

## BAB 5

### Analisis dan Pembahasan

#### 5.1 Analisis Data

##### 5.1.1 Analisis *Waste Waiting*

Tabel 5.1 Realisasi Progress Subpekerjaan Material

NO	URAIAN PEKERJAAN	PROGRESS	BULAN 1											
			HARI											
			11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
2	Jasa Pemasangan TUPRO	SCHEDULED					1,02%	1,02%	1,02%	1,02%	1,02%	1,02%	1,02%	1,02%
		ACTUAL								0,00%	0,00%		1,64%	
3	Block Precast TUPRO	SCHEDULED			12,10%	12,10%								
		ACTUAL							6,05%	6,05%	6,05%	6,05%		
4	Batu Pengisi	SCHEDULED	2,70%	2,70%	2,70%	2,70%								
		ACTUAL							2,16%	2,16%	2,16%	2,16%	2,16%	
5	Dinding Cover Wall TUPRO (t0,3m x L1,5m x T6m)	SCHEDULED												
		ACTUAL												

Dari gambar diatas menunjukkan bahwa jadwal kegiatan pengiriman material berupa *Block Precast TUPRO* dan Batu belah tidak sesuai dengan rencana (kotak oranye rencana dan kotak biru realisasi). Dari rencana awal dikirim saat hari ke-13. Tetapi realisasinya terkirim saat hari ke-18. Jadwal Pengiriman keterlambatan ini disebabkan oleh kondisi hujan deras yang menyebabkan truk material tidak dapat akses menuju lokasi. Dengan kondisi medan jalan dengan tanah basah dan menanjak. Sehingga tidak dapat dilalui saat kondisi hujan. Selain hal tersebut menurut realisasi penjadwalan, waktu penggunaan hari untuk pengiriman terencana 2 hari.

Namun, dalam realisasinya membutuhkan 4 hari kerja. Hal ini disebabkan oleh kondisi cuaca hujan deras yang membuat akses jalan menuju lokasi proyek tersebut tanah becek dan membutuhkan waktu lebih lama untuk mencapai lokasi *stockpile* atau area penyimpanan material. Akan tetapi hal ini tidak mempengaruhi penjadwalan proyek secara keseluruhan. Karena kedatangan material dan pekerjaan pemasangan dapat dilakukan secara bersamaan atau paralel.

Akibat dari keterlambatan pengiriman material, waktu mulai kegiatan sub pekerjaan pemasangan TUPRO mengalami keterlambatan selama 4 hari. Keterlambatan ini yang menjadi titik fatal pada proyek ini, diperparah lagi kondisi cuaca yang tidak menentu, membuat kontraktor harus menyediakan *resource* pekerja dan jam lembur lebih besar dari rencana. Agar mencapai target hari penyelesaian proyek. Meskipun begitu, proyek mengalami keterlambatan secara keseluruhan menjadi 31 hari, dimana semula direncanakan selesai 30 hari. Keterlambatan ini sangat berarti dalam pekerjaan proyek karena kontraktor harus membayar kompensasi keterlambatan kepada owner proyek dimana dalam perjanjian kontrak kerja 1 hari keterlambatan dikenakan denda sebesar 0,5% dari nilai proyek.

### **5.1.2 Analisis Waste Overproduction**

Faktor lingkungan berupa kondisi cuaca hujan yang deras. Hal ini mengakibatkan luapan sungai yang tinggi. Kemudian terjadi pekerjaan pengulangan pada pekerjaan tanah, padahal sudah selesai pada minggu



pemasangan benar-benar disetujui oleh manajer QC. Dapat dilihat tabel jadwal realisasi sebagai berikut.

Tabel 5.3 Realisasi Progress Subpekerjaan Pemasangan TUPRO

NO	URAIAN PEKERJAAN	PROGRESS	VOLUME	SATUAN	BOBOT	BULAN 1																			
						HARI																			
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	19	20	21	22	23						
<b>II PEKERJAAN TANAH</b>						<b>10.43%</b>																			
1	Galian Tanah	SCHEDULED	840	M <sup>3</sup>	10.43%		1.30%	1.30%	1.30%	1.30%	1.30%	1.30%	1.30%												
		ACTUAL	1,260		15.64%		1.74%	1.74%	1.74%	1.74%	1.74%	1.74%			0.87%	0.87%			0.87%	0.87%					
<b>III PEKERJAAN PERBAIKAN TUPRO SEKSI SUNGAI</b>						<b>83.26%</b>																			
1	Pembongkaran TUPRO	SCHEDULED	240	UNIT	29.79%									3.31%	3.31%										
		ACTUAL	240		29.79%				3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%												
2	Jasa Pemasangan TUPRO	SCHEDULED	240	UNIT	16.39%													1.02%	1.02%	1.02%	1.02%				
		ACTUAL	240		16.39%													0.00%	0.00%		1.64%	1.64%			

