

BAB V

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Pada BAB IV sebelumnya telah dipaparkan mengenai metode yang akan digunakan pada penelitian ini. Selanjutnya pada BAB V ini akan menguraikan data-data yang diperoleh, analisis yang dilakukan dan dilanjutkan dengan pembahasannya.

5.1. Data yang Diperoleh

Pelaksanaanpenelitiandilakukanpadaprojekpeningkatan Jembatan Pules, Donokerto, Turi, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Adapun penelitian yang dilakukan berupa *schedulling* terhadap jadwal dari perencanaan proyek ini. Pengumpulan data primer dilakukan dengan wawancara dengan kontraktor proyek dan sejenis, serta data sekunder diperoleh dengan meminta langsung data yang dibutuhkan kepada pihak terkait. Berikut data proyek tersebut secara garis besar:

- a) Namaprojek : Peningkatan Jembatan Pules
- b) LokasiProyek :Donokerto, Turi, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta
- c) PemilikProyek :Dinas Pekerjaan Umum dan Pengembangan Rakyat Bina Marga.
- d) Pelaksana Proyek : PT. Wasis Karya Nugraha

5.1.1. Data Primer yang Diperoleh

Data primer pada penelitian ini diperoleh dari hasil wawancara dan pengisian kuesioner yang terdapat pada Lampiran 1 oleh 14 responden yang terdiri atas staf Dinas Pekerjaan Umum, Pengawas Pelaksanan proyek, Pelakasana Proyek, dan beberapa kontraktor-kontraktor sejenis di Daerah Istimewa Yogyakarta. Adapun data yang diperoleh meliputi faktor keterlambatan dan nilainya serta waktu optimis pesimis, normal dan optimis untuk menyelesaikan

pekerjaan struktur (divisi 7) padaproyekpeningkatan Jembatan Pules, Donokerto, Turi, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.

1. Faktor Keterlambatan dan Nilainya.

Faktor keterlambatan diketahui dengan studi literatur dan dikelompokkan menjadi 4 faktor utama yakni cuaca; kondisi lapangan; peralatan, material, dan keuangan; serta sumber daya manusia dan manajerial. Adapun data-data secara terperinci faktor keterlambatan tersebut dapat dilihat secara berturut-turut pada Lampiran 3, Lampiran 4, Lampiran 5 dan Lampiran 6.

2. Waktu Pesimis, Normal dan Optimis

Dalam penjadwalan dengan FLASH maka waktu perlu diketahui selain durasi waktu pada deterministik yaitu keadaan normal, perlu juga diketahui waktu pesimis dan waktu optimis penyelesaiannya. Ketiga jenis waktu penyelesaian ini yang diperoleh dari wawancara secara terperinci terdapat pada Lampiran 7, Lampran 8 dan Lampiran 9. Tabel 5.1 berikut ini merupakan data rekap durasi waktu optimis, normal dan pesimis.

**Tabel 5.1 Rekapitulasi Durasi Waktu Optimis, Normal dan Pesimis
Penyelesaian Pekerjaan Struktur**

Pekerjaan	Optimis (Hari)	Normal (Hari)	Pesimis (Hari)
Baja Tulangan U24 Polos	15	21	24
Baja Tulangan U24 Polos lanjutan	5	7	8
Beton mutu sedang, fc' 20 Mpa	28	35	40
Beton mutu sedang, fc' 20 Mpa lanjutan	44	56	62
Baja Tulangan U32 Polos	74	105	116
Dinding Sumuran Silinder terpasan, diameter 3,50 m	15	21	26
Beton Siklop, fc' 15 Mpa	9	14	20
Beton mutu sedang, fc' 30 Mpa	28	42	48
Beton mutu rendah, fc' 10 Mpa	14	21	29
Perletakan Elastomerik Sintetis Ukuran (600x380x60)	4	7	11

Lanjutan Tabel 5.1 Rekapitulasi Durasi Waktu Optimis, Normal dan Pesimis Penyelesaian Pekerjaan Struktur

Pekerjaan	Optimis (Hari)	Normal (Hari)	Pesimis (Hari)
Penyediaan Unit Pracetak Gelagar Tipe I bentang 20 meter	4	7	11
Pemasangan Unit Pracetak Gelagar Tipe I bentang 20 meter	4	7	11
Beton mutu rendah, fc' 15 Mpa	3	7	10
Baja Prategang	4	7	11
Beton Diafragma fc' 30 MPa termasuk pekerjaan penegangan setelah pengecoran (post-tension	4	7	11
Beton mutu sedang, fc' 30 Mpa untuk Lantai Jembatan	4	7	11
Pipa Drainase Baja diameter 75 mm	4	7	11
Expansion Joint Aspaltic Plug tipe Fixed	7	14	18
Expansion Joint tipe Rubber 1	9	14	18
Sandaran (Railing)	9	14	18
Papan Nama Jembatan	4	7	11

Sumber: Data Olahan (2019)

5.1.2. Data Sekunder yang Diperoleh

1. Jadwal Rencana Pelaksanaan Proyek

Penjadwalan merupakan salah satu elemen hasil perencanaan, yang dapat memberikan informasi tentang jadwal rencana dan kemajuan proyek dalam hal kinerja sumber daya berupa biaya, tenaga kerja, peralatan dan material serta rencana durasi proyek dan progres waktu untuk penyelesaian proyek (Husen, 2011). Jadwal rencana yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum dan Pengembangan Rakyat Bina Marga dapat dilihat pada lampiran 10.

2. Data Harga Bahan dan Upah Tenaga Kerja

Dalam penelitian ini didapatkan data harga bahan dan upah tenaga kerja yang dapat dilihat pada Lampiran 11 dan Lampiran 12.

3. Data Sewa Alat

Data sewa alat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Lampiran 13.

4. Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

Adapun total RAB yang bersumber dari Dinas Pekerjaan Umum dan Pengembangan Rakyat Bina Marga pada proyek peningkatan Jembatan Pules, Donokerto, Turi, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta adalah sebesar Rp. 8.809.914.000,00. Selanjutnya untuk lebih lengkapnya mengenai rekapitulasi perkiraan anggaran dapat dilihat pada Lampiran 14.

5.2. Analisis Data dan Pembahasan

Data-data yang diperoleh di atas selanjutnya dianalisis untuk membuat model penjadwalan dan biaya dengan menggunakan FLASH. Langkah pertama adalah mengidentifikasi faktor-faktor penyebab keterlambatan. Identifikasi ini berdasarkan pada kondisi lapangan proyek yang diamati. Sehingga nilai faktor ini menjadi sangat spesifik untuk setiap proyek bahkan setiap pekerjaan. Setelah terlebih dahulu membuat jaringan kerja, faktor-faktor keterlambatan tersebut dijadikan sebagai pengurang dari nilai keanggotaan *fuzzy* yang selanjutnya menjadi tingkat kemungkinan atau α cut untuk setiap pekerjaan. Model penjadwalan diperoleh dengan melakukan perhitungan maju, perhitungan mundur, dan waktu ambang. Sedangkan pemodelan biaya FLASH hanya dilakukan untuk tenaga kerja dan sewa peralatan karena kedua item ini yang berkaitan dengan perubahan waktu.

5.2.1. Faktor Penyebab Keterlambatan

Keterlambatan proyek konstruksi berarti bertambahnya waktu pelaksanaan penyelesaian proyek yang telah direncanakan dan tercantum dalam dokumen kontrak. Penyelesaian pekerjaan tidak tepat waktu ini akan mengakibatkan pemborosan dalam pembiayaan, baik berupa pembiayaan langsung maupun tidak langsung. Peran aktif manajemen merupakan salah satu kunci utama keberhasilan pengelolaan proyek. Pengkajian jadwal proyek diperlukan untuk menentukan langkah perubahan mendasar agar keterlambatan penyelesaian proyek dapat dihindari atau dikurangi.

Antisipasi keterlambatan ini dapat dilakukan lebih efektif apabila kontraktor memahami faktor-faktor apa saja yang menyebabkan keterlambatan proyek.

Faktor-faktor tersebut telah banyak diteliti seperti yang telah dipaparkan dalam tinjauan pustaka. Berdasarkan berbagai literatur, maka dalam penelitian ini faktor penyebab keterlambatan tersebut dikategorikan mejadi 4 faktor yakni:

1. Faktor Cuaca

Menurut Ahmed dkk (2003) dan Alaghbari (2005) faktor cuaca ini merupakan faktor eksternal yang sulit untuk dihindari. Cuaca yang buruk seperti hujan dan angin kencang dapat mengganggu jalannya proyek. Cuaca ini erat kaitanya dengan periode musim saat pelaksanaan proyek. Pada Proyek yang diteliti, hujan kerap terjadi pada awal-awal proyek.

2. Faktor Kondisi Lapangan

Kondisi lapangan juga perlu dipertimbangkan dalam menentukan jadwal. Hal ini selaras dengan hasil penelitian dari Suyatno (2010), Praboyo (1999) dan Widhiawati (2009) bahwa akses menuju lokasi dan kondisi ini menjadi salah satu faktor keterlambatan. Dalam kasus ini, kondisi lapangan atau lokasi peningkatan jembatan berada di atas sungai yang merupakan jalur larva dingin. Sehingga saat terjadi hujan, aliran sungai menjadi deras. Hal ini menyebabkan kesulitan tersendiri dalam membuat pondasi pada awal-awal pelaksanaan proyek.

3. Faktor Peralatan, Material dan Keuangan

Faktor peralatan, material dan keuangan ini meliputi mobilisasi sumber daya (bahan, alat, tenagakerja) yang lambat, sulitnya material diperoleh di sekitar lokasi proyek, kerusakan peralatan yang digunakan, inflasi dan keterlambatan pembayaran oleh owner.

4. Faktor Sumber Daya Manusia dan Manajerial

Sumber Daya Manusia dalam hal ini menyangkut seluruh pekerja, tukang, mandor, pelaksana, pengawas hingga perencana. Keterampilan, produktivitas, jumlah, hingga kedisiplinan menjadi pertimbangan sehingga SDM ini perlu dianalisis sebagai faktor keterlambatan. Adapun manajerial yang dimaksud adalah segala sesuatu terkait perizinan hingga kemampuan pengendalian pelaksanaan proyek.

Setelah mengidentifikasi faktor keterlambatan, selanjutnya menentukan

nilai faktor- faktor tersebut. Penentuan ini dilakukan dengan melakukan survey berupa mengisi kuesioner yang terdapat pada Lampiran 1. Kuesioner tersebut diisi oleh 14 responden dari *stakeholder* yang terlibat langsung dalam proyek yang menjadi studi kasus dan kontraktor sejenis yang ada di Daerah Istimewa Yogyakarta. Setiap responden menuliskan presentase keempat faktor tersebut untuk setiap pekerjaan struktur (divisi 7). Hal ini dikarenakan setiap pekerjaan memiliki karakteristik tersendiri, sehingga presentase faktor pun akan berbeda. Tabel 5.2 ini merupakan rekapitulasi nilai keempat faktor tersebut.

