00	1.43	2.00
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi 6		Liter						
	Aspal Emulsi CSS-1	Liter	1.11	2.00	1.25	2.00	1.43	2.00
Lapis Perekat - Aspal Cair/Emulsi 4		Liter						
	Aspal Emulsi CRS-1	Liter	1.11	2.00	1.25	2.00	1.43	2.00
Lapis Perekat - Aspal Cair/Emulsi 6		Liter						
	Aspal Emulsi CRS-1	Liter	1.11	2.00	1.25	2.00	1.43	2.00
Lapis Perekat - Aspal Cair/Emulsi 7		Liter						
	Aspal Emulsi CRS-1	Liter	1.11	2.00	1.25	2.00	1.43	2.00
Lataston Lapis Aus (HRS-WC) 1		Ton						

Tabel 4.43 Rekap Waktu Penyelesaian

	Agr Pch Mesin 5-10 & 10-15	M3	1.11	6.00	1.25	7.00	1.43	8.00
	Agr Pch Mesin 0 - 5	M3	1.11		1.25		1.43	
	Pasir Halus	M3	1.11		1.25		1.43	
	Semen	Kg	1.11		1.25		1.43	
	Aspal	Kg	1.11		1.25		1.43	
Lataston Lapis Aus (HRS-WC) 4		Ton						
	Agr Pch Mesin 5-10 & 10-15	M3	1.11	6.00	1.25	7.00	1.43	8.00
	Agr Pch Mesin 0 - 5	M3	1.11		1.25		1.43	
	Pasir Halus	M3	1.11		1.25		1.43	
	Semen	Kg	1.11		1.25		1.43	
	Aspal	Kg	1.11		1.25		1.43	
Lataston Lapis Aus (HRS-WC) 5		Ton						
	Agr Pch Mesin 5-10 & 10-15	M3	1.11	6.00	1.25	7.00	1.43	8.00
	Agr Pch Mesin 0 - 5	M3	1.11		1.25		1.43	
	Pasir Halus	M3	1.11		1.25		1.43	
	Semen	Kg	1.11		1.25		1.43	
	Aspal	Kg	1.11		1.25		1.43	
Lataston Lapis Aus (HRS-WC) 6		Ton						
	Agr Pch Mesin 5-10 & 10-15	M3	1.11	6.00	1.25	7.00	1.43	8.00
	Agr Pch Mesin 0 - 5	M3	1.11		1.25		1.43	
	Pasir Halus	M3	1.11		1.25		1.43	
	Semen	Kg	1.11		1.25		1.43	
	Aspal	Kg	1.11		1.25		1.43	

Tabel 4.44 Rekap Waktu Penyelesaian

	Agr Pch Mesin 5-10 & 10-15	M3	1.11	6.00	1.25	7.00	1.43	8.00
	Agr Pch Mesin 0 - 5	M3	1.11		1.25		1.43	
	Pasir Halus	M3	1.11		1.25		1.43	
	Semen	Kg	1.11		1.25		1.43	
	Aspal	Kg	1.11		1.25		1.43	
Lataston Lapis Fondasi (HRS-Base) 1		Ton						
	Agr Pch Mesin 5-8 & 8-11 & 11-15	M3	1.11	6.00	1.25	7.00	1.43	8.00
	Agr Pch Mesin 0 - 5	M3	1.11		1.25		1.43	
	Pasir Halus	M3	1.11		1.25		1.43	
	Semen	Kg	1.11		1.25		1.43	
	Aspal	Kg	1.11		1.25		1.43	
Lataston Lapis Fondasi (HRS-Base) 2		Ton						
	Agr Pch Mesin 5-8 & 8-11 & 11-15	M3	1.11	6.00	1.25	7.00	1.43	8.00
	Agr Pch Mesin 0 - 5	M3	1.11		1.25		1.43	
	Pasir Halus	M3	1.11		1.25		1.43	
	Semen	Kg	1.11		1.25		1.43	
	Aspal	Kg	1.11		1.25		1.43	
Lataston Lapis Fondasi (HRS-Base) 3		Ton						
	Agr Pch Mesin 5-8 & 8-11 & 11-15	M3	1.11	6.00	1.25	7.00	1.43	8.00
	Agr Pch Mesin 0 - 5	M3	1.11		1.25		1.43	
	Pasir Halus	M3	1.11		1.25		1.43	
	Semen	Kg	1.11		1.25		1.43	
	Aspal	Kg	1.11		1.25		1.43	

Tabel 4.45 Rekap Waktu Penyelesaian

Lataston Lapis Fondasi (HRS-Base) 4		Ton						
	Agr Pch Mesin 5-8 & 8-11 & 11-15	M3	1.11	6.00	1.25	7.00	1.43	8.00
	Agr Pch Mesin 0 - 5	M3	1.11		1.25		1.43	
	Pasir Halus	M3	1.11		1.25		1.43	
	Semen	Kg	1.11		1.25		1.43	
	Aspal	Kg	1.11		1.25		1.43	
Lataston Lapis Fondasi (HRS-Base) 5		Ton						
	Agr Pch Mesin 5-8 & 8-11 & 11-15	M3	1.11	6.00	1.25	7.00	1.43	8.00
	Agr Pch Mesin 0 - 5	M3	1.11		1.25		1.43	
	Pasir Halus	M3	1.11		1.25		1.43	
	Semen	Kg	1.11		1.25		1.43	
	Aspal	Kg	1.11		1.25		1.43	
Beton , fc'15 Mpa 2		M3						
	Semen	Kg	1.11	8.00	1.25	9.00	1.43	10.00
	Pasir Beton	M3	1.11		1.25		1.43	
	Agregat Kasar	M3	1.11		1.25		1.43	
	Kayu Perancah	M3	1.11		1.25		1.43	
	Paku	Kg	1.11		1.25		1.43	
	Air	Ltr	1.11		1.25		1.43	
	Plastizier	Kg	1.11		1.25		1.43	

Tabel 4.46 Rekap Waktu Penyelesaian

Beton , fc'15 Mpa 3		M3						
	Semen	Kg	1.11	8.00	1.25	9.00	1.43	10.00
	Pasir Beton	M3	1.11		1.25		1.43	
	Agregat Kasar	M3	1.11		1.25		1.43	
	Kayu Perancah	M3	1.11		1.25		1.43	
	Paku	Kg	1.11		1.25		1.43	
	Air	Ltr	1.11		1.25		1.43	
	Plastizier	Kg	1.11		1.25		1.43	
Beton , fc'15 Mpa 4		M3						
	Semen	Kg	1.11	8.00	1.25	9.00	1.43	10.00
	Pasir Beton	M3	1.11		1.25		1.43	
	Agregat Kasar	M3	1.11		1.25		1.43	
	Kayu Perancah	M3	1.11		1.25		1.43	
	Paku	Kg	1.11		1.25		1.43	
	Air	Ltr	1.11		1.25		1.43	
	Plastizier	Kg	1.11		1.25		1.43	
Pasangan Batu 2		M3						
	Batu Kali	M3	1.11	4.00	1.25	4.00	1.43	5.00
	Semen (PC)	Kg	1.11		1.25		1.43	
	Pasir	M3	1.11		1.25		1.43	
Pasangan Batu 4		M3						
	Batu Kali	M3	1.11	4.00	1.25	4.00	1.43	5.00
	Semen (PC)	Kg	1.11		1.25		1.43	
	Pasir	M3	1.11		1.25		1.43	