Dalam proyek ini sub kegiatan yang mengalami *waste overproduction* adalah jasa pemasangan TUPRO. Dimana dalam rencana kegiatan tersebut terlaksana dalam 16 hari dengan target produktivitas harian sebesar 1,02%. Namun kenyataannya pekerjaan tersebut terselesaikan dalam 12 hari. Dimana 10 hari kerja efektif dengan progress harian 1,64% dan 2 hari tidak efektif dengan perolehan 0%. Untuk mencapai besaran progress harian tersebut, *manager project* menggunakan 2 grup pekerja. Dimana satu grup pekerja terdiri dari 5 orang. Sehingga total *resources* yang digunakan dalam pekerjaan ini terdiri dari 10 orang pekerja dengan 1 alat berat. Selain menambah jumlah pekerja, *manager project* memutuskan untuk melakukan kerja lembur pada hari-hari menjelang akhir proyek ini. Dimana jam kerja normal 8 jam dalam satu hari kerja, selama masa pelemburan dilakukan kerja selama 11 jam dalam satu hari. Tabel realisasi progress dan hari kerja tertera sebagai berikut.



efisiensi biaya dan efektivitas hari penerapan LPM pada Proyek *Slope Protection* Tahap II Kav. AE-6, MM2100, Bekasi. Perlu diingat bahwa pembahasan ini difokuskan pada pengolahan data terkait perubahan penjadwalan, menurut jawaban dari responden ahil.

### 5.2.1 Solusi *Waste Waiting*

Tabel 5.6 Solusi *Waste Waiting*

Permasalahan	Penyebab	Usulan Solusi	Kapan
<b>Waktu pengiriman material terlambat</b>	kondisi hujan deras yang menyebabkan truk material tidak dapat akses menuju lokasi dengan medan sulit.	Melakukan penjadwalan ulang pada jadwal proyek, dipindahkan sebelum estimasi terjadinya hujan	Saat Perencanaan

Menurut tabel 5.6 disebutkan bahwa permasalahan *waste waiting* disini terletak pada jadwal waktu pengiriman material yang diletakan pada pertengahan menurut rencana. Berikut adalah tabel 5.7 yang menjelaskan keterlambatan pengiriman material akibat cuaca hujan.

Tabel 5.7 Realisasi Progress Subpekerjaan Material

NO	URAIAN PEKERJAAN	PROGRESS	BOBOT	BULAN 1												
				HARI												
				11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
III	PEKERJAAN PERBAIKAN TUPRO SEKSI SUNGAI		83.26%													
1	Pembongkaran TUPRO	SCHEDULED	29.79%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%							
		ACTUAL	29.79%		3.31%	3.31%										
2	Jasa Pemasangan TUPRO	SCHEDULED	16.39%					1.02%	1.02%	1.02%	1.02%	1.02%	1.02%	1.02%	1.02%	
		ACTUAL	16.39%									0.00%	0.00%		1.64%	
3	Block Precast TUPRO	SCHEDULED	24.21%			12.10%	12.10%									
		ACTUAL	24.21%								6.05%	6.05%	6.05%	6.05%		
4	Batu Pengisi	SCHEDULED	10.80%	2.70%	2.70%	2.70%	2.70%									
		ACTUAL	10.80%								2.16%	2.16%	2.16%	2.16%	2.16%	

Dapat diketahui dari tabel, dalam perencanaan awal (kotak oranye) kegiatan pengiriman material *Block Precast* TUPRO dilakukan saat hari ke-13 dan pengiriman batu pengisi dilakukan saat hari ke-11. Akan tetapi dalam realisasinya (kotak biru), pada hari ke-11 terjadi hujan lebat yang mengakibatkan akses jalan yang tidak dapat dilalui karena tanah basah (kotak merah). Sehingga *manajer project* memutuskan untuk dikirim pada keesokan hari setelah melihat kondisi akses jalan bisa dilalui setelah pengeringan. Namun kenyataannya pada hari ke-12 dan 13 kondisi cuaca mendung dan jalan akses masuk proyek belum kering, maka akhirnya diundur hingga hari ke-18 setelah memastikan bahwa akses jalan aman dilalui. Keamanan pada mobilisasi diutamakan agar material yang dikirim tersebut tidak mengalami guncangan sehingga tidak merusak material yang dibawa dan tidak terjatuh saat melewati akses jalan tersebut.