Tabel 5.2 Rekapitulasi Faktor Keterlambatan Penyelesaian Pekerjaan Struktur

Pekerjaan	Cuaca (%)	Kondisi Lapangan (%)	Peralatan Material dan Keuangan (%)	SDM dan Manajerial (%)	Rata-rata (%)
Baja Tulangan U24 Polos	46,79	27,50	9,64	23,57	26,88
Baja Tulangan U24 Polos lanjutan	32,14	19,29	8,93	21,79	20,54
Beton mutu sedang, fc' 20 Mpa	53,57	28,57	18,93	8,57	27,41
Beton mutu sedang, fc' 20 Mpa lanjutan	53,93	18,57	19,29	9,64	25,36
Baja Tulangan U32 Polos	36,43	12,14	10,00	21,07	19,91
Dinding Sumuran Silinder terpasan, diameter 3,50 m	49,64	27,14	23,21	9,64	27,41
Beton Siklop, fc' 15 Mpa	51,07	27,86	17,50	7,50	25,98
Beton mutu sedang, fc' 30 Mpa	51,43	17,50	23,93	10,00	25,71
Beton mutu rendah, fc' 10 Mpa	54,29	11,43	24,64	9,64	25,00
Perletakan Elastomerik Sintetis Ukuran (600x380x60)	27,14	9,29	10,36	10,71	14,38
Penyediaan Unit Pracetak Gelagar Tipe I bentang 20 meter	33,21	8,93	22,14	8,93	18,30

**Lanjutan Tabel 5.2 Rekapitulasi Faktor Keterlambatan Penyelesaian
Pekerjaan Struktur**

Pekerjaan	Cuaca (%)	Kondisi Lapangan (%)	Peralatan Material dan Keuangan (%)	SDM dan Manajerial (%)	Rata- rata (%)
Pemasangan Unit Pracetak Gelagar Tipe I bentang 20 meter	36,43	7,14	41,43	24,64	27,41
Beton mutu rendah, fc' 15 Mpa	52,14	16,79	21,79	7,86	24,64
Baja Prategang	36,79	18,57	23,57	8,21	21,79
Beton Diafragma fc' 30 MPa termasuk pekerjaan penegangan setelah pengecoran (post-tension)	35,36	19,64	42,50	23,57	30,27
Beton mutu sedang, fc' 30 Mpa untuk Lantai Jembatan	47,86	13,21	20,71	19,64	25,36
Pipa Drainase Baja diameter 75 mm	22,14	6,79	10,00	10,71	12,41
Expansion Joint Aspaltic Plug tipe Fixed	32,14	6,79	9,64	10,00	14,64
Expansion Joint tipe Rubber 1	31,07	7,86	10,36	9,64	14,73
Sandaran (Railing)	26,79	5,00	8,93	10,36	12,77
Papan Nama Jembatan	26,79	5,00	11,07	8,57	12,86
Rata-rata	39,86	15,00	18,50	13,06	21,60

Sumber: Data Olahan (2019)

Nilai dari faktor keterlambatan ini sangatlah beragam untuk setiap proyek karena bergantung pada waktu (musim) dan juga lokasi pelaksanaan proyek. Dari data rekapitulasi diatas, dapat diketahui bahwa rata rata presentasi keterlambatan pekerjaan struktur sebesar 21,6% dengan rentan berkisar antara paling kecil 12,41% yakni pekerjaan pipa drainase baja hingga 30,27% untuk pekerjaan beton diafragma fc' 30 Mpa untuk lantai jembatan. Secara garis be Semakin besar nilai presentase ini menunjukkan bahwa pekerjaan semakin riskan untuk mengalami keterlambatan.

Dari data tabel 5.1 diatas pula dapat disimpulkan bahwa besaran masing masing faktor berturut-turut adalah Cuaca sebesar 39,86%; Peralatan, material dan

keuangan sebesar 18,5%; kondisi lapangan sebesar 15%; serta SDM dan manajerial sebesar 13,06%.

5.2.2. Durasi Proyek dengan FLASH

Penjadwalan merupakan hal yang vital dilakukan dalam tahapan perencanaan proyek. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk melakukan penjadwalan adalah dengan FLASH (*Fuzzy Logic Application for Scheduling*). Seperti namanya, dalam FLASH ini, hasil identifikasi faktor keterlambatan di atas menjadi input sebagai dalam mencari nilai keanggotan *fuzzy* setiap kegiatan. Adapun langkah langkah penjadwalan proyek menggunakan FLASH sebagai berikut.

A. Penyusunan Jaringan Kerja (*Diagram Network*)

Untuk membentuk suatu diagram jaringan kerja ini metode yang digunakan sama persis dengan metode CPM/PERT. Data yang dibutuhkan ialah hubungan ketergantungan antar pekerjaan yang satu dengan pekerjaan lainnya dimana hubungan pekerjaan tersebut merupakan kendala (*constraints*) yang dapat mempengaruhi kemampuan sumber daya untuk melaksanakan proyek. Hubungan keterkaitan pekerjaan diperoleh dari logika ketergantungan yang disebabkan oleh sifat kegiatan itu sendiri, dengan memperhatikan kegiatan apa yang dimulai terlebih dahulu (*predecessor*), kegiatan apa yang mengikuti (*successor*) dan adakah kegiatan yang bisa dilakukan secara bersamaan / sejajar untuk menghemat waktu. Disamping itu juga hubungan antar pekerjaan memiliki ketergantungan yang disebabkan oleh sifat kegiatan itu sendiri dikarenakan pekerjaan tersebut tidak dapat dimulai tanpa adanya *input* berupa hasil pengerjaan pekerjaan sebelumnya.

Dalam kasus proyek peningkatan Jembatan Pules ini khususnya pekerjaan struktur (divisi 7), ada beberapa penjadwalan kegiatan pada pekerjaan tipikal ditempatkan tumpang tindih, sehingga hal ini akan mempengaruhi dalam penyusunan jaringan kerja.

Selain data hubungan antar kegiatan, durasi kegiatan juga perlu diketahui dalam menyusun jaringan kerja ini. Berbeda dengan CPM, pada FLASH durasi dinyatakan dalam TFN (*Triangular Fuzzy Number*) yang diperoleh dari data

wawancara. Sehingga setiap pekerjaan memiliki 3 jenis durasi yakni waktu optimis, normal dan pesimis. Ketiga durasi inilah yang selanjutnya disebut sebagai FD_x atau Durasi *fuzzy* untuk pekerjaan x . Misalnya, pekerjaan Baja Tulangan U24 Polos lanjutan (A2) didahului oleh pekerjaan Beton Diafragma fc' 30 MPa termasuk pekerjaan penegangan setelah pengecoran (post-tension) (M) dengan durasi *Fuzzy* pengerjaan waktu optimis 5 hari, waktu normal 7 hari, dan waktu pesimis 8 hari. Secara lengkap data hubungan dan durasi *fuzzy* untuk setiap pekerjaan struktur terdapat pada Tabel 5.3 dibawah ini.

Tabel 5.3 Hubungan Setiap Pekerjaan Struktur dan Durasi *Fuzzy*

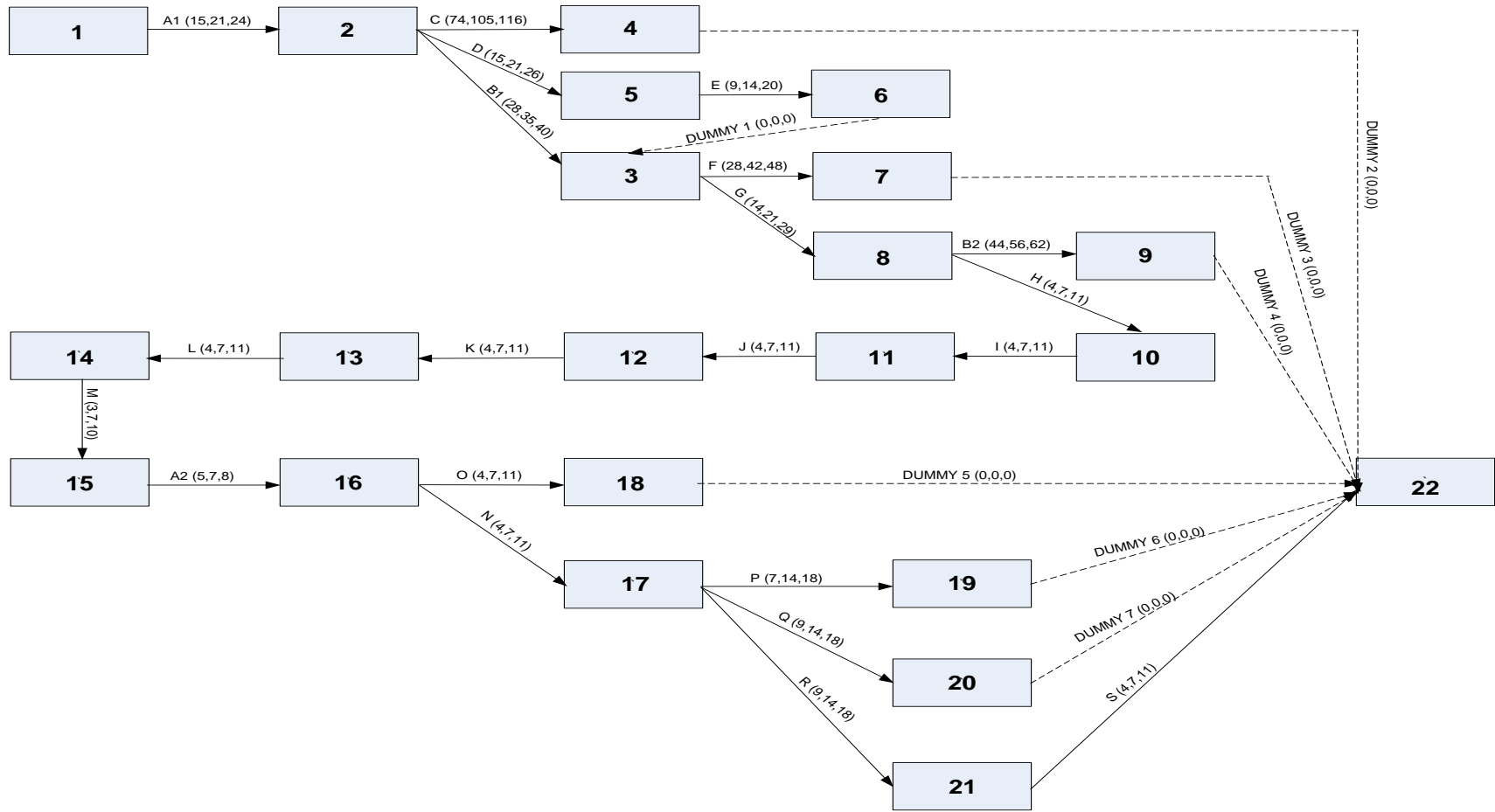
Pekerjaan	Kode	Pekerjaan Pendahulu	Durasi <i>Fuzzy</i> (Hari)		
			Optimis	Normal	Pesimis
Baja Tulangan U24 Polos	A1	-	15	21	24
Baja Tulangan U24 Polos lanjutan	A2	M	5	7	8
Beton mutu sedang, fc' 20 Mpa	B1	A1	28	35	40
Beton mutu sedang, fc' 20 Mpa lanjutan	B2	G	44	56	62
Baja Tulangan U32 Ulir	C	A1	74	105	116
Dinding Sumuran Silinder terpasan, diameter 3,50 m	D	A1	15	21	26
Beton Siklop, fc' 15 MPa	E	D	9	14	20
Beton mutu sedang, fc' 30 Mpa	F	B1,E	28	42	48
Beton mutu rendah, fc' 10 Mpa	G	B1,E	14	21	29
Perletakan Elastomerik Sintetis Ukuran (600x380x60)	H	F	4	7	11

Lanjutan Tabel 5.3 Hubungan Setiap Pekerjaan Struktur dan Durasi Fuzzy

Pekerjaan	Kode	Pekerjaan Pendahulu	Durasi Fuzzy (Hari)		
			Optimis	Normal	Pesimis
Pemasangan Unit Pracetak Gelagar Tipe I bentang 20 meter	J	I	4	7	11
Beton Diafragma f_c' 30 MPa termasuk pekerjaan penegangan setelah pengecoran (post-tension)	K	J	3	7	10
Baja Prategang	L	K	4	7	11
Beton mutu rendah, f_c' 15 Mpa	M	L	4	7	11
Beton mutu sedang, f_c' 30 Mpa untuk Lantai Jembatan	N	A2	4	7	11
Pipa Drainase Baja diameter 75 mm	O	A2	4	7	11
Expansion Joint Aspaltic Plug tipe Fixed	P	N	7	14	18
Expansion Joint tipe Rubber 1	Q	N	9	14	18
Sandaran (Railing)	R	N	9	14	18
Papan Nama Jembatan	S	R	4	7	11