Tabel 4.47 Rekap Waktu Penyelesaian

Pasangan Batu 5		M3						
	Batu Kali	M3	1.11		1.25		1.43	
	Semen (PC)	Kg	1.11	4.00	1.25	4.00	1.43	5.00
	Pasir	M3	1.11		1.25		1.43	
Marka Jalan Termoplastik 2		M2						
	Cat Marka Thermoplastik	Kg	1.11		1.25		1.43	
	Glass Bead	Kg	1.11	3.00	1.25	3.00	1.43	3.00
Rambu Jalan Tunggal dengan Pemantul High Intensity Grade 1		Buah						
	Pelat Rambu	Buah	1.11		1.25		1.43	
	Pipa Galvanis Dia. 5"	Batang	1.11	4.00	1.25	4.00	1.43	5.00
	Beton Fc 20 Mpa	M3	1.11		1.25		1.43	
Patok Pengarah 2		Buah						
	Beton fc 20 Mpa	M3	1.11		1.25		1.43	
	Baja Tulangan	Kg	1.11	3.00	1.25	3.00	1.43	3.00

Sumber: Hasil Analisa 2023

4.10.2.3. Perubahan Network diagram

Perhitungan waktu penyelesaian baru akibat keterlambatan pekerjaan pada item pekerjaan yang termasuk dalam kegiatan kritis yang telah diketahui, maka langkah selanjutnya adalah membuat diagram jaringan kerja baru. Dalam penyusunan diagram kerja baru ini terlebih dahulu dihitung waktu penyelesaian proyek baru akibat ketersediaan material mengalami pengurangan sebanyak 10%, 20%, 30%. Selain itu juga akan dihitung kembali saat paling awal, saat

paling lambat dan tenggang waktu kegiatan pada masing-masing jam kerja lembur. Perhitungan SPA dan SPL akan membantu dalam membuat network diagram.

4.10.2.3.1. Perubahan Network Diagram Akibat Ketersediaan Material Berkurang 10%

Perhitungan saat paling awal dan saat paling lambat kegiatan akibat ketersediaan material berkurang 10% dapat dilihat pada tabel 4.30 dan gambar diagram jaringan kerja dapat dilihat pada gambar 4.5.

Tabel 4.48 Perhitungan Saat Paling Awal (SPA) dan Saat Paling Lambat (SPL) Kegiatan Akibat Ketersediaan Material Berkurang 10%

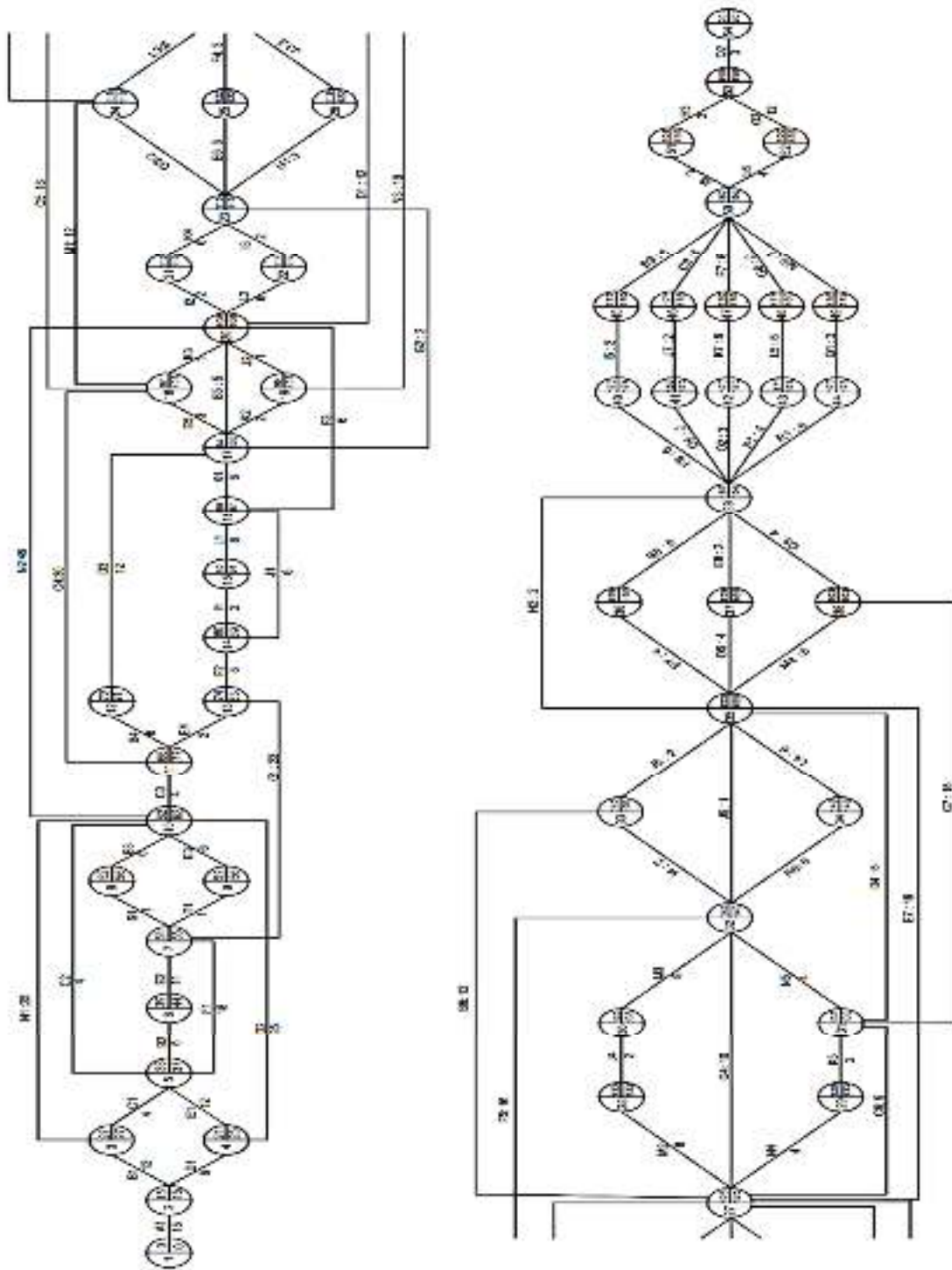
No	SPA	Perhitungan					SPL	Perhitungan				
a	b	D					e	g				
1	SPA1	0					SPL54	201				
2	SPA2	0	+	15	=	15	SPL53	201	-	3	=	198
3	SPA3	15	+	12	=	27	SPL52	198	-	1	=	186
4	SPA4	15	+	6	=	21	SPL51	198	-	2	=	196
5	SPA5	21	+	12	=	33	SPL50	186	-	4	=	182
6	SPA6	33	+	6	=	39	SPL49	182	-	3	=	179
7	SPA7	33	+	18	=	51	SPL48	182	-	2	=	180
8	SPA8	51	+	1	=	52	SPL47	182	-	6	=	176
9	SPA9	51	+	1	=	52	SPL46	182	-	4	=	178
10	SPA10	27	+	35	=	62	SPL45	182	-	6	=	176
11	SPA11	62	+	4	=	66	SPL44	179	-	3	=	176
12	SPA12	66	+	6	=	72	SPL43	180	-	6	=	174
13	SPA13	51	+	23	=	74	SPL42	176	-	6	=	170
14	SPA14	74	+	6	=	80	SPL41	178	-	2	=	176
15	SPA15	80	+	2	=	82	SPL40	176	-	2	=	174
16	SPA16	82	+	6	=	88	SPL39	170	-	3	=	167
17	SPA17	88	+	6	=	94	SPL38	167	-	4	=	163
18	SPA18	94	+	3	=	97	SPL37	167	-	2	=	165
19	SPA19	94	+	2	=	96	SPL36	167	-	6	=	161
20	SPA20	62	+	46	=	108	SPL35	163	-	8	=	155
21	SPA21	108	+	2	=	110	SPL34	155	-	6	=	149
22	SPA22	108	+	6	=	114	SPL33	155	-	2	=	153
23	SPA23	114	+	2	=	116	SPL32	149	-	6	=	143
24	SPA24	116	+	2	=	118	SPL31	143	-	4	=	139
25	SPA25	116	+	6	=	122	SPL30	143	-	8	=	135