Kegiatan pemasangan TUPRO dapat dilakukan setelah adanya material yang masuk ke dalam *site* proyek. Setelah pengiriman material pertama pada hari ke-18, keesokan harinya memastikan tinggi permukaan air sungai turun. Maka dari itu pekerja dapat melakukan pekerjaan pemasangan TUPRO setelah mendapatkan material dari pengiriman material pada hari ke-18.

Menurut jawaban dari responden ahli menyebutkan bahwa dari pertimbangan situasi cuaca pada area *site* yang ada, mengusulkan jadwal pengiriman material dapat dimulai pada minggu pertama. Untuk kegiatan pengiriman material, sebetulnya cukup menurunkan material proyek dari truk

tronton kepada lokasi *stockpile*. Sehingga dapat dilakukan meski pada hari tersebut terdapat ada aktivitas lain. Dengan kondisi area *site* proyek tersebut tidak basah tanahnya dan jalan akses bisa dilalui dengan aman. Seharusnya dilakukan saat cuaca cerah. (Pandu; 2021). Berikut adalah hasil olah data pada pemindahan jadwal material rencana sesuai usulan dari *Project manager* dengan asumsi penerapan hari pekerjaan tidak dilakukan. (kotak merah) dikarenakan kondisi lingkungan. Karena tujuan akhir dari pengusulan perubahan penjadwalan ini agar proyek dapat diselesaikan dengan biaya proyek keseluruhan tidak mengalami pembengkakan biaya.

Tabel 5.8 Usulan pemindahan jadwal material

NO	URAIAN PEKERJAAN	PROGRESS	BULAN 1																
			HARI																
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13				
<b>III PEKERJAAN PERBAIKAN TUPRO SEKSI SUNGAI</b>																			
1	Pembongkaran TUPRO	SCHEDULED												3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%
		USULAN				3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%
2	Jasa Pemasangan TUPRO	SCHEDULED																	
		USULAN					1.02%	1.02%	1.02%	1.02%	1.02%	1.02%	1.02%	1.02%	1.02%	1.02%	1.02%	1.02%	1.02%
3	Block Precast TUPRO	SCHEDULED																	12.10%
		USULAN	12.10%	12.10%															12.10%
4	Batu Pengisi	SCHEDULED																	
		USULAN	2.70%	2.70%	2.70%	2.70%													

Dari tabel 5.9 diketahui bahwa akibat dari perpindahan penjadwalan pengiriman material, jadwal pemasangan TUPRO mengalami kemajuan jadwal rencana yang dimulai pada hari ke-15. Saat ini dimajukan pada hari ke-5 bersamaan dengan aktivitas pembongkaran TUPRO.

Menurut *manager project*, sebetulnya kegiatan pemasangan dapat dilakukan 1 hari setelah pembongkaran. Karena dalam aktualnya untuk membongkar TUPRO eksisting, hanya membutuhkan 1 jam untuk membongkar 15 unit. Dimana target pemasangan perharinya sebesar 15



unit/hari. Maka dari itu aktivitas ini dilakukan secara paralel dengan penambahan jam lembur 1 jam (Pandu, 2021).