Sumber: Data Olahan (2019)

Dari informasi pada Tabel 5.3 di atas selanjutnya dapat diekstrsk menjadi jaringan kerja penyelesaian pekerjaan struktur pada proyek peningkatan jembatan Pules. Jaringan ini akan mempermudah memberikan gambaran kegiatan kegiatan yang dilakukan secara tumpang tindih (bersamaan) sehingga perhitungan kebutuhan waktu menjadi lebih efisien dan realistis. Selain itu, pembuatan jaringan kerja ini juga merupakan awal dalam menganalisis jalur kritisnya. Jaringan kerja AOA (*Activity On Arrow*) untuk kasus ini dapat dilihat pada Gambar 5.1



Gambar 5.1 Jaringan Kerja (Network Diagram)

Sumber: Data Olahan (2019)

B. Menentukan Nilai α cut untuk Setiap Pekerjaan Struktur

Terminologi *fuzzy* mengacu pada suatu situasi di mana tidak ada batas batas yang jelas dalam suatu set aktivitas atau pengamatan. Teori ini memperkenalkan fungsi keanggotaan (*membership function*) yang digunakan untuk menilai derajat keanggotaan (*grade of membership*) dari suatu objek dalam setiap *fuzzy set* (Hwang *et.al*, 1992). Derajat keanggotaan dinyatakan dalam rentang antara 0 dan 1. Bila derajat keanggotaan suatu objek bernilai 1 berarti secara absolut objek tersebut berada dalam set dan bila bernilai 0 berarti objek tersebut secara absolut berada di luar set. Derajat keanggotaan selain 0 dan 1 merepresentasikan kondisi antara (*intermediate conditions*).

Dalam kasus ini batas fungsi keanggotaan *fuzzy* bukanlah 1 melainkan nilai α cut. Dikarenakan nilai 1 telah dikurangi oleh faktor keterlambatan proyek seperti pada persamaan 3.6 dibawah ini. Dengan kata lain, nilai α cut ini menunjukkan besarnya kemungkinan terselesaikannya proyek secara tepat waktu. Oleh karena itu, nilai α cut tersebut dihitung dengan persamaan 3.3 yakni:

$$\alpha_i = 1 - \frac{\sum \text{Faktor penyebab keterlambatan}}{4} \quad (3.6)$$

Berdasarkan data faktor keterlambatan pada tabel 5.2, maka dapat dihitung nilai α cut untuk setiap pekerjaan. Sebagai contoh, untuk pekerjaan A1 (Baja Tulangan Polos 24) memiliki nilai α cut dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \alpha_{A1} &= 1 - \frac{(46,79 \% + 27,5 \% + 9,64 \% + 23,57 \%)}{4} \\ &= 1 - (26,88 \%) \\ &= 73,13 \% \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama digunakan untuk mencari nilai α cut pekerjaan selanjutnya. Rekapitulasi hasil perhitungan nilai untuk setiap pekerjaan struktur tercantum pada tabel 5.4 berikut ini.

Tabel 5.4 Nilai α cut untuk Setiap Pekerjaan Struktur

Pekerjaan	Kode	Nilai α cut (%)
Baja Tulangan U24 Polos	A1	73,13
Baja Tulangan U24 Polos lanjutan	A2	79,46
Beton mutu sedang, fc' 20 Mpa	B1	72,59
Beton mutu sedang, fc' 20 Mpa lanjutan	B2	74,64
Baja Tulangan U32 Polos	C	80,09
Dinding Sumuran Silinder terpasan, diameter 3,50 m	D	72,59
Beton Siklop, fc' 15 Mpa	E	74,02
Beton mutu sedang, fc' 30 Mpa	F	74,29
Beton mutu rendah, fc' 10 Mpa	G	75,00
Perletakan Elastomerik Sintetis Ukuran (600x380x60)	H	85,63
Penyediaan Unit Pracetak Gelagar Tipe I bentang 20 meter	I	81,70
Pemasangan Unit Pracetak Gelagar Tipe I bentang 20 meter	J	72,59
Beton Diafragma fc' 30 MPa termasuk pekerjaan penegangan setelah pengecoran (post-tension)	K	69,73
Baja Prategang	L	78,21
Beton mutu rendah, fc' 15 Mpa	M	75,36
Beton mutu sedang, fc' 30 Mpa untuk Lantai Jembatan	N	74,64
Pipa Drainase Baja diameter 75 mm	O	87,59
Expansion Joint Aspaltic Plug tipe Fixed	P	85,36
Expansion Joint tipe Rubber 1	Q	85,27
Sandaran (Railing)	R	87,23
Papan Nama Jembatan	S	87,14

Sumber: Data Olahan (2019)

C. Perhitungan Maju (*Fuzzy Forward Pass*)

Perhitungan maju merupakan perhitungan yang dimulai dari node start (awal) dan bergerak ke end (akhir) untuk menghitung *Fuzzy Early Start* (FES) dan *Fuzzy Early Finish* (FEF). Dari jaringan kerja diatas dapat dilakukan perhitungan maju untuk setiap pekerjaan dengan menggunakan persamaan X dan Y. Nilai FES pada pekerjaan selanjutnya merupakan nilai FEF pada pekerjaan sebelumnya, jika

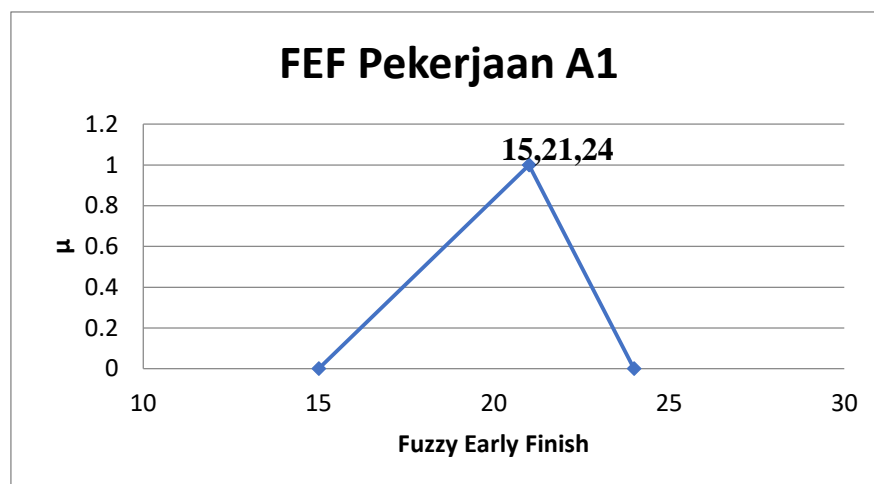
dan hanya jika pendahulunya adalah kegiatan tunggal. Hal ini sse

Nilai FES pada pekerjaan A1 (Baja Tulangan Polos 24) adalah $(0,0,0)$ karena merupakan pekerjaan pertama yang dilakukan. Maka nilai FES nya adalah sebagai berikut.

$$FEF_x = FES_x (+) FD_x \quad (3.12)$$

$$FEF_{A1} = FES_{A1} (+) FD_{A1}$$

$$\begin{aligned} FEF_{A1} &= (0,0,0) + (15,21,24) \\ &= (0+15, 0+21, 0+24) \\ &= (15,21,24) \end{aligned}$$



Gambar 5.2 FEF (Fuzzy Early Finish) Pekerjaan A1 (Baja Tulangan Polos 24)

Sumber: Data Olahan (2019)

Fungsi keanggotaan dari kurva segitiga FAF pekerjaan A1:

$$\mu_x = \begin{cases} 0 & , x \leq 15 \\ (x-15)/(21-15), 15 < x \leq 21 \\ (24-x)/(24-21), 21 < x \leq 24 \\ 0 & , x > 24 \end{cases}$$

$$\mu_x = \begin{cases} 0 & , x \leq 15 \\ (x-15)/6 & , 15 < x \leq 21 \\ (24-x)/3 & , 21 < x \leq 24 \\ 0 & , x > 24 \end{cases}$$

Nilai x merupakan nilai *output crips* dari fungsi keanggotaan *fuzzy*. Proses perhitungan ini dimaknai sebagai proses defuzzifikasi. Pada suatu level α , dalam kasus ini nilai α cut pekerjaan A1 sesuai Tabel 5.4 adalah 73,13%, maka x akan menghasilkan 2 nilai yang berbeda yakni untuk keadaan minimal dan keadaan maksimal. Nilai x tersebut adalah:

$$\alpha = \frac{(x_1 - 15)}{6} = \frac{(24 - x_2)}{3}$$

$$x_1 = 6\alpha + 15$$

$$= 6(0,7313) + 15$$

$$= 4,3878 + 15$$

$$= 19,3878 \approx 20 \text{ hari}$$

$$x_2 = 24 - 3\alpha$$

$$= 24 - 3(0,7313)$$

$$= 24 - 2,1939$$

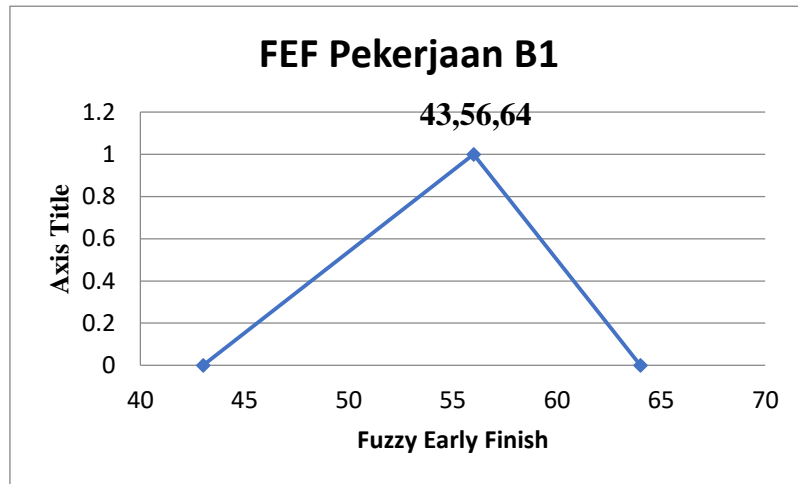
$$= 21,8061 \approx 22 \text{ hari}$$

Nilai *output crips* untuk pekerjaan A1 (Baja Tulangan Polos 24) adalah 20 hari dan 21 hari. Hal ini bermakna bahwa pada tingkat α cut 73,13% pekerjaan Baja Tulangan Polos 24 semula dari hasil wawancara memiliki nilai optimis 15 hari dan pesimis 24 hari ternyata dari perhitungan dapat diketahui bahwa pekerjaan tersebut dikerjakan minimal selama 20 hari hingga maksimal 22 hari.