Lanjutan Tabel 4.49 Perhitungan Saat Paling Awal (SPA) dan Saat Paling Lambat (SPL) Kegiatan Akibat Ketersediaan Material Berkurang 10%

26	SPA26	116	+	3	=	119	SPL29	139	-	6	=	133
27	SPA27	122	+	3	=	125	SPL28	135	-	2	=	133
28	SPA28	125	+	8	=	133	SPL27	133	-	8	=	125
29	SPA29	125	+	4	=	129	SPL26	125	-	3	=	122
30	SPA30	133	+	2	=	135	SPL25	125	-	3	=	122
31	SPA31	129	+	6	=	135	SPL24	125	-	6	=	119
32	SPA32	135	+	8	=	143	SPL23	122	-	6	=	116
33	SPA33	143	+	2	=	145	SPL22	116	-	2	=	114
34	SPA34	143	+	6	=	149	SPL21	116	-	6	=	110
35	SPA35	149	+	6	=	155	SPL20	110	-	2	=	108
36	SPA36	155	+	4	=	159	SPL19	125	-	18	=	107
37	SPA37	155	+	4	=	159	SPL18	125	-	18	=	107
38	SPA38	155	+	8	=	163	SPL17	108	-	5	=	103
39	SPA39	163	+	4	=	167	SPL16	103	-	6	=	97
40	SPA40	167	+	6	=	173	SPL15	97	-	6	=	91
41	SPA41	167	+	2	=	169	SPL14	91	-	2	=	89
42	SPA42	167	+	3	=	170	SPL13	89	-	6	=	83
43	SPA43	167	+	4	=	171	SPL12	103	-	12	=	91
44	SPA44	167	+	6	=	173	SPL11	107	-	30	=	77
45	SPA45	173	+	2	=	175	SPL10	108	-	46	=	62
46	SPA46	169	+	2	=	171	SPL9	62	-	6	=	56
47	SPA47	170	+	6	=	176	SPL8	62	-	6	=	56
48	SPA48	171	+	6	=	177	SPL7	56	-	1	=	55
49	SPA49	173	+	3	=	176	SPL6	55	-	11	=	44
50	SPA50	176	+	6	=	182	SPL5	55	-	18	=	37
51	SPA51	182	+	2	=	184	SPL4	37	-	12	=	25
52	SPA52	182	+	4	=	186	SPL3	62	-	35	=	27
53	SPA53	186	+	12	=	198	SPL2	27	-	12	=	15
54	SPA54	198	+	3	=	201	SPL1	15	-	15	=	0

Sumber : Hasil Analisa 2023

Tabel 4.30 diatas menggambarkan hasil perhitungan saat paling awal (SPA) dan saat paling lambat (SPL) akibat pengaruh ketersediaan material berkurang 10%. Hal tersebut juga dapat mempengaruhi network diagram dibawah ini. Network diagram pada kondisi normal yaitu 195 hari akibat ada keterlambatan akibat ketersediaan material berkurang 10 % maka waktu penyelesaian proyek menjadi 201 hari dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 4.5 Network Diagram
 Sumber : Hasil Analisis 2023

Tabel 4.50 Perhitungan *Total Float*, *Free Float* dan *Independent Float* Akibat Ketersediaan Material Berkurang 10%

No Kegiatan	Peristiwa Awal (i)		Peristiwa Akhir (j)		Durasi (Xl)	Jalur Kritis		
	SPA i	SPL i	SPA j	SPL j		TF	IF	FF
a	c	d	e	f	g	$h = f - g - c$	$i = e - g - d$	$j = e - g - c$
1- 2	0	0	15	15	15	0	0	0
2- 3	15	15	27	27	12	0	0	0
3- 10	27	27	62	62	35	0	0	0
10- 20	62	62	108	108	46	0	0	0
20- 21	108	108	110	110	2	0	0	0
20- 22	108	108	114	114	6	0	0	0
21- 23	110	110	116	116	6	0	0	0
22- 23	114	114	116	116	2	0	0	0
23- 25	116	116	122	122	6	0	0	0
25- 27	122	122	125	125	3	0	0	0
27- 28	125	125	133	133	8	0	0	0
28- 30	133	133	135	135	2	0	0	0
30- 32	135	135	143	143	8	0	0	0
32- 34	143	143	149	149	6	0	0	0
34- 35	149	149	155	155	6	0	0	0
35- 38	155	155	163	163	8	0	0	0
38- 39	163	163	167	167	4	0	0	0
39- 42	167	167	170	170	3	0	0	0
42- 47	170	170	176	176	6	0	0	0
47- 50	176	176	182	182	6	0	0	0
50- 52	182	182	186	186	4	0	0	0
52- 53	186	186	198	198	12	0	0	0
53- 54	198	198	201	201	3	0	0	0

Sumber: Hasil Analisa 2023

4.10.2.3.2. Perubahan Network Diagram Akibat Ketersediaan Material Berkurang 20%

Perhitungan saat paling awal dan saat paling lambat kegiatan akibat ketersediaan material berkurang 20% dapat dilihat pada tabel 4.32 dan gambar diagram jaringan kerja dapat dilihat pada gambar 4.6.

Tabel 4.32 Perhitungan Saat Paling Awal (SPA) dan Saat Paling Lambat (SPL) Kegiatan Akibat Ketersediaan Material Berkurang 20%