### 5.2.2 Solusi *Waste Overproduction*

Tabel 5.9 Solusi *Waste Overproduction*

Permasalahan	Penyebab	Usulan Solusi	Kapan
<b>Pekerjaan tanah saat pembendungan air berulang karena luapan air sungai</b>	Kondisi cuaca hujan deras dalam waktu lama menjadi penyebab terjadinya air sungai meluap. Sehingga pekerja tidak dapat bekerja.	Melakukan penjadwalan ulang, (Reschedule) dengan pengerjaan dilakukan secara paralel dan <i>resources</i> merata	Saat perencanaan
<b>Pekerjaan pemasangan lebih lambat dari rencana karena butuh 2 hari untuk <i>trial and error</i></b>	Pekerja lapangan belum berpengalaman melakukan pekerjaan pemasangan TUPRO	Mencari pekerja yang sudah pernah mengerjakan pekerjaan serupa (berpengalaman)	Sebelum pekerjaan
<b>Kendala pada cuaca hujan yang deras. akibatnya muka air tinggi sehingga tidak dapat melakukan pekerjaan pemasangan TUPRO</b>	Kondisi cuaca hujan deras dalam waktu lama menjadi penyebabnya	Melakukan penjadwalan ulang, (Reschedule)	Saat Perencanaan
		Melakukan percepatan pekerjaan saat hari cerah dengan melemburkan jam kerja / menambah <i>manpower</i>	Saat pekerjaan



Dari tabel tersebut terlihat bahwa, menurut perencanaan eksisting pekerjaan tersebut dapat terlaksana setelah menyelesaikan pekerjaan satu dengan yang lainnya secara berkesinambungan dengan hubungan *First Start*, pengurangan *lead time* selama 2 hari. Menurut direktur teknik PT.TBI menyebutkan bahwa pekerjaan kritis ini sebetulnya dapat dilakukan secara paralel. Akan tetapi, karena perencanaan penjadwalan untuk pengiriman material dilakukan pada hari ke-12 s.d ke-14, maka dari itu untuk pekerjaan pemasangan TUPRO harus menunggu sampai tanggal yang sesuai. Selain itu dalam perencanaan, dikarenakan faktor kendala cuaca tidak dimasukkan dalam perencanaan, sehingga terdapat hari yang tidak dapat bekerja dikarenakan air sungai meluap akibat hujan deras. Akibatnya berpengaruh pada hari penyelesaian proyek yang terlambat dari rencana kerja awal dan untuk mengejar hari keterlambatan pekerjaan tersebut, kontraktor harus membayar upah lebih untuk pekerjaan lembur kepada pekerja lapangan dan operator *excavator* yang bekerja. (Makmur, 2021).

Dari hasil questioner, terdapat dua solusi yang dapat diberikan untuk mengatasi permasalahan *overproduction* akibat cuaca hujan. Antara lain, perubahan jadwal proyek dan melakukan percepatan pekerjaan dengan melemburkan pekerjaan saat pemasangan Tupro dalam kondisi cuaca cerah dan melakukan *rescheduling* dengan memindahkan pekerjaan tersebut kepada hari yang tidak berpotensi terjadi hujan atau air sungai meluap. Menurut *manager project*, Pak Pandu mengatakan bahwa percepatan pekerjaan dengan melemburkan jam kerja memiliki resiko yang

tinggi. Antara lain visibilitas yang buruk dilakukan pekerjaan dalam kondisi gelap dan resiko terkena gigitan oleh hewan buas setempat seperti biawak dan ular. Karena hewan buas tersebut sering kali terlihat pada malam hari terutama pekerjaan lembur yang dilaksanakan hingga jam 9 malam. Oleh karena itu menyarankan untuk melakukan *rescheduling* pekerjaan saat kondisi hari cerah dengan pekerjaan dilaksanakan secara paralel dan pengiriman material yang dilakukan pada awal proyek. Agar tidak perlu melakukan pekerjaan lembur hingga malam, cukup menggunakan jam kerja normal untuk penyelesaian pekerjaan.

Berikut adalah usulan hasil penjadwalan ulang pada subpekerjaan pekerjaan tanah, Pembongkaran Tupro dan Pemasangan Tupro menurut jawaban questioner dan hasil wawancara dengan *manager project*.

Tabel 5.11 Usulan Perubahan Jadwal pada subpekerjaan kritis

NO	URAIAN PEKERJAAN	PROGRESS	BULAN 1									
			HARI									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>II PEKERJAAN TANAH</b>												
1	Galian Tanah (A21m2 x P40m)	SCHEDULED		1.30%	1.30%	1.30%	1.30%	1.30%	1.30%	1.30%	1.30%	1.30%
		USULAN		2.61%	2.61%	2.61%	2.61%					
<b>III PEKERJAAN PERBAIKAN TUPRO SEKSI SUNGAI</b>												
1	Pembongkaran TUPRO	SCHEDULED								3.31%	3.31%	3.31%
		USULAN				3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%
2	Jasa Pemasangan TUPRO	SCHEDULED										
		USULAN						1.02%	1.02%	1.02%	1.02%	1.02%
3	Block Precast TUPRO	SCHEDULED										
		USULAN				12.10%	12.10%					
4	Batu Pengisi	SCHEDULED										
		USULAN		2.70%	2.70%	2.70%	2.70%					