Untuk pekerjaan selanjutnya yakni B1 (Beton mutu sedang f_c '20 Mpa) nilai FES merupakan nilai FEF pada pekerjaan A1 karena pekerjaan B1 hanya didahului oleh pekerjaan A1. Maka yang perlu dihitung adalah nilai FEFnya.

$$FEF_{B1} = FES_{B1}(+) FD_{B1}$$

$$\begin{aligned}
 FEF_{B1} &= (15,21,24) + (28,35,40) \\
 &= (15,+28, 21+ 35, 24+ 40) \\
 &= (43,56,64)
 \end{aligned}$$



Gambar 5.3 FEF Pekerjaan B1 (Beton mutu sedang fc'20 Mpa)

Sumber: Data Olahan (2019)

Fungsi keanggotaan dari kurva segitiga FAF pekerjaan B1:

$$\mu_x = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & , x \leq 43 \\ (x-43)/(56-43), & 43 < x \leq 56 \\ (64-x)/(64-53), & 56 < x \leq 64 \\ 0 & , x > 64 \end{array} \right\}$$

$$\mu_x = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & , x \leq 43 \\ (x-43)/13 & , 43 < x \leq 56 \\ (64-x)/8 & , 56 < x \leq 64 \\ 0 & , x > 64 \end{array} \right\}$$

Pada level α cut pekerjaan B1 sesuai Tabel 5.4 adalah 72,59%, maka nilai x tersebut adalah:

$$\alpha = \frac{(x_1 - 43)}{13} = \frac{(64 - x_2)}{8}$$

$$x_1 = 13\alpha + 43 \qquad = 52,4367 \approx 53 \text{ hari}$$

$$= 6(0,7259) + 43$$

$$x_2 = 64 - 8\alpha$$

$$= 9,4367 + 43$$

$$= 64 - 8(0,7259)$$

$$= 64 - 5,807 \qquad = 58,1928 \approx 59 \text{ hari}$$

Dengan cara yang sama dilakukan perhitungan untuk mencari nilai FES dan FEF pekerjaan selanjutnya. Namun untuk pekerjaan yang didahului oleh lebih dari 1 pekerjaan, maka dicari dengan cara membandingkan kegiatan pend-hulu tersebut, mana kegiatan yang memiliki nilai maksimum sesuai persamaan . Salah satu pekerjaan dengan karakter tersebut adalah pekerjaan G (Beton mutu rendah, fc' 10 Mpa) yang didahului pekerjaan B1 dan E, dengan nilai FEF di bawah ini.

$$FEF_{B1} = (43,56,63)$$

$$\begin{aligned} FEF_E &= FEF_D + FD_E \\ &= (30,42,50) + (9,14,20) \\ &= (30 + 9,42 + 14, 50 + 20) \\ &= (39,56,70) \end{aligned}$$

Kemudian dicari nilai maksimal FES_G

$$Max(M, N) = [\vee(a, d), \vee(b, e), \vee(c, f)]$$

$$Max(M, N) = [\vee(43,39), \vee(56,56), \vee(63,70)]$$

sehingga nilai FEF_G yang digunakan adalah (57, 77, 99)

Maka nilai FEF_G nya adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} FEF_G &= FES_G + FD_E \\ &= (43,56,70) + (14,21,29) \\ &= (43 + 14, 56 + 21, 70 + 29) \\ &= (57,77,99) \end{aligned}$$

Dengan cara perhitungan-perhitungan yang sama seperti di atas, maka dapat diperoleh nilai FES (*Fuzzy Early Start*), FEF (*Fuzzy Early Finish*), serta x1 dan x2 nilai crisp output untuk setiap pekerjaan yang tertabulasi dalam Tabel 5.5.

Dari hasil perhitungan nilai x1 dan x2 yang diperoleh tidak menunjukkan urutan waktu, namun pada Tabel 5.5 telah disusun dengan nilai x1 adalah nilai minimal dan x2 adalah nilai maksimal. Hal ini dilakukan untuk memperjelas makna nilai crisp output sebagai hasil defuzzyfikasi pada tingkat α cut.

Tabel 5.5 Nilai Fuzzy Early Start, Fuzzy Early Finish dan Nilai *Crips Output*

Pekerjaan	Kode	Kegiatan Pendahulu	Nilai α cut (%)	Durasi Fuzzy (Hari)			FES (Hari)			FEF (Hari)			Nilai <i>Crips Output</i> (Hari)	
				O	N	P	O	N	P	O	N	P	X ₁	X ₂
Baja Tulangan U24 Polos	A1	-	73,13	15	21	24	0	0	0	15	21	24	20	22
Baja Tulangan U24 Polos lanjutan	A2	M	79,46	5	7	8	80	119	164	85	126	172	118	136
Beton mutu sedang, fc' 20 Mpa	B1	A1	72,59	28	35	40	15	21	24	43	56	64	53	59
Beton mutu sedang, fc' 20 Mpa lanjutan	B2	G	74,64	44	56	62	57	77	99	101	133	161	125	141
Baja Tulangan U32 Polos	C	A1	80,09	74	105	116	15	21	24	89	126	140	119	129
Dinding Sumuran Silinder terpasan, diameter 3,50 m	D	A1	72,59	15	21	26	15	21	24	30	42	50	39	45
Beton Siklop, fc' 15 Mpa	E	D	74,02	9	14	20	30	42	50	39	56	70	52	60
Beton mutu sedang, fc' 30 Mpa	F	B1,E	74,29	28	42	48	43	56	70	71	98	118	92	104
Beton mutu rendah, fc' 10 Mpa	G	B1,E	75,00	14	21	29	43	56	70	57	77	99	72	83
Perletakan Elastomerik Sintetis Ukuran (600x380x60)	H	F	85,63	4	7	11	57	77	99	61	84	110	81	88

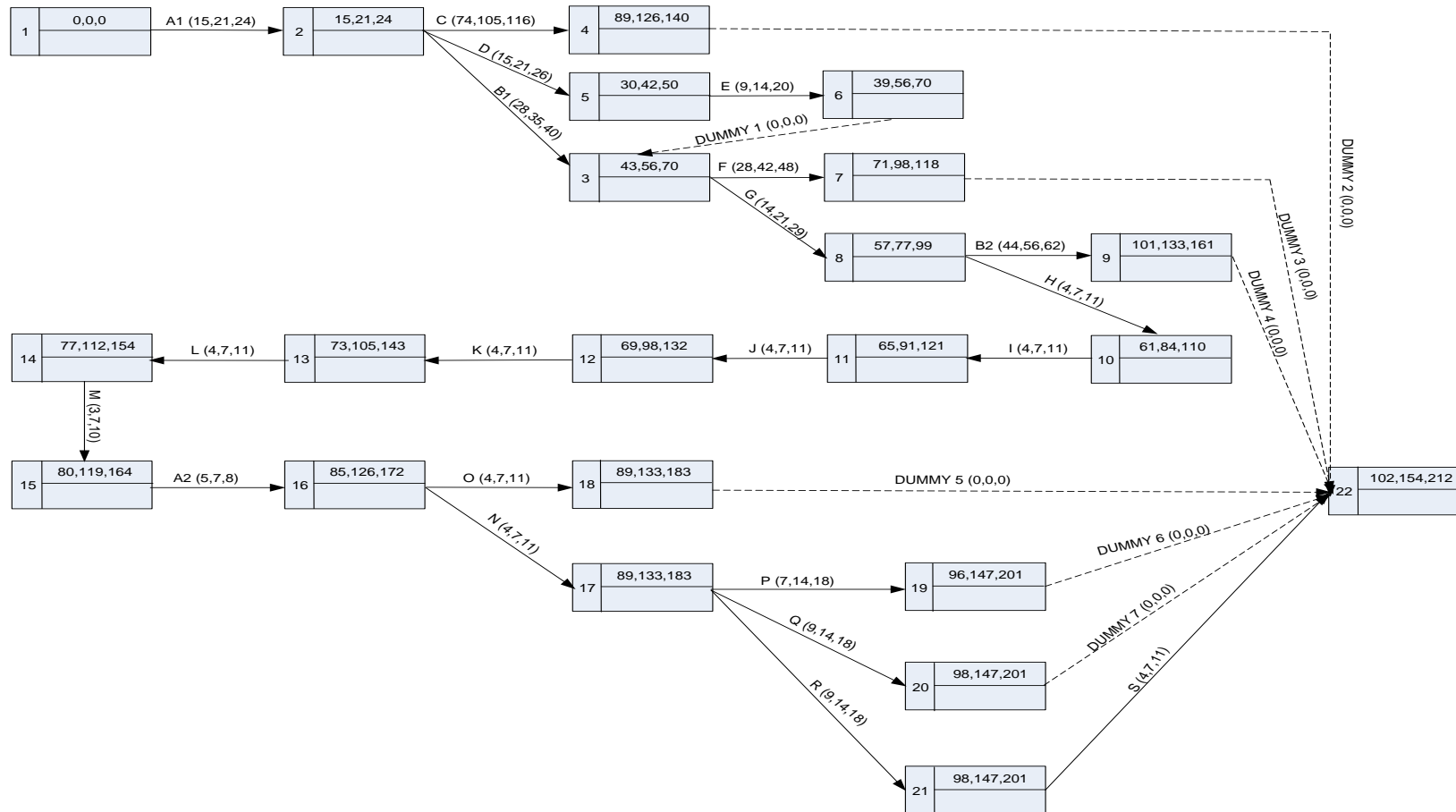
Lanjutan Tabel 5.5 Nilai Fuzzy Early Start, Fuzzy Early Finish dan Nilai *Crips Output*

Pekerjaan	Kode	Kegiatan Pendahulu	Nilai α cut (%)	Durasi Fuzzy (Hari)			FES (Hari)			FEF (Hari)			Nilai Crips Output (Hari)	
				O	N	P	O	N	P	O	N	P	X ₁	X ₂
Penyediaan Unit Pracetak Gelagar Tipe I bentang 20 meter	I	H	81,70	4	7	11	61	84	110	65	91	121	87	97
Pemasangan Unit Pracetak Gelagar Tipe I bentang 20 meter	J	I	72,59	4	7	11	65	91	121	69	98	132	91	108
Beton Diafragma fc' 30 MPa termasuk pekerjaan penegangan setelah pengecoran (post-tension)	K	J	69,73	3	7	10	69	98	132	73	105	143	96	117
Baja Prategang	L	K	78,21	4	7	11	73	105	143	77	112	154	105	122
Beton mutu rendah, fc' 15 Mpa	M	L	75,36	4	7	11	77	112	154	80	119	164	110	131
Beton mutu sedang, fc' 30 Mpa untuk Lantai Jembatan	N	A2	74,64	4	7	11	85	126	172	89	133	183	122	146
Pipa Drainase Baja diameter 75 mm	O	A2	87,59	4	7	11	85	126	172	89	133	183	128	140
Expansion Joint Aspaltic Plug tipe	P	N	85,36	7	14	18	89	133	183	96	147	201	140	155

Lanjutan Tabel 5.5 Nilai Fuzzy Early Start, Fuzzy Early Finish dan Nilai *Crips Output*

Pekerjaan	Kode	Kegiatan Pendahulu	Nilai <i>a cut</i> (%)	Durasi Fuzzy (Hari)			FES (Hari)			FEF (Hari)			Nilai <i>Crips</i> Output (Hari)	
				O	N	P	O	N	P	O	N	P	X ₁	X ₂
Fixed														
Expansion Joint tipe Rubber 1	Q	N	85,27	9	14	18	89	133	183	98	147	201	140	155
Sandaran (Railing)	R	N	87,23	9	14	18	89	133	183	98	147	201	141	154
Papan Nama Jembatan	S	R	87,14	4	7	11	98	147	201	102	154	212	148	162

Sumber: Data Olahan (2019)



Gambar 5.4 Activity On Arrow (AOA) Perhitungan Maju

Sumber: Data Olahan (2019)

D. Perhitungan Mundur (*Fuzzy Backward Pass*)

Seperti halnya pada penjadwalan dengan CPM, selain dilakukan perhitungan maju dilakukan pula perhitungan mundur. Perhitungan mundur dilakukan untuk mencari menghitung *Fuzzy Latest Start* (FLS) dan *Fuzzy Earliest Finish* (FEF). Perhitungan dimulai dari kegiatan paling terakhir sampai dengan kegiatan awal.