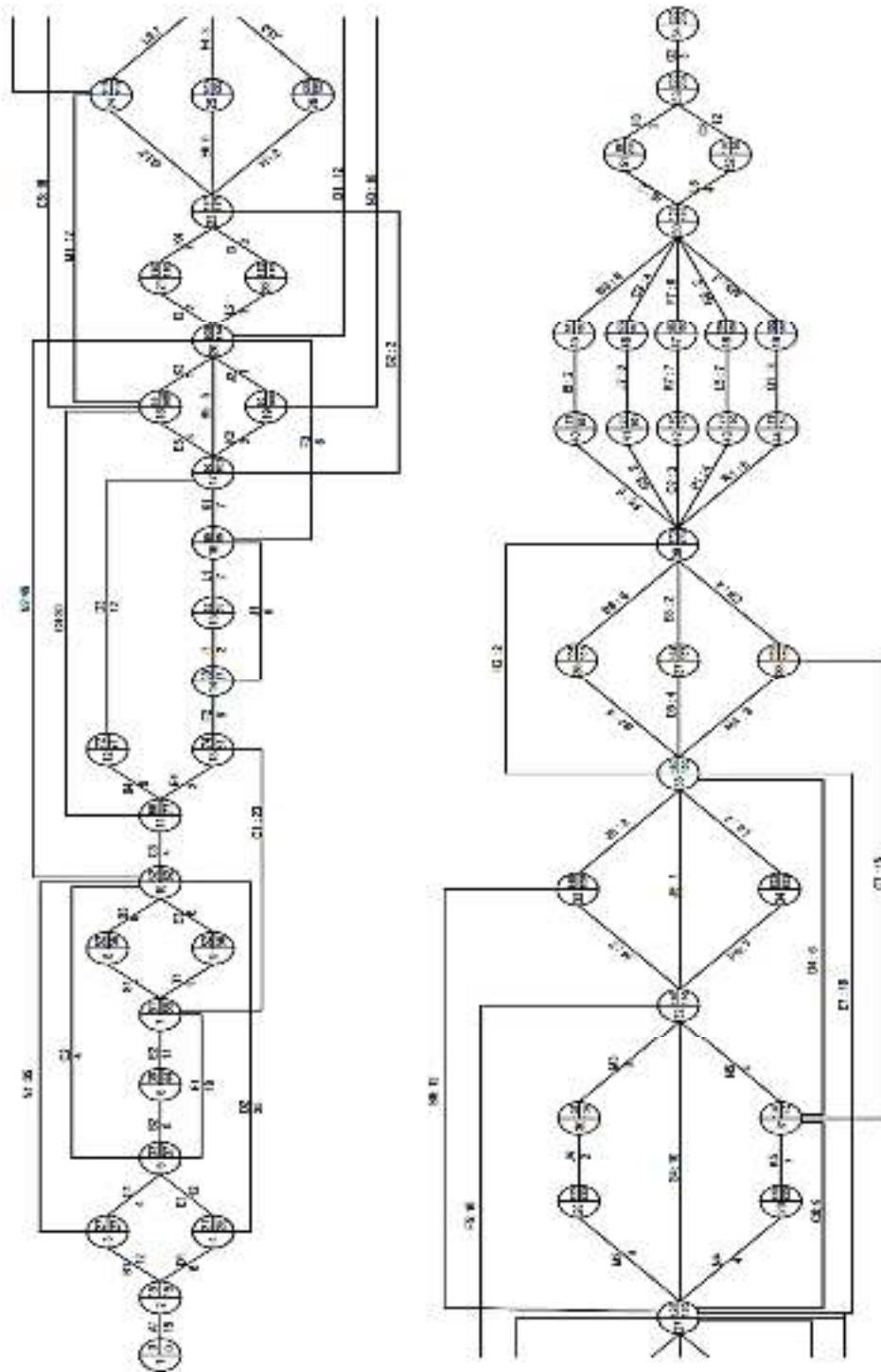
No	SPA	Perhitungan					SPL	Perhitungan				
a	b	D					e	g				
1	SPA1	0					SPL54	208				
2	SPA2	0	+	15	=	15	SPL53	208	-	3	=	205
3	SPA3	15	+	12	=	27	SPL52	205	-	12	=	193
4	SPA4	15	+	6	=	21	SPL51	205	-	2	=	203
5	SPA5	21	+	12	=	33	SPL50	193	-	4	=	189
6	SPA6	33	+	6	=	39	SPL49	189	-	3	=	186
7	SPA7	33	+	18	=	51	SPL48	189	-	2	=	187
8	SPA8	51	+	1	=	52	SPL47	189	-	6	=	183
9	SPA9	51	+	1	=	52	SPL46	189	-	6	=	183
10	SPA10	27	+	35	=	62	SPL45	189	-	6	=	183
11	SPA11	62	+	4	=	66	SPL44	186	-	3	=	183
12	SPA12	66	+	6	=	72	SPL43	187	-	7	=	180
13	SPA13	51	+	23	=	74	SPL42	183	-	7	=	176
14	SPA14	74	+	6	=	80	SPL41	183	-	2	=	181
15	SPA15	80	+	2	=	82	SPL40	183	-	2	=	181
16	SPA16	82	+	7	=	89	SPL39	176	-	3	=	173
17	SPA17	89	+	7	=	96	SPL38	173	-	4	=	169
18	SPA18	96	+	3	=	99	SPL37	173	-	6	=	167
19	SPA19	96	+	2	=	98	SPL36	173	-	6	=	167
20	SPA20	62	+	46	=	108	SPL35	169	-	9	=	160
21	SPA21	108	+	2	=	110	SPL34	160	-	7	=	153
22	SPA22	108	+	7	=	115	SPL33	160	-	2	=	158
23	SPA23	115	+	2	=	117	SPL32	153	-	7	=	146
24	SPA24	117	+	2	=	119	SPL31	146	-	4	=	142
25	SPA25	117	+	6	=	123	SPL30	146	-	9	=	137
26	SPA26	117	+	3	=	120	SPL29	142	-	7	=	135
27	SPA27	119	+	7	=	126	SPL28	137	-	2	=	135
28	SPA28	126	+	9	=	135	SPL27	135	-	9	=	126
29	SPA29	126	+	4	=	130	SPL26	126	-	3	=	123
30	SPA30	135	+	2	=	137	SPL25	126	-	3	=	123

**.Lanjutan Tabel 4.32 Perhitungan Saat Paling Awal (SPA) dan Saat Paling Lambat (SPL)
Kegiatan Akibat Ketersediaan Material Berkurang 20%**

31	SPA31	130	+	7	=	137	SPL24	126	-	7	=	119
32	SPA32	137	+	9	=	146	SPL23	119	-	2	=	117
33	SPA33	146	+	2	=	148	SPL22	117	-	2	=	115
34	SPA34	146	+	7	=	153	SPL21	117	-	7	=	110
35	SPA35	153	+	7	=	160	SPL20	126	-	12	=	114
36	SPA36	160	+	4	=	164	SPL19	110	-	2	=	108
37	SPA37	160	+	4	=	164	SPL18	126	-	18	=	108
38	SPA38	160	+	9	=	169	SPL17	108	-	5	=	103
39	SPA39	169	+	4	=	173	SPL16	103	-	7	=	96
40	SPA40	173	+	6	=	179	SPL15	96	-	7	=	89
41	SPA41	173	+	6	=	179	SPL14	89	-	2	=	87
42	SPA42	173	+	3	=	176	SPL13	87	-	6	=	81
43	SPA43	173	+	4	=	177	SPL12	103	-	12	=	91
44	SPA44	173	+	6	=	179	SPL11	107	-	30	=	77
45	SPA45	179	+	2	=	181	SPL10	108	-	46	=	62
46	SPA46	175	+	2	=	177	SPL9	62	-	6	=	56
47	SPA47	176	+	7	=	183	SPL8	62	-	6	=	56
48	SPA48	177	+	7	=	184	SPL7	56	-	1	=	55
49	SPA49	179	+	3	=	182	SPL6	55	-	11	=	44
50	SPA50	183	+	6	=	189	SPL5	55	-	18	=	37
51	SPA51	189	+	2	=	191	SPL4	37	-	12	=	25
52	SPA52	189	+	4	=	193	SPL3	62	-	35	=	27
53	SPA53	193	+	12	=	205	SPL2	27	-	12	=	15
54	SPA54	205	+	3	=	208	SPL1	15	-	15	=	0

Sumber : Hasil Analisa 2023

Tabel 4.32 diatas menggambarkan hasil perhitungan SPA dan SPL akibat pengaruh keterlambatan jumlah material tersedia terhadap perubahan produksi minimum dan waktu penyelesaian. Perubahan tersebut juga mempengaruhi network diagram dimana network diagram sebelum mengalami perubahan untuk perhitungan SPA dan SPL membentuk network diagram yaitu 195 hari, namun akibat dari simulasi keterlambatan waktu datangnya material network diagram yang dibentuk dari 195 hari menjadi 208 hari. Oleh karena itu, hasil perhitungan SPA dan SPL akan membentuk suatu jaringan kerja yang dapat kita lihat pada gambar 4.6 berikut ini.