Dalam perhitungan mundur ini, berbeda dengan perhitungan mundur CPM karena menggunakan prinsip pengoperasian bilangan fuzzy yakni sesuai dengan persamaan 3.3 dibawah ini.

$$M (-) N = (a - h, b - g, c - f, d - e) \quad (3.5)$$

Berdasarkan persamaan 3.3 diatas, dapat dilihat bahwa terjadi pengurangan silang misalnya a yang merupakan anggota bilangan fuzzy M tidak dikurangi e tetapi dikurangi nilai h, begitu juga dengan nilai d yang dikurangi nilai e bukan h.

Dalam kasus ini pengurangan diberlakukan untuk menghitung nilai menghitung *Fuzzy Latest Start* (FLS) dan *Fuzzy Earliest Finish* (FEF). Seperti namanya, maka perhitungan dimulai dari ujung belakang (atau kegiatan terakhir) dengan asumsi nilai *Fuzzy Latest Finish* (FLF) pada pekerjaan terakhir yakni pekerjaan Papan Nama Jembatan (S) adalah sama dengan nilai *Fuzzy Latest Start* (FLS)nya. Dengan demikian maka dapat dilakukan perhitungan untuk mencari nilai FLSnya sebagai berikut.

$$\begin{aligned} FLS_s &= FLF_s (-) FD_s & (3.15) \\ FLS_s &= (102,154,212) - (4,7,11) \\ &= (102 - 11, 154 - 7, 212 - 4) \\ &= (130,147,208) \end{aligned}$$

Nilai FLF pekerjaan yang diikuti kegiatan tunggal adalah sama dengan nilai FLS kegiatan sebelumnya. Adapun untuk kegiatan yang diikuti kegiatan paralel (percabangan) maka dicari dengan persamaan 3.10 berikut.

$$FLF_x = \min(FLS_s) \quad (3.10)$$

Sebagai contoh kegiatan yang diawali kegiatan paralel adalah pekerjaan N yakni Beton mutu sedang, fc' 30 Mpa untuk Lantai Jembatan Pekerjaan N ini diikuti pekerjaan P, Q dan R, maka nilai FLF pekerjaan N tersebut adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} FLF_N &= \min(FLS_s) \\ &= \min(FLS_p, FLS_Q, FLS_R) \\ &= [\wedge(117,119,73), \wedge(140,140,133), \wedge(205,203,199)] \\ &= (73,133,199) \end{aligned}$$

Prinsip pemilihan nilai minimal tersebut sesuai dengan aturan minimal pada operasi bilangan fuzzy yakni sesuai persamaan 3.6.

$$\text{Min}(M, N) = [\wedge(a, e), \wedge(b, f), \wedge(c, g), \wedge(d, h)] \quad (3.6)$$

Setelah diketahui nilai FLF maka nilai FLS untuk pekerjaan N dapat dicari dengan cara berikut.

$$\begin{aligned} FLS_N &= FLF_N (-) FD_N \quad (3.15) \\ FLS_N &= (73,133,199) - (4,7,11) \\ &= (77 - 11, 133 - 7, 199 - 4) \\ &= (66,126,195) \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama digunakan untuk mencari nilai FLS dan FLF untuk setiap pekerjaan struktur. Hasil tersebut tertabulasi dalam tabel 5.6 berikut ini.

Tabel 5.6 Nilai Fuzzy Latest Start dan Fuzzy Latest Finish

Pekerjaan	Kode	Kegiatan Pendahulu	Durasi Fuzzy (Hari)			FLS (Hari)			FLF (Hari)		
			O	N	P	O	N	P	O	N	P
Baja Tulangan U24 Polos	A1	-	15	21	24	-110	0	110	-86	21	125
Baja Tulangan U24 Polos lanjutan	A2	M	5	7	8	54	119	190	62	126	195
Beton mutu sedang, fc' 20 Mpa	B1	A1	28	35	40	-80	21	125	-40	56	153
Beton mutu sedang, fc' 20 Mpa lanjutan	B2	G	44	56	62	40	98	168	102	154	212

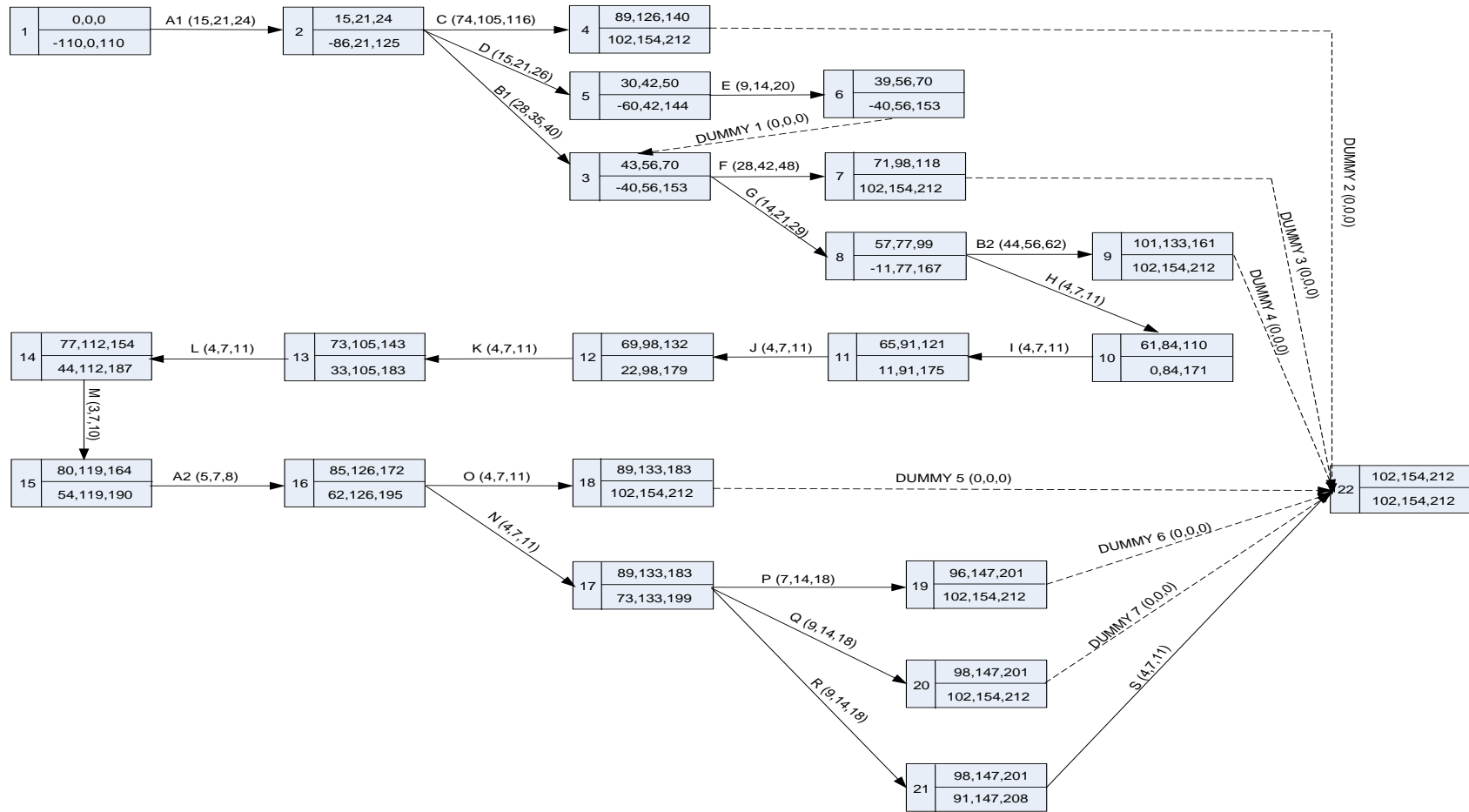
Lanjutan Tabel 5.6 Nilai *Fuzzy Latest Start* dan *Fuzzy Latest Finish*

Pekerjaan	Kode	Kegiatan Pendahulu	Durasi Fuzzy (Hari)			FLS (Hari)			FLF (Hari)		
			O	N	P	O	N	P	O	N	P
Baja Tulangan U32 Polos	C	A1	74	105	116	-14	49	138	102	154	212
Dinding Sumuran Silinder terpasan, diameter 3,50 m	D	A1	15	21	26	-86	21	129	-60	42	144
Beton Siklop, fc' 15 Mpa	E	D	9	14	20	-60	42	144	-40	56	153
Beton mutu sedang, fc' 30 Mpa	F	B1,E	28	42	48	54	112	184	102	154	212
Beton mutu rendah, fc' 10 Mpa	G	B1,E	14	21	29	-40	56	153	-11	77	167
Perletakan Elastomerik Sintetis Ukuran (600x380x60)	H	F	4	7	11	-11	77	167	0	84	171
Penyediaan Unit Pracetak Gelagar Tipe I bentang 20 meter	I	H	4	7	11	0	84	171	11	91	175
Pemasangan Unit Pracetak Gelagar Tipe I bentang 20 meter	J	I	4	7	11	11	91	175	22	98	179
Beton Diafragma fc' 30 MPa termasuk pekerjaan penegangan setelah pengecoran (post-tension)	K	J	4	7	11	22	98	179	33	105	183
Baja Prategang	L	K	4	7	11	33	105	183	44	112	187

Lanjutan Tabel 5.6 Nilai *Fuzzy Latest Start* dan *Fuzzy Latest Finish*

Pekerjaan	Kode	Kegiatan Pendahulu	Durasi Fuzzy (Hari)			FLS (Hari)			FLF (Hari)		
			O	N	P	O	N	P	O	N	P
Beton mutu rendah, fc' 15 Mpa	M	L	3	7	10	44	112	187	54	119	190
Beton mutu sedang, fc' 30 Mpa untuk Lantai Jembatan	N	A2	4	7	11	62	126	195	73	133	199
Pipa Drainase Baja diameter 75 mm	O	A2	4	7	11	91	147	208	102	154	212
Expansion Joint Asphaltic Plug tipe Fixed	P	N	7	14	18	84	140	205	102	154	212
Expansion Joint tipe Rubber 1	Q	N	9	14	18	84	140	203	102	154	212
Sandaran (Railing)	R	N	9	14	18	73	133	199	91	147	208
Papan Nama Jembatan	S	R	4	7	11	91	147	208	102	154	212

Sumber: Data Olahan (2019)



Gambar 5.5 Activity On Arrow (AOA) Perhitungan Mundur

Sumber: Data Olahan (2019)

E. Perhitungan Waktu Ambang (*Floating Time*)

Waktu ambang dalam Flash mirip dengan Slack Time pada metode CPM yang bertujuan untuk menentukan titik kritis. Hanya saja dalam FLASH waktu ambang ini juga berbentuk bilangan fuzzy yakni Waktu Optimis (O), Normal (N) dan pesimis (P). Terdapat tiga jenis waktu TF (Total Float), FF(Free Float), dan IF(Independent Float). Adapun rumusnya sesuai dengan persamaan 3.16,3.17.dan 3.18 berikut.

$$TF_x = FLF_x - FD_x - FES_x \quad (3.16)$$

$$FF_x = FEF_x - FD_x - FES_x \quad (3.17)$$

$$IF_x = FEF_x - FD_x - FLS_x \quad (3.18)$$

Ketiga jenis waktu ambang tersebut masing masing dicari nilai defuzzifikasinya dengan menghitung nilai centroid sesuai dengan persamaan 3.19.

$$C = \frac{a+b+c}{3} \quad (3.19)$$

Sebagai contoh, dengan berdasarkan pada data tabel 5.5 untuk nilai FES dan FEF serta tabel 5.6 untuk nilai FLS dan FLF, maka untuk pekerjaan A1 (Baja Tulangan U24 Polos) nilai TF, FF, IF dihitung dengan cara berikut.

$$\begin{aligned} TF_{A1} &= FLF_{A1} - FD_{A1} - FES_{A1} \\ &= (-86,21,125) - (15,21,24) - (0,0,0) \\ &= (-86 - 24 - 0), (21 - 21 - 0), (125 - 15 - 0) \\ &= (-110,0,110) \end{aligned}$$

Dengan Centroid TF untuk pekerjaan A1 adalah:

$$\begin{aligned} C_{A1} &= \frac{a+b+c}{3} \\ &= \frac{-110 + 0 + 110}{3} \\ &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} FF_{A1} &= FEF_{A1} - FD_{A1} - FES_{A1} \\ &= (15,21,24) - (15,21,24) - (0,0,0) \\ &= (15 - 24 - 0), (21 - 21 - 0), (24 - 15 - 0) \\ &= (-9,0,9) \end{aligned}$$

Sehingga nilai Centroidnya:

$$\begin{aligned} C_{A1} &= \frac{a+b+c}{3} \\ &= \frac{-9+0+9}{3} \\ &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} IF_{A1} &= FEF_{A1} - FD_{A1} - FLS_{A1} \\ &= (15,21,24) - (15,21,24) - (-110,0,110) \\ &= (15 - 24 - 110), (21 - 21 - 0), (24 - 15 - (-110)) \\ &= (-119,0,119) \end{aligned}$$

Dengan nilai centroid IF

$$\begin{aligned} C_{A1} &= \frac{a+b+c}{3} \\ &= \frac{-119+0+119}{3} \\ &= 0 \end{aligned}$$

Dengan perhitungan yang sama digunakan untuk memperoleh nilai TF, FF dan IF untuk semua pekerjaan struktur jembatan. Hasilnya tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut ini.