Gambar 5.6 Network Diagram
 Sumber : Hasil Analisis 2023

Tabel 4.51 Perhitungan Total Float, Free Float dan Independent Float Akibat Ketersediaan Material Berkurang 20%

No Kegiatan	Peristiwa Awal (i)		Peristiwa Akhir (j)		Durasi (X _i)	Jalur Kritis		
	SPA i	SPL i	SPA j	SPL j		TF	IF	FF
a	c	d	e	f	g	h= f-g-c	i=e-g-d	j-=e-g-c
1- 2	0	0	15	15	15	0	0	0
2- 3	15	15	27	27	12	0	0	0
3- 10	27	27	62	62	35	0	0	0
21- 23	110	110	117	117	7	0	0	0
22- 23	115	115	117	117	2	0	0	0
23- 24	117	117	119	119	2	0	0	0
23- 25	117	117	123	123	6	0	0	0
24- 27	119	119	126	126	7	0	0	0
25- 27	123	123	126	126	3	0	0	0
27- 28	126	126	135	135	9	0	0	0
28- 30	135	135	137	137	2	0	0	0
30- 32	137	137	146	146	9	0	0	0
32- 34	146	146	153	153	7	0	0	0
34- 35	153	153	160	160	7	0	0	0
35- 38	160	160	169	169	9	0	0	0
38- 39	169	169	173	173	4	0	0	0
39- 42	173	173	176	176	3	0	0	0
42- 47	176	176	183	183	7	0	0	0
47- 50	183	183	189	189	6	0	0	0
50- 52	189	189	193	193	4	0	0	0
52- 53	193	193	205	205	12	0	0	0
53- 54	205	205	208	208	3	0	0	0

Sumber : Hasil Analisa 2023

4.10.2.3.3. Perubahan Network Diagram Akibat Ketersediaan Material Berkurang 30%

Perhitungan saat paling awal dan saat paling lambat kegiatan akibat ketersediaan material berkurang 30% dapat dilihat pada tabel 4.34 dan gambar diagram jaringan kerja dapat dilihat pada gambar 4.7

Tabel 4.52 Perhitungan Saat Paling Awal (SPA) dan Saat Paling Lambat (SPL) Kegiatan Akibat Ketersediaan Material Berkurang 30%

No	SPA	Perhitungan					SPL	Perhitungan				
a	B	D					e	g				
1	SPA1	0					SPL54	217				
2	SPA2	0	+	15	=	15	SPL53	217	-	3	=	214
3	SPA3	15	+	12	=	27	SPL52	214	-	12	=	202
4	SPA4	15	+	6	=	21	SPL51	214	-	2	=	212
5	SPA5	21	+	12	=	33	SPL50	202	-	4	=	198
6	SPA6	33	+	6	=	39	SPL49	198	-	3	=	195
7	SPA7	33	+	18	=	51	SPL48	198	-	2	=	196
8	SPA8	51	+	1	=	52	SPL47	198	-	6	=	192
9	SPA9	51	+	1	=	52	SPL46	198	-	5	=	193
10	SPA10	27	+	35	=	62	SPL45	198	-	6	=	192
11	SPA11	62	+	5	=	67	SPL44	195	-	3	=	192
12	SPA12	67	+	6	=	73	SPL43	196	-	8	=	188
13	SPA13	51	+	23	=	74	SPL42	192	-	8	=	184
14	SPA14	74	+	6	=	80	SPL41	193	-	2	=	191
15	SPA15	80	+	2	=	82	SPL40	192	-	2	=	190
16	SPA16	82	+	8	=	90	SPL39	184	-	3	=	181
17	SPA17	90	+	8	=	98	SPL38	181	-	5	=	176
18	SPA18	98	+	3	=	101	SPL37	181	-	2	=	179
19	SPA19	98	+	2	=	100	SPL36	181	-	6	=	175
20	SPA20	62	+	46	=	108	SPL35	176	-	10	=	166
21	SPA21	108	+	2	=	110	SPL34	166	-	8	=	158
22	SPA22	108	+	8	=	116	SPL33	166	-	2	=	164
23	SPA23	116	+	2	=	118	SPL32	158	-	8	=	150
24	SPA24	118	+	2	=	120	SPL31	150	-	5	=	145
25	SPA25	118	+	6	=	124	SPL30	150	-	10	=	140
26	SPA26	118	+	3	=	121	SPL29	145	-	8	=	137
27	SPA27	120	+	8	=	128	SPL28	140	-	2	=	138
28	SPA28	128	+	10	=	138	SPL27	138	-	10	=	128
29	SPA29	128	+	5	=	133	SPL26	128	-	3	=	125
30	SPA30	138	+	2	=	140	SPL25	128	-	3	=	125

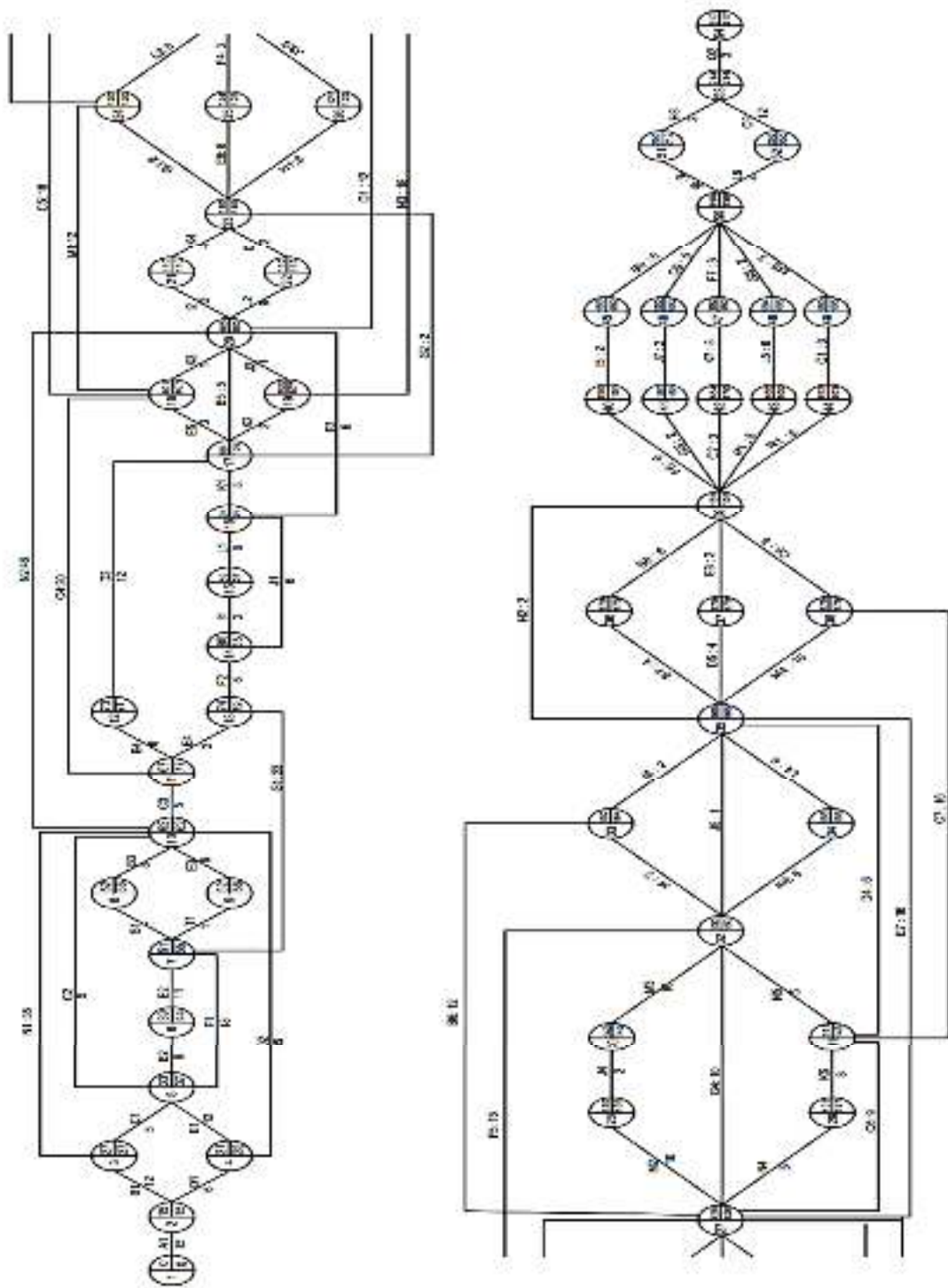
Lanjutan Tabel 4.53 Perhitungan Saat Paling Awal (SPA) dan Saat Paling Lambat (SPL) Kegiatan Akibat Ketersediaan Material Berkurang 30%

31	SPA31	133	+	8	=	141	SPL24	128	-	8	=	120
32	SPA32	140	+	10	=	150	SPL23	120	-	2	=	118
33	SPA33	150	+	2	=	152	SPL22	118	-	2	=	116
34	SPA34	150	+	8	=	158	SPL21	118	-	8	=	110
35	SPA35	158	+	8	=	166	SPL20	110	-	2	=	108
36	SPA36	166	+	4	=	170	SPL19	108	-	1	=	107
37	SPA37	166	+	4	=	170	SPL18	108	-	1	=	107
38	SPA38	166	+	10	=	176	SPL17	108	-	5	=	103
39	SPA39	176	+	5	=	181	SPL16	103	-	8	=	95
40	SPA40	181	+	6	=	187	SPL15	95	-	8	=	87
41	SPA41	181	+	6	=	187	SPL14	87	-	2	=	85
42	SPA42	181	+	3	=	184	SPL13	85	-	6	=	79
43	SPA43	181	+	5	=	186	SPL12	103	-	12	=	91
44	SPA44	181	+	6	=	187	SPL11	79	-	2	=	77
45	SPA45	187	+	2	=	189	SPL10	108	-	46	=	62
46	SPA46	183	+	2	=	185	SPL9	62	-	6	=	56
47	SPA47	184	+	8	=	192	SPL8	62	-	6	=	56
48	SPA48	186	+	8	=	194	SPL7	56	-	1	=	55
49	SPA49	187	+	3	=	190	SPL6	55	-	11	=	44
50	SPA50	192	+	6	=	198	SPL5	55	-	18	=	37
51	SPA51	198	+	2	=	200	SPL4	37	-	12	=	25
52	SPA52	198	+	4	=	202	SPL3	62	-	35	=	27
53	SPA53	202	+	12	=	214	SPL2	27	-	12	=	15
54	SPA54	214	+	3	=	217	SPL1	15	-	15	=	0

Sumber : Hasil Analisa 2023

Tabel 4.34 diatas menggambarkan hasil perhitungan SPA dan SPL untuk perhitungan SPA dan SPL membentuk network diagram yaitu 195 hari, namun akibat dari simulasi keterlambatan waktu datangnya material network diagram yang dibentuk dari 195 hari menjadi 217 hari.

Oleh karena itu, hasil perhitungan SPA dan SPL akan membentuk suatu jaringan kerja yang dapat kita lihat pada gambar 4.7 berikut ini



Gambar 6.7 Network Diagram
 Sumber : Hasil Analisis 2023

Tabel 4.54 Perhitungan *Total Float*, *Free Float* dan *Independent Float* Akibat Ketersediaan Material Berkurang 30%

No Kegiatan	Peristiwa Awal (i)		Peristiwa Akhir (j)		Durasi (XI)	Jalur Kritis		
	SPA i	SPL i	SPA j	SPL j		TF	IF	FF
	c	d	e	f		g	$h = f - g - c$	$i = e - g - d$
1- 2	0	0	15	15	15	0	0	0
2- 3	15	15	27	27	12	0	0	0
3- 10	27	27	62	62	35	0	0	0
20- 21	108	108	110	110	2	0	0	0
20- 22	108	108	116	116	8	0	0	0
21- 23	110	110	118	118	8	0	0	0
22- 23	116	116	118	118	2	0	0	0
23- 24	118	118	120	120	2	0	0	0
24- 27	120	120	128	128	8	0	0	0
27- 28	128	128	138	138	10	0	0	0
28- 30	138	138	140	140	2	0	0	0
30- 32	140	140	150	150	10	0	0	0
32- 34	150	150	158	158	8	0	0	0
34- 35	158	158	166	166	8	0	0	0
35- 38	166	166	176	176	10	0	0	0
38- 39	176	176	181	181	5	0	0	0
47- 50	192	192	198	198	6	0	0	0
50- 52	198	198	202	202	4	0	0	0
52- 53	202	202	214	214	12	0	0	0
53- 54	214	214	217	217	3	0	0	0

Sumber: Hasil Analisa 2023

4.11. Pembahasan

Pembahasan dalam analisa ini dilakukan untuk menjawab tujuan tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini, diantaranya adalah pengaruh keterlambatan waktu datangnya material terhadap waktu penyelesaian proyek dan pengaruh jumlah material yang tidak memadai terhadap waktu penyelesaian proyek.

4.11.1. Pengaruh Keterlambatan Waktu Datangnya Material Terhadap Waktu Penyelesaian Proyek

Pada penelitian ini untuk mengetahui pengaruh keterlambatan waktu datangnya material terhadap waktu penyelesaian proyek. Peneliti membuat simulasi keterlambatan waktu datangnya material dengan mengurangi jam kerja efektif sampai 3 jam dengan interval 1 jam. Untuk mengetahui bahwa tujuan 1 terjawab dapat dilihat dari hasil analisis dan pembahasan berikut ini.

4.11.1.1. Fakta Dari Hasil Analisis

Dari hasil analisis waktu datangnya material terlambat 1 jam, waktu penyelesaian proyek menjadi 239 hari, waktu datangnya material terlambat 2 jam waktu penyelesaian proyek 276 hari dan waktu datangnya material 3 jam waktu penyelesaian proyek 329 hari. Dari hasil analisis tersebut, semakin berkurangnya jam kerja efektif maka waktu penyelesaian bertambah sehingga proyek dinyatakan mengalami penambahan waktu penyelesaian.

Hubungan antara waktu datangnya material terlambat terhadap waktu penyelesaian dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.55 Hubungan waktu datangnya material terlambat terhadap waktu penyelesaian

No	Waktu Penyelesaian Normal (hari)	Perubahan Waktu Penyelesaian (hari)		
		1 Jam	2jam	3jam
1	195	239	276	329

Sumber: Hasil Analisa 2023

Dari tabel 4.36 diatas dapat kita ketahui bahwa semakin besar keterlambatan waktu datangnya material produksi yang dihasil kan berkurang maka waktu penyelesaian yang dibutuhkan suatu proyek semakin bertambah sehingga suatu proyek dinyatakan mengalami keterlambatan.

4.11.1.2. Dasar Teori

Menurut teori untuk mengetahui suatu proyek dinyatakan terlambat dapat diketahui dari waktu penyelesaian proyek, waktu penyelesaian ini dapat dilihat dari persamaan 2.11 pada bab II. Dari persamaan 2.11, waktu

penyelesaian berbanding lurus dengan volume pekerjaan dan berbanding terbalik dengan produksi minimum per hari. Artinya jika produksi menurun maka waktu penyelesaian meningkat begitupun sebaliknya jika produksi meningkat waktu penyelesaian menurun. Produksi minimum per hari merupakan hasil kali antara produksi minimum per jam dengan jam kerja efektif dapat dilihat pada persamaan 2.9 pada bab II. Dari persamaan 2.9 pada bab II produksi berbanding lurus dengan produksi per-jam dan jam kerja efektif artinya jika jam kerja efektif jika jam kerja efektif menurun, maka produksi yang dihasilkan menurun begitupun sebaliknya jika jam kerja efektif normal atau tidak berkurang maka produksi yang dihasilkan normal atau meningkat.