Jalur kritis dalam kasus ini ditunjukkan oleh nilai centroid pada Total Float yang bernilai kurang dari sama dengan 0. ($C \leq 0$). Hal ini menunjukkan bahwa pada pekerjaan tersebut harus diberikan perhatian agar tidak mengalami keterlambatan, karena tidak ada tenggang waktu.

Dari tabel 5.7 tersebut diketahui bahwa jalur kritis proyek jembatan pekerjaan struktur adalah (A1-B1-G-H-I-J-L-M-A2-N-R-S) yang tervisualisasi pada Gambar 5.5 di bawah ini.

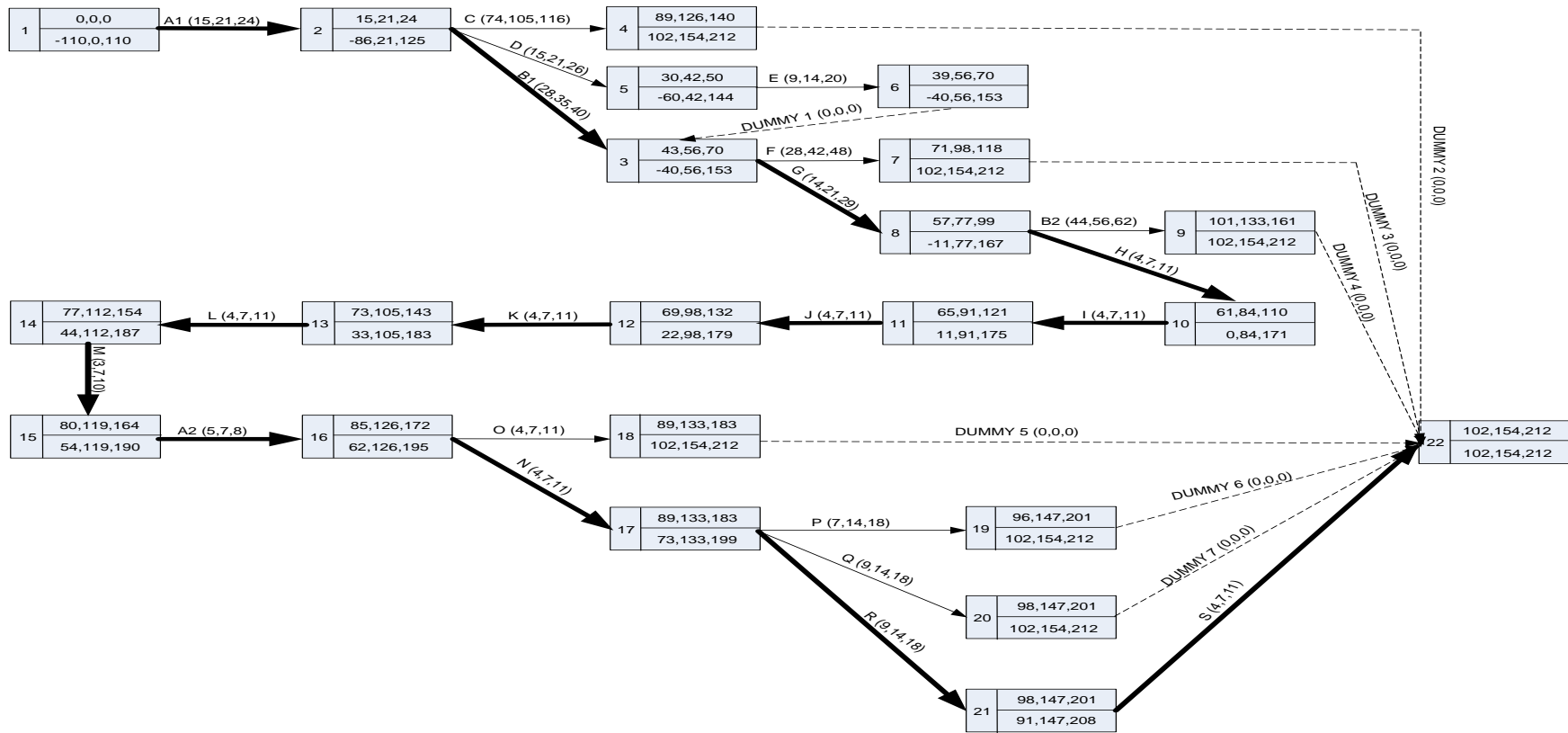
Tabel 5.7 Waktu Ambang (*Floating Time*) Setiap Pekerjaan Struktur

Pekerjaan	Kode	TF				FF				IF			
		O	N	P	C	O	N	P	C	O	N	P	C
Baja Tulangan U24 Polos	A1	-110	0	110	0.00	-119	0	119	0.00	-9	0	9	0.00
Baja Tulangan U24 Polos lanjutan	A2	-110	0	110	0.00	-113	0	113	0.00	-87	0	87	0.00
Beton mutu sedang, fc' 20 Mpa	B1	-104	0	110	2.00	-122	0	116	-2.00	-21	0	21	0.00
Beton mutu sedang, fc' 20 Mpa lanjutan	B2	-59	21	111	24.33	-129	-21	77	-24.33	-60	0	60	0.00
Baja Tulangan U32 Polos	C	-38	28	123	37.67	-165	-28	80	-37.67	-51	0	51	0.00
Dinding Sumuran Silinder terpasan, diameter 3,50 m	D	-110	0	114	1.33	-125	0	121	-1.33	-20	0	20	0.00
Beton Siklop, fc' 15 Mpa	E	-110	0	114	1.33	-125	0	121	-1.33	-31	0	31	0.00
Beton mutu sedang, fc' 30 Mpa	F	-16	56	141	60.33	-161	-56	36	-60.33	-47	0	47	0.00
Beton mutu rendah, fc' 10 Mpa	G	-110	0	110	0.00	-125	0	125	0.00	-42	0	42	0.00
Perletakan Elastomerik Sintetis Ukuran (600x380x60)	H	-110	0	110	0.00	-117	0	117	0.00	-49	0	49	0.00
Penyediaan Unit Pracetak Gelagar Tipe I bentang 20 meter	I	-110	0	110	0.00	-117	0	117	0.00	-56	0	56	0.00

Lanjutan Tabel 5.7 Waktu Ambang (*Floating Time*) Setiap Pekerjaan Struktur

Pekerjaan	Kode	TF				FF				IF			
		O	N	P	C	O	N	P	C	O	N	P	C
Pemasangan Unit Pracetak Gelagar Tipe I bentang 20 meter	J	-110	0	110	0.00	-117	0	117	0.00	-63	0	63	0.00
Beton Diafragma fc' 30 MPa termasuk pekerjaan penegangan setelah pengecoran (post-tension)	K	-109	0	111	0.67	-116	0	118	0.67	-69	0	71	0.67
Baja Prategang	L	-110	0	110	0.00	-117	0	117	0.00	-77	0	77	0.00
Beton mutu rendah, fc' 15 Mpa	M	-111	0	109	-0.67	-118	0	116	-0.67	-85	0	83	-0.67
Beton mutu sedang, fc' 30 Mpa untuk Lantai Jembatan	N	-110	0	110	0.00	-117	0	117	0.00	-94	0	94	0.00
Pipa Drainase Baja diameter 75 mm	O	-81	21	123	21.00	-130	-21	88	-21.00	-94	0	94	0.00
Expansion Joint Aspaltic Plug tipe Fixed	P	-99	7	116	8.00	-127	-7	110	-8.00	-105	0	105	0.00
Expansion Joint tipe Rubber 1	Q	-99	7	114	7.33	-123	-7	108	-7.33	-103	0	103	0.00
Sandaran (Railing)	R	-110	0	110	0.00	-119	0	119	0.00	-103	0	103	0.00
Papan Nama Jembatan	S	-110	0	110	0.00	-117	0	117	0.00	-110	0	110	0.00

Sumber: Data Olahan (2019)



Gambar 5.6 Activity On Arrow (AOA) Jalur kritis Berdasarkan Perhitungan Waktu Ambang

Sumber: Data Olahan (2019)

5.2.3. Biaya Proyek dengan FLASH

Penjadwalan sangat berkaitan erat dengan biaya yang dikeluarkan. Oleh karena itu dengan adanya perubahan penjadwalan maka terjadi pula perubahan biayanya. Biaya yang berhubungan dengan waktu sebagai biaya tidak tetap meliputi biaya tenaga kerja dan biaya penyewaan alat, sedangkan biaya material tidak berubah dalam kasus ini.

Seperti halnya penjadwalan waktu, dalam perhitungan biaya dengan FLASH ini juga terdapat 3 jenis pembiayaan, yakni biaya pada waktu normal, biaya pada waktu pesimis, dan biaya pada waktu optimis. Dalam perhitungan nantinya diasumsikan biaya tidak langsung proyek sebesar 15% dengan : 5% *overhead* dari RAB dan 10% *profit* dari RAB.

Untuk mendapatkan durasi minimal (optimis) dan durasi maksimal (pesimis) setiap pekerjaan dapat dihitung dengan rumus 3.9. Dengan nilai FEF_{x1} dan FEF_{x2} (nilai *crisp output*) yang terdapat pada table 5.5 penjabarannya sebagai berikut ini:

$$FEF_x = FES_x (+) FD_x \quad (3.9)$$

maka

$$FD_x = FEF_x - FES_x$$

Sebagai contoh, pekerjaan A1 (Baja Tulangan polos 24) yang memiliki nilai *crisp output* $X_1 = 20$ dan $X_2 = 22$ maka durasinya adalah:

$$\begin{aligned} FD_{A1x1} &= FEF_{A1x1} - FES_{A1x1} & FD_{A1x2} &= FEF_{A1x2} - FES_{A1x2} \\ &= 20 - 0 & &= 22 - 0 \\ &= 20 \text{ hari} & &= 22 \text{ hari} \end{aligned}$$

maka durasi minimal untuk pekerjaan A1 adalah 20 hari dan durasi maksimalnya adalah 22 hari.

Sedangkan untuk pekerjaan B1 (Beton mutu sedang f'c 20 Mpa) memiliki nilai $X_1 = 53$ dan $X_2 = 59$ maka durasinya adalah:

$$\begin{aligned} FD_{B1x1} &= FEF_{B1x1} - FES_{B1x1} & FD_{B1x2} &= FEF_{B1x2} - FES_{B1x2} \\ FD_{B1x1} &= FEF_{B1x1} - FEF_{A1x1} & FD_{B1x2} &= FEF_{B1x2} - FEF_{A1x2} \\ &= 53 - 20 & &= 59 - 22 \\ &= 33 \text{ hari} & &= 37 \text{ hari} \end{aligned}$$

Maka durasi minimal untuk pekerjaan B1 adalah 33 hari dan durasi maksimalnya adalah 37 hari.

Dengan cara yang sama dilakukan perhitungan untuk pekerjaan lainnya. Hasil perhitungan tersebut terdapat pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Durasi Maksimal dan Durasi Minimal Setiap Pekerjaan Struktur

Kegiatan	Simbol	Nilai <i>CRIPS</i> <i>OUTPUT</i>		Durasi	
		X1	X2	Dmax	Dmin
Baja Tulangan U24 Polos	A1	20	22	20	22
Baja Tulangan U24 Polos lanjutan	A2	118	136	5	8
Beton mutu sedang, fc' 20 Mpa	B1	53	59	33	37
Beton mutu sedang, fc' 20 Mpa lanjutan	B2	125	141	53	59
Baja Tulangan U32 Ulir	C	119	129	99	107
Dinding Sumuran Silinder terpasan, diameter 3,50 m	D	39	45	19	23
Beton Siklop, fc' 15 MPa	E	52	60	13	15
Beton mutu sedang, fc' 30 Mpa	F	92	104	39	44
Beton mutu rendah, fc' 10 Mpa	G	72	83	19	23
Perletakan Elastomerik Sintetis Ukuran (600x380x60)	H	81	88	5	9
Penyediaan Unit Pracetak Gelagar Tipe I bentang 20 meter	I	87	97	6	9
Pemasangan Unit Pracetak Gelagar Tipe I bentang 20 meter	J	91	108	4	11
Beton Diafragma fc' 30 MPa termasuk pekerjaan penegangan setelah pengecoran (post-tension)	K	96	117	5	9
Baja Prategang	L	105	122	5	9
Beton mutu rendah, fc' 15 Mpa	M	110	131	5	9

Lanjutan Tabel 5.8 Durasi Maksimal dan Durasi Minimal Setiap Pekerjaan Struktur

Kegiatan	Simbol	Nilai <i>CRIPS OUTPUT</i>		Durasi	
		X1	X2	Dmax	Dmin
Beton mutu sedang, fc' 30 Mpa untuk Lantai Jembatan	N	122	146	4	10
Pipa Drainase Baja diameter 75 mm	O	128	140	4	10
Expansion Joint Aspaltic Plug tipe Fixed	P	140	155	9	18
Expansion Joint tipe Rubber 1	Q	140	155	9	18
Sandaran (Railing)	R	141	154	8	19
Papan Nama Jembatan	S	148	162	7	8

Sumber: Data Olahan (2019)

A. Perhitungan Biaya Pada waktu Normal (Sebenarnya)

1. Biaya Material

Biaya material setiap pekerjaan diperoleh dari hasil perhitungan dengan rumus 3.23 berikut.

$$\text{Biaya Material} = \text{Harga Satuan Kebutuhan Material} \times \text{Volume} \quad (3.23)$$

Sebagai contoh, perkerjaan A1 (Baja Tulangan Polos 24) yang memiliki volume 798,6 Kg dengan harga satuan materialnya Rp 13.013,69 maka biaya material untuk pekerjaan baja tulangan 24 (A1) tersebut adalah:

$$\begin{aligned} \text{Biaya Material}_{A1} &= \text{Harga Satuan Kebutuhan Material} \times \text{Volume} \\ &= Rp13.013,69 \times 798,6kg \\ &= Rp10.392.730,84 \end{aligned}$$

Sedangkan biaya material untuk pekerjaan Beton mutu sedang, fc' 20 Mpa (B1) yang dikerjakan dengan harga satuan material sebesar Rp 1.907.846,15 dengan volume sebesar 84,72 M³ ialah sebesar Rp 161.623.920,46. Adapun perhitungan rincinya sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya Material}_{B1} &= \text{Harga Satuan Kebutuhan Material} \times \text{Volume} \\
 &= Rp1.907.846,15 \times 84,72M^3 \\
 &= Rp161.623.920,46
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama dilakukan perhitungan untuk pekerjaan lainnya. Hasil perhitungan tersebut terdapat pada Tabel 5.9.

2. Biaya Tenaga Kerja dan Peralatan

Biaya tenaga kerja dan peralatan ini dipisahkan dari biaya material karena terkait dengan waktu penyelesaian proyek. Biaya tenaga kerja dan peralatan ini dihitung dengan persamaan 3.21

$$\text{Biaya tenaga kerja dan peralatan} = \text{Harga Satuan} \times \text{Volume} \quad (3.21)$$

Misalnya saja untuk pekerjaan A1 (Baja Tulangan Polos 24) yang memiliki biaya material sebesar Rp 10.392.730,84 dengan volume pekerjaan 798,6 Kg dan harga satuan untuk tenaga kerja dan peralatan sebesar Rp 1.617,12 maka dengan rumus 3.21 diperoleh biaya tenaga kerja dan peralatannya adalah Rp.1.291.435,43.

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya Tenaga Kerja dan Peralatan}_{A1} &= \text{Harga Satuan} \times \text{Volume} \\
 &= Rp1.617,12 \times 798,6kg \\
 &= Rp1.291.435,43
 \end{aligned}$$

Pekerjaan Beton Mutu Sedang f_c 20 Mpa merupakan pekerjaan yang memakan biaya material yang sangat besar sedangkan biaya upah tenaga kerja dan peralatan relatif kecil. dan peralatan sebesar Rp 1.617,12 maka dengan rumus 3.21

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya Tenaga Kerja dan Peralatan}_{B1} &= \text{Harga Satuan} \times \text{Volume} \\
 &= Rp198.881,43 \times 84,72M^{\#} \\
 &= Rp16.848.316,73
 \end{aligned}$$

Dengan rumus dan cara yang sama digunakan untuk menghitung pekerjaan-pekerjaan selanjutnya. Tabel 5.9 berikut menampilkan hasil perhitungan biaya material dan biaya tenaga kerja dan peralatan setiap pekerjaan struktur jembatan.

Tabel 5.9 Volume, Harga Satuan, Biaya Material, Biaya Tenaga Kerja dan Peralatan Setiap Pekerjaan Struktur Pada Kondisi Normal

Pekerjaan	Volume	Durasi Normal	Harga Satuan Material	Harga satuan Tenaga Kerja dan Peralatan	Biaya		Total Biaya
					Biaya Material	Biaya Tenaga Kerja dan Peralatan	
Baja Tulangan U24 Polos	798,60	21	Rp 13.013,69	Rp 1.617,12	Rp 10.392.730,84	Rp 1.291.435,43	Rp 11,684,166.26
Baja Tulangan U24 Polos lanjutan	266,20	7	Rp 13.013,69	Rp 1.617,12	Rp 3.464.243,61	Rp 430.478,48	Rp 3,894,722.09
Beton mutu sedang, fc' 20 Mpa	84,72	35	Rp 1.907.846,15	Rp 198.881,43	Rp161.623.920,46	Rp 16.848.316,73	Rp 178,472,237.19
Beton mutu sedang, fc' 20 Mpa lanjutan	135,54	56	Rp 1.907.846,15	Rp 198.881,43	Rp258.598.272,73	Rp 26.957.306,77	Rp 285,555,579.51
Baja Tulangan U32 Ulir	67313,02	105	Rp 13.598,75	Rp 1.617,12	Rp915.372.930,73	Rp 108.853.516,98	Rp 1,024,226,447.71
Dinding Sumuran Silinder terpasan, diameter 3,50 m	18	21	Rp 7.497.962,13	Rp 136.317,36	Rp134.963.318,37	Rp 2.453.712,45	Rp 137,417,030.82
Beton Siklop, fc' 15 Mpa	66,04	14	Rp 864.212,28	Rp 156.705,55	Rp 57.072.579,18	Rp 10.348.834,52	Rp 67,421,413.70
Beton mutu sedang, fc' 30 Mpa	355,24	42	Rp 2.669.569,55	Rp 205.953,47	Rp948.337.886,91	Rp 73.162.909,60	Rp 1,021,500,796.51
Beton mutu rendah, fc' 10 Mpa	8,14	21	Rp 1.211.526,99	Rp 84.781,32	Rp 9.861.829,70	Rp 690.119,92	Rp 10,551,949.62
Perletakan Elastomerik Sintetis Ukuran (600x380x60)	20	7	Rp 3.485.186,48	Rp 14.813,52	Rp 69.703.729,52	Rp 296.270,48	Rp 70,000,000.00

Lanjutan Tabel 5.9 Volume, Harga Satuan, Biaya Material, Biaya Tenaga Kerja dan Peralatan Setiap Pekerjaan Struktur Pada Kondisi Normal

Pekerjaan	Volume	Durasi Normal	Harga Satuan Material	Harga satuan Tenaga Kerja dan Peralatan	Biaya		Total Biaya
					Biaya Material	Biaya Tenaga Kerja dan Peralatan	
Penyediaan Unit Pracetak Gelagar Tipe I bentang 20 meter	5	7	Rp 97.000.000,00	Rp -	Rp485.000.000,00	Rp -	Rp 485,000,000.00
Pemasangan Unit Pracetak Gelagar Tipe I bentang 20 meter	5	7	Rp 31.396.753,28	Rp 904.648,52	Rp156.983.766,42	Rp 4.523.242,60	Rp 161,507,009.02
Beton Diafragma fc' 30 MPa termasuk pekerjaan penegangan setelah pengecoran (post-tension	4,7	7	Rp 4.652.597,73	Rp 347.402,27	Rp 21.867.209,31	Rp 1.632.790,69	Rp 23,500,000.00
Baja Prategang	391	7	Rp 9.200,00	Rp 152.723,31	Rp 3.597.200,00	Rp 59.714.813,61	Rp 63,312,013.61
Beton mutu rendah, fc' 15 Mpa	70,56	7	Rp 1.411.885,23	Rp 84.781,32	Rp 99.622.621,94	Rp 5.982.169,74	Rp 105,604,791.68
Beton mutu sedang, fc' 30 Mpa untuk Lantai Jembatan	48,72	7	Rp 2.669.569,55	Rp 205.953,47	Rp130.061.428,47	Rp 10.034.052,91	Rp 140,095,481.38
Pipa Drainase Baja diameter 75 mm	19,5	7	Rp 132.250,00	Rp 14.813,52	Rp 2.578.875,00	Rp 288.863,72	Rp 2,867,738.72
Expansion Joint Asphaltic Plug tipe Fixed	49	14	Rp 1.380.000,00	Rp 76.736,34	Rp 67.620.000,00	Rp 3.760.080,54	Rp 71,380,080.54
Expansion Joint tipe Rubber 1	42,2	14	Rp 1.380.000,00	Rp 76.736,34	Rp 58.236.000,00	Rp 3.238.273,44	Rp 61,474,273.44

Lanjutan Tabel 5.9 Volume, Harga Satuan, Biaya Material, Biaya Tenaga Kerja dan Peralatan Setiap Pekerjaan Struktur Pada Kondisi Normal

Pekerjaan	Volume	Durasi Normal	Harga Satuan Material	Harga satuan Tenaga Kerja dan Peralatan	Biaya		Total Biaya
					Biaya Material	Biaya Tenaga Kerja dan Peralatan	
Sandaran (Railing)	44,00	14	Rp 1.477.173,42	Rp 22.826,58	Rp 64.995.630,48	Rp 1.004.369,52	Rp 66,000,000.00
Papan Nama Jembatan	2	7	Rp 353.855,00	Rp 194.053,30	Rp 707.710,00	Rp 388.106,60	Rp 1,095,816.60
Total							Rp 3,980,877,382.14

Sumber : Data Olahan (2019)

B. Perhitungan Biaya Pada Kondisi Optimis

Seperti telah dipaparkan sebelumnya bahwa biaya yang mengalami perubahan terhadap waktu adalah biaya tenaga kerja dan peralatan. Perubahan itu dihitung dengan persamaan 3.22 ini.

$$biaya\ proyek\ kondisi\ optimis = (biaya\ jasa\ sebenarnya) \times \left(\frac{waktu\ optimis}{waktu\ sebenarnya} \right) \quad (3.22)$$

Biaya jasa dalam persamaan itu juga meliputi biaya peralatan. Selain itu, karena dalam kasus ini diketahui nilai α cut untuk setiap kegiatan seperti pada Tabel 5.4 sebelumnya, maka yang dimaksud waktu optimis adalah durasi minimal yang diperoleh dari selisih nilai x_1 pada kegiatan tersebut dengan kegiatan sebelumnya.