4.11.1.3. Hasil Analisis Berdasarkan Teori

Berdasarkan teori waktu datangnya material terlambat 1 jam maka jumlah material yang datang pada hari itu berkurang sehingga produksi minimum menurun dan waktu penyelesaian meningkat..

Salah satu sampel perhitungan, pada item pekerjaan pasangan batu dan mortar 1 (C1) dengan volume pekerjaan 105,36 m³ mempunyai produksi normal per-jam dan per-harinya sebesar 1,78 m³/jam dan 12,45 m³/hari. Jam kerja efektif adalah 7 jam setiap hari. Terjadi keterlambatan pekerjaan 3 jam setiap hari maka banyaknya perubahan produksi minimum akibat keterlambatan pekerjaan apabila dihitung dengan interval waktu antara 1 jam adalah

- a. Terjadi keterlambatan pekerjaan 1 jam menyebabkan jam kerja efektif berkurang menjadi 6 jam.

$$Q'MH = QMJ \times JK' \text{ efektif}$$

$$= 1,78 \times 6 = 10,67 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Q'MJ = Q'MH / Jk \text{ efektif}$$

$$= 10,67 / 7 = 1,52 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Maka waktu penyelesaian akibat keterlambatan pekerjaan 1 jam

$$WP = V / Q_{\text{min}}$$

$$= 105,36 / 10,67 = 9,87 \text{ hari hari dibulatkan } 10 \text{ hari}$$

- b. Terjadi keterlambatan pekerjaan 2 jam menyebabkan jam kerja efektif berkurang menjadi 5 jam.

$$Q'MH = QMJ \times JK' \text{ efektif}$$

$$= 1,78 \times 5 = 8,89 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Q'MJ = Q'MH / Jk \text{ efektif}$$

$$= 8,89 / 7 = 1,27 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Maka waktu penyelesaian akibat keterlambatan pekerjaan 2 jam

$$WP = V / Q_{\text{min}}$$

$$= 105,36 / 8,89 = 11,85 \text{ hari hari dibulatkan } 12 \text{ hari}$$

- c. Terjadi keterlambatan pekerjaan 3 jam menyebabkan jam kerja efektif berkurang menjadi 4 jam.

$$Q'MH = QMJ \times JK' \text{ efektif}$$

$$= 1,78 \times 4 = 7,11 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Q'MJ = Q'MH / Jk \text{ efektif}$$

$$= 7,11 / 7 = 1,02 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Maka waktu penyelesaian akibat keterlambatan pekerjaan 3 jam

$$WP = V / Q_{\text{min}}$$

$$= 105,36 / 7,11 = 14,81 \text{ hari hari dibulatkan } 15 \text{ hari}$$

Hasil dari perhitungan tersebut menggambarkan, bahwa semakin berkurangnya jam kerja efektif akibat terlambat datangnya material maka produksi yang dihasilkan berkurang sehingga waktu penyelesaian meningkat. Hasil perhitungan perubahan produksi minimum dan waktu penyelesaian dari semua item pekerjaan pada jalur kritis dapat dilihat pada tabel 4.20 . Berdasarkan hasil perhitungan diatas pada item pekerjaan pasangan batu dan mortar 1(C1), waktu penyelesaian normal adalah 9 hari. Akibat terlambat 1 jam waktu penyelesaian menjadi 10 hari, terlambat 2

jam waktu penyelesaian menjadi 12 hari dan terlambat 3 jam waktu penyelesaian menjadi 15 hari. Hal tersebut juga terjadi pada item pekerjaan jalur kritis lainnya.

Masa pelaksanaan proyek 240 hari kalender dengan hari kerja efektif 195 hari. Berdasarkan hasil analisis waktu penyelesaian dengan menggunakan metode network diagram yaitu 195 hari. Setelah dilakukan simulasi akibat terlambat datangnya material sampai 3 jam dengan interval 1 jam maka waktu penyelesaian mengalami perubahan. Perubahan waktu penyelesaian dapat dilihat pada hasil analisis pada bab IV. Namun, pada pembahasan akan dicantumkan perubahan waktu penyelesaian setelah dilakukan simulasi keterlambatan

Tabel 4.37 pengaruh keterlambatan waktu datangnya material terhadap waktu penyelesaian.

No	Waktu Penyelesaian Jam Kerja Normal	Waktu Terlambat Datangnya Material	Perubahan Waktu Penyelesaian	Besar Perubahan
1	195	0	195	0
2		1	239	44
3		2	276	81
4		3	329	134

Sumber : Hasil Analisa 2023

Dari hasil analisis bab IV jika material terlambat 1 jam menyebabkan waktu penyelesaian berubah dari 195 hari menjadi 239 hari dengan persentase perubahan 22,56 %, jika material terlambat 2 jam menyebabkan waktu penyelesaian berubah dari 195 hari menjadi 276 hari dengan persentase perubahan 41,54 %, dan jika material terlambat 3 jam menyebabkan waktu penyelesaian berubah dari 195 hari menjadi 329 hari dengan persentase perubahan 68,72 %.

Jadi terlambatnya datang material menyebabkan waktu penyelesaian bertambah.

4.11.2. Pengaruh Ketersediaan Material Terhadap Waktu Penyelesaian Proyek

Pada penelitian ini untuk mengetahui pengaruh ketersediaan material terhadap waktu penyelesaian proyek. Peneliti membuat simulasi keterlambatan jumlah material yang tersedia dengan probaliti jumlah material berkurang 30% dengan interval 10%. Untuk mengetahui bahwa tujuan 2 terjawab dapat dilihat dari hasil analisis dan pembahasan berikut ini.

4.12.2.1. Fakta Dari Hasil Analisis

Dari hasil analisis jumlah material berkurang 10%, waktu penyelesaian proyek menjadi 201 hari, jumlah material berkurang 20% waktu penyelesaian proyek 208 hari dan jumlah material berkurang 30% waktu penyelesaian proyek 217 hari. Dari hasil analisis tersebut, berkurangnya material yang tersedia maka waktu penyelesaian bertambah sehingga proyek dinyatakan mengalami penambahan waktu penyelesaian.

Hubungan antara jumlah material yang tersedia terhadap waktu penyelesaian dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.38 Hubungan Jumlah Material Yang Tersedia Terhadap Waktu Penyelesaian

No	Waktu Penyelesaian Normal (hari)	Perubahan Waktu Penyelesaian (hari)		
		10%	20%	30%
1	195	201	208	217

Sumber: Hasil Analisa 2023

Dari tabel 4.39 diatas dapat kita ketahui bahwa semakin menurun jumlah material maka produksi yang dihasilkan berkurang sehingga waktu penyelesaian yang dibutuhkan suatu proyek semakin bertambah, suatu proyek dinyatakan mengalami keterlambatan

4.12.2.2. Dasar Teori

Menurut teori untuk mengetahui suatu proyek dinyatakan terlambat dapat diketahui dari waktu penyelesaian proyek, waktu penyelesaian ini dapat dilihat dari persamaan 2.11 pada bab II. Dari persamaan 2.11, waktu penyelesaian berbanding lurus dengan volume pekerjaan dan berbanding terbalik dengan produksi minimum per hari. Artinya jika produksi menurun maka waktu

penyelesaian meningkat begitupun sebaliknya jika produksi meningkat waktu penyelesaian menurun. Produksi minimum per hari merupakan kebutuhan material dibagi koefisien material dapat dilihat pada persamaan 2.22 pada bab II.

Dari persamaan 2.9 pada bab II produksi berbanding lurus dengan kebutuhan material dan berbanding terbalik dengan koefisien material artinya jika kebutuhan material berkurang produksi menurun begitupun sebaliknya jika kebutuhan material tetap atau bertambah produksi yang dihasilkan meningkat.

4.12.2.3. Hasil Berdasarkan Analisa

Berdasarkan teori jumlah material berkurang 10% maka jumlah material yang datang pada hari itu berkurang sehingga produksi menurun dan waktu penyelesaian berkurang.

Salah satu sampel perhitungan, pada item pekerjaan timbunan pilihan dari sumber galian 4 (E4) dengan volume pekerjaan 1122,12 m³ mempunyai koefisien material 1,20.

- a) Untuk dapat mengetahui kebutuhan material akibat ketersediaan material berkurang 10% dapat dilihat pada persamaan 2.27 bab II.

$$\begin{aligned} KM &= \text{Volume} \times \text{Koef. Material} \\ &= 1122,12 \times 1,20 \\ &= 1346,54 \end{aligned}$$

Dari simulasi ini ketersediaan material berkurang 10% material yang tersedia menjadi 90%, untuk mengetahui kebutuhan material akibat jumlah material yang tersedia berkurang 10%. maka hasil kebutuhan material dikali dengan 90%. Maka kebutuhan material menjadi

$$\begin{aligned} KM' &= KM \times 90\% \\ &= 1346,54 \times 90\% \end{aligned}$$

$$= 1211,89$$

Perubahan produksi minimum per hari dapat dilihat pada persamaan 2.22 bab II, diperoleh koefisien material 1,20 dan perubahan kebutuhan material telah diketahui yaitu 221,46 maka produksi minimum hari yaitu

$$\begin{aligned} Q_{MH} &= KM' / km \\ &= 1211,89 / 1,20 \\ &= 1009,91 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Waktu penyelesaian dengan produksi 90%

$$\begin{aligned} WP &= V / Q_{min} \\ &= 1122,12 / 1009,91 = 1,11 \text{ hari} \text{ hari dibulatkan } 2 \text{ hari} \end{aligned}$$

b) Untuk dapat mengetahui kebutuhan material akibat ketersediaan material berkurang 20 % dapat dilihat pada persamaan 2.27 bab II.

$$\begin{aligned} KM &= \text{Volume} \times \text{Koef. Material} \\ &= 1122,12 \times 1,20 \\ &= 1346,54 \end{aligned}$$

Dari simulasi ini ketersediaan material berkurang 20 % material yang tersedia menjadi 80 %, untuk mengetahui kebutuhan material akibat jumlah material yang tersedia berkurang 20% . maka hasil kebutuhan material dikali dengan 80%.

$$\begin{aligned} KM' &= KM \times 80\% \\ &= 1346,54 \times 80\% \\ &= 1077,24 \end{aligned}$$

Perubahan produksi minimum per hari dapat dilihat pada persamaan 2.22 bab II, diperoleh koefisien material 1,20 dan perubahan kebutuhan material telah diketahui yaitu 221,46 maka produksi minimum hari yaitu

$$\begin{aligned} Q_{MH} &= KM' / km \\ &= 1077,24 / 1,20 \\ &= 897,70 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Waktu penyelesaian dengan produksi 80%

$$\begin{aligned} WP &= V / Q_{min} \\ &= 1122,12 / 897,70 = 1,25 \text{ hari} \text{ hari dibulatkan } 2 \text{ hari} \end{aligned}$$

c) Untuk dapat mengetahui kebutuhan material akibat ketersediaan material berkurang 30 % dapat dilihat pada persamaan 2.27 bab II.

$$\begin{aligned} KM &= \text{Volume} \times \text{Koef. Material} \\ &= 1122,12 \times 1,20 \\ &= 1346,54 \end{aligned}$$

Dari simulasi ini ketersediaan material berkurang 30 % material yang tersedia menjadi 70 %, untuk mengetahui kebutuhan material akibat jumlah material yang tersedia berkurang 30% . maka hasil kebutuhan material dikali dengan 70%. Maka kebutuhan material menjadi

$$\begin{aligned} KM' &= KM \times 70\% \\ &= 1346,54 \times 70\% \\ &= 942,58 \end{aligned}$$

Perubahan produksi minimum per hari dapat dilihat pada persamaan 2.22 bab II, diper oleh koefisien material 1,20 dan perubahan kebutuhan material telah diketahui yaitu 221,46 maka produksi minimum hari yaitu

$$\begin{aligned} Q_{MH} &= KM' / km \\ &= 942,58 / 1,20 \\ &= 785,48 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Waktu penyelesaian dengan produksi 70%

$$\begin{aligned} WP &= V / Q_{min} \\ &= 1122,12 / 785,48 = 1,43 \text{ hari} \text{ hari dibulatkan } 2 \text{ hari.} \end{aligned}$$

Hasil dari perhitungan tersebut menggambarkan, bahwa semakin berkurangnya kebutuhan material maka produksi yang dihasilkan berkurang sehingga waktu penyelesaian meningkat. Hasil perhitungan perubahan produksi minimum dan waktu penyelesaian dari semua item pekerjaan pada jalur kritis dapat dilihat pada tabel 4.28 dan tabel 4.29 pada BAB IV.

Berdasarkan hasil perhitungan diatas pada timbunan pilihan dari sumber galian 4(E4), Akibat jumlah material berkurang 10% waktu penyelesaian menjadi 1,11 hari dibulatkan menjadi 2 hari, Akibat jumlah material berkurang 20% waktu penyelesaian menjadi 1,25 hari dibulatkan menjadi 2 hari dan Akibat jumlah material berkurang 30% waktu penyelesaian menjadi 1,43 hari dibulatkan menjadi 2 hari. Hal tersebut juga terjadi pada item pekerjaan jalur kritis lainnya.

Masa pelaksanaan proyek 240 hari kalender dengan hari kerja efektif 195 hari. Berdasarkan hasil analisis waktu penyelesaian dengan menggunakan metode network diagram yaitu 195 hari. Setelah dilakukan simulasi akibat jumlah material yang tersedia berkurang 30% dengan

interval 10% maka waktu penyelesaian mengalami perubahan. Perubahan waktu penyelesaian dapat dilihat pada hasil analisis pada bab IV. Namun, pada pembahasan akan dicantumkan perubahan waktu penyelesaian setelah dilakukan simulasi keterlambatan.

Tabel 4.39 Pengaruh jumlah material tersedia terhadap waktu penyelesaian.

No	Waktu Penyelesaian Material Normal	Material Berkurang(%)	Perubahan Waktu Penyelesaian	Besar Perubahan
1	195	0	195	0
2		10%	201	6
3		20%	208	13
4		30%	217	22

Sumber: Hasil Analisa 2023

Dari hasil analisis bab IV jika material berkurang 10% menyebabkan waktu penyelesaian berubah dari 195 hari menjadi 201 hari dengan persentase perubahan 3,08 %, jika material berkurang 20% menyebabkan waktu penyelesaian berubah dari 195 hari menjadi 208 hari dengan persentase perubahan 6,67 %, dan jika material berkurang 30% menyebabkan waktu penyelesaian berubah dari 195 hari menjadi 217 hari dengan persentase perubahan 11,28 .

Jadi jika jumlah material berkurang produksi yang dihasilkan juga akan berkurang sehingga menyebabkan waktu penyelesaian bertambah.