Perkerjaan A1 (Baja Tulangan Polos 24) pada kondisi normal menghabiskan biaya material sebesar Rp 10.392.730,84 dengan volume pekerjaan 798,6 Kgdan biaya tenaga kerja dan peralatannya adalah Rp.1.291.435,43. Maka pada kondisi optimis nilai materialnya tetap sama dengan nilai material pada kondisi normal. Biaya tenaga kerja dan peralatannya adalah:

$$\begin{aligned} biayatenagaker\ ja\ dan\ peralatan_{A1} &= (biayatenagaker\ ja\ dan\ peralatan_{A1}\ kondisi\ normal) \times \left(\frac{D\ min}{durasinormal} \right) \\ &= (Rp1.291.435,43) \times \left(\frac{20}{21} \right) \\ &= Rp1.229.938,5 \end{aligned}$$

Perhitungan yang sama juga dipergunakan untuk mencari biaya untuk setiap pekerjaan struktur. Adapun hasil perhitungan tersebut terekap pada Tabel 5.10 berikut.

Tabel 5.10 Biaya Material, Biaya Tenaga Kerja dan Peralatan Setiap Pekerjaan Struktur Pada Kondisi Optimis

Pekerjaan	Dmin	Biaya		Biaya Total
		Biaya Material	Biaya Tenaga Kerja dan Peralatan	
Baja Tulangan U24 Polos	20	Rp10,392,730.84	Rp1,229,938.50	Rp11,622,669.

Lanjutan Tabel 5.10 Biaya Material, Biaya Tenaga Kerja dan Peralatan Setiap Pekerjaan Struktur Pada Kondisi Optimis

Pekerjaan	Dmin	Biaya		Biaya Total
		Biaya Material	Biaya Tenaga Kerja dan Peralatan	
Baja Tulangan U24 Polos lanjutan	5	Rp3,464,243.61	Rp307,484.63	Rp3,771,728.24
Beton mutu sedang, fc' 20 Mpa	33	Rp161,623,920.46	Rp15,885,555.78	Rp177,509,476.24
Beton mutu sedang, fc' 20 Mpa lanjutan	53	Rp258,598,272.73	Rp25,513,165.34	Rp284,111,438.07
Baja Tulangan U32 Ulir	99	Rp915,372,930.73	Rp102,633,316.01	Rp1,018,006,246.74
Dinding Sumuran Silinder terpasan, diameter 3,50 m	19	Rp134,963,318.37	Rp2,220,025.55	Rp137,183,343.92
Beton Siklop, fc' 15 Mpa	13	Rp57,072,579.18	Rp9,609,632.06	Rp66,682,211.23
Beton mutu sedang, fc' 30 Mpa	39	Rp948,337,886.91	Rp67,936,987.49	Rp1,016,274,874.39
Beton mutu rendah, fc' 10 Mpa	19	Rp9,861,829.70	Rp624,394.22	Rp10,486,223.92
Perletakan Elastomerik Sintetis Ukuran (600x380x60)	5	Rp69,703,729.52	Rp211,621.77	Rp69,915,351.29
Penyediaan Unit Pracetak Gelagar Tipe I bentang 20 meter	6	Rp485,000,000.00	Rp0.00	Rp485,000,000.00
Pemasangan Unit Pracetak Gelagar Tipe I bentang 20 meter	4	Rp156,983,766.42	Rp2,584,710.06	Rp159,568,476.48

Lanjutan Tabel 5.10 Biaya Material, Biaya Tenaga Kerja dan Peralatan Setiap Pekerjaan Struktur Pada Kondisi Optimis

Pekerjaan	Dmin	Biaya		Biaya Total
		Biaya Material	Biaya Tenaga Kerja dan Peralatan	
Beton Diafragma fc' 30 MPa termasuk pekerjaan penegangan setelah pengecoran (post-tension)	5	Rp21,867,209.31	Rp1,166,279.07	Rp23,033,488.37
Baja Prategang	5	Rp3,597,200.00	Rp42,653,438.30	Rp46,250,638.30
Beton mutu rendah, fc' 15 Mpa	5	Rp99,622,621.94	Rp4,272,978.39	Rp103,895,600.33
Beton mutu sedang, fc' 30 Mpa untuk Lantai Jembatan	4	Rp130,061,428.47	Rp5,733,744.52	Rp135,795,172.99
Pipa Drainase Baja diameter 75 mm	4	Rp2,578,875.00	Rp165,064.98	Rp2,743,939.98
Expansion Joint Aspaltic Plug tipe Fixed	9	Rp67,620,000.00	Rp2,417,194.63	Rp70,037,194.63
Expansion Joint tipe Rubber 1	9	Rp58,236,000.00	Rp2,081,747.21	Rp60,317,747.21
Sandaran (Railing)	8	Rp64,995,630.48	Rp573,925.44	Rp65,569,555.92
Papan Nama Jembatan	7	Rp707,710.00	Rp388,106.60	Rp1,095,816.60
Total				Rp3,948,871,194.19

Sumber: Data Olahan (2019)

C. Perhitungan Biaya Pada Kondisi Pesimis

Pada kondisi pesimis pekerjaan struktur proyek jembatan Pules ini dapat terselesaikan dalam waktu 217 hari. Perhitungan biaya tenaga kerja dan peralatan

pada kondisi pesimis ini dihitung dengan persamaan 3.23.

$$biaya\ proyek\ kondisi\ pesimis = (biaya\ jasa\ sebenarnya) \times \left(\frac{waktu\ pesimis}{waktu\ sebenarnya} \right) \quad (3.23)$$

Misalkan saja untuk pekerjaan A1 (Baja Tulangan Polos 24) pada kondisi normal menghabiskan biaya material sebesar Rp 10.392.730,84 dengan volume pekerjaan 798,6 Kg dan biaya tenaga kerja dan peralatannya adalah Rp.1.291.435,43. Pada kondisi pesimis, biaya tenaga kerja dan peralatannya dihitung dengan cara:

$$\begin{aligned} biaya\ tenaga\ kerja\ dan\ peralatan_{A1} &= (biaya\ tenaga\ kerja\ dan\ peralatan_{A1}\ kondisi\ normal) \times \left(\frac{D_{max}}{durasinormal} \right) \\ &= (Rp1.291.435,43) \times \left(\frac{22}{21} \right) \\ &= Rp1.352.932,35 \end{aligned}$$

Cara yang sama juga digunakan untuk mencari besaran biaya tenaga kerja dan peralatan yang dikeluarkan untuk mengerjakan pekerjaan struktur lainnya. Hasil tersebut ditunjukkan pada Tabel 5.11 ini.

Tabel 5.11 Biaya Material, Biaya Tenaga Kerja dan Peralatan Setiap Pekerjaan Struktur Pada Kondisi Pesimis

Pekerjaan	Dmax	Biaya		Biaya Total
		Biaya Material	Biaya Tenaga Kerja dan Peralatan	
Baja Tulangan U24 Polos	22	Rp10,392,730.84	Rp1,352,932.35	Rp11,745,663.19
Baja Tulangan U24 Polos lanjutan	8	Rp3,464,243.61	Rp491,975.40	Rp3,956,219.01
Beton mutu sedang, fc' 20 Mpa	37	Rp161,623,920.46	Rp17,811,077.69	Rp179,434,998.15
Beton mutu sedang, fc' 20 Mpa lanjutan	58	Rp258,598,272.73	Rp27,920,067.73	Rp286,518,340.46
Baja Tulangan U32 Ulir	107	Rp915,372,930.73	Rp110,926,917.31	Rp1,026,299,848.03

Lanjutan Tabel 5.11 Biaya Material, Biaya Tenaga Kerja dan Peralatan Setiap Pekerjaan Struktur Pada Kondisi Pesimis

Pekerjaan	Dmax	Biaya		Biaya Total
		Biaya Material	Biaya Tenaga Kerja dan Peralatan	
Dinding Sumuran Silinder terpasan, diameter 3,50 m	23	Rp134,963,318.37	Rp2,687,399.35	Rp137,650,717.72
Beton Siklop, fc' 15 Mpa	15	Rp57,072,579.18	Rp11,088,036.99	Rp68,160,616.16
Beton mutu sedang, fc' 30 Mpa	45	Rp948,337,886.91	Rp78,388,831.72	Rp1,026,726,718.62
Beton mutu rendah, fc' 10 Mpa	24	Rp9,861,829.70	Rp788,708.48	Rp10,650,538.18
Perletakan Elastomerik Sintetis Ukuran (600x380x60)	9	Rp69,703,729.52	Rp380,919.19	Rp70,084,648.71
Penyediaan Unit Pracetak Gelagar Tipe I bentang 20 meter	9	Rp485,000,000.00	Rp0.00	Rp485,000,000.00
Pemasangan Unit Pracetak Gelagar Tipe I bentang 20 meter	11	Rp156,983,766.42	Rp7,107,952.65	Rp164,091,719.08
Beton Diafragma fc' 30 MPa termasuk pekerjaan penegangan setelah pengecoran (post-tension)	9	Rp21,867,209.31	Rp2,099,302.32	Rp23,966,511.63
Baja Prategang	9	Rp3,597,200.00	Rp76,776,188.93	Rp80,373,388.93
Beton mutu rendah, fc'	9	Rp99,622,621.94	Rp7,691,361.10	Rp107,313,983.03

Lanjutan Tabel 5.11 Biaya Material, Biaya Tenaga Kerja dan Peralatan Setiap Pekerjaan Struktur Pada Kondisi Pesimis

Pekerjaan	Dmax	Biaya		Biaya Total
		Biaya Material	Biaya Tenaga Kerja dan Peralatan	
15 Mpa				
Beton mutu sedang, fc' 30 Mpa untuk Lantai Jembatan	10	Rp130,061,428.47	Rp14,334,361.30	Rp144,395,789.77
Pipa Drainase Baja diameter 75 mm	10	Rp2,578,875.00	Rp412,662.46	Rp2,991,537.46
Expansion Joint Aspaltic Plug tipe Fixed	18	Rp67,620,000.00	Rp4,834,389.26	Rp72,454,389.26
Expansion Joint tipe Rubber 1	18	Rp58,236,000.00	Rp4,163,494.43	Rp62,399,494.43
Sandaran (Railing)	19	Rp64,995,630.48	Rp1,363,072.92	Rp66,358,703.40
Papan Nama Jembatan	8	Rp707,710.00	Rp443,550.40	Rp1,151,260.40
Total				Rp4,031,725,085.63

Sumber: Data Olahan (2019)