Tabel diatas merupakan usulan perubahan jadwal menurut solusi dari *questioner* yang telah diajukan kepada responden ahli. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya mengenai solusi *waiting*, penjadwalan untuk pengiriman material diletakan pada hari ke-2 proyek. Sehingga karena

terjadi kemajuan hari dalam pengiriman material, pekerjaan yang terpengaruh dari kegiatan tersebut mengalami kemajuan. Termasuk pekerjaan tanah. Sehingga dalam penjadwalan proyek usulan tidak terjadi hari kerja non aktif akibat menunggu pekerjaan yang belum selesai dengan *lead time* – 2 hari, pekerjaan tanah mengalami percepatan. Yang menurut realisasi 6 hari selesai, dipangkas menjadi 4 hari. Tentu keputusan ini mengharuskan melakukan pelemburan kerja selama 2 hari (kotak merah). Menurut *manager project*, percepatan yang dilaksanakan 2 hari ini cukup melemburkan pekerjaan 2 jam saja untuk setiap hari kerja tanah selama 2 hari. Dan pekerjaan tanah tersebut dilaksanakan menggunakan *excavator* saja tanpa perlu pekerja langsung turun selama pekerjaan yang dilakukan malam hari. Maka dari itu resiko terkena gigitan dari hewan buas dapat dihindari. Selain itu dalam melakukan pekerjaan diberi lampu penerangan untuk meningkatkan visibilitas saat hari gelap (Pandu, 2021).

Tabel 5.12 Aktivitas hari ke-11 s.d ke-22

NO	URAIAN PEKERJAAN	PROGRESS	BULAN 1										
			HARI										
			11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
<b>II PEKERJAAN TANAH</b>													
1	Galian Tanah (A21m2 x P40m)	SCHEDULED											
		USULAN											
<b>III PEKERJAAN PERBAIKAN TUPRO SEKSI SUNGAI</b>													
1	Pembongkaran TUPRO	SCHEDULED	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%					
		USULAN		3.31%	3.31%								
2	Jasa Pemasangan TUPRO	SCHEDULED					1.02%	1.02%	1.02%	1.02%	1.02%	1.02%	1.02%
		USULAN		1.02%	1.02%						1.02%	1.02%	1.02%

Setelah aktivitas pekerjaan tanah dimajukan pada hari ke-2 dan pekerjaan pemasangan TUPRO dimajukan pada hari ke-6, pada hari ke-19 tidak ada pekerjaan tanah berulang yang harus dilaksanakan. Hal ini terjadi

karena dari hari ke-6 s.d hari ke-13 telah dilaksanakan pekerjaan pemasangan TUPRO, secara subpekerjaan progress tercapai 44% dengan kondisi quantities yang terukur dalam pemasangan sebesar 105 unit (tabel 4.25). Menurut *project manager*, pemasangan blok Tupro sampai 100 unit sudah cukup untuk melakukan pemasangan pada saat kondisi sungai meluap. Karena pemasangan blok Tupro sebanyak 100 unit sudah mencakup pemasangan yang dilakukan pada bagian pondasi yang terendam apabila terjadi peluapan air sungai pada area tersebut.

Tabel 5.13 Progress Subpekerjaan Pemasangan Tupro sampai hari ke-13

NO	URAIAN PEKERJAAN	PROGRESS	VOLUME	SATUAN	BULAN 1													PROGRESS COMULATIVE	
					HARI														
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
PEKERJAAN PERBAIKAN TUPRO SEKITAR SUNGAI																			
2	Jasa Pemasangan TUPRO	SCHEDULED	240	UNIT															
		USULAN	205								1,02%	1,02%	1,02%	1,02%	1,02%		1,02%	1,02%	44%

Dengan penerapan usulan *rescheduling* ini permasalahan yang terjadi untuk mengatasi *waste overproduction* yang disebabkan oleh cuaca hujan teratasi. Pada pemasangan Tupro saat realisasi memerlukan memanfaatkan jam lembur untuk percepatan pekerjaan, dalam usulan ini karena pekerjaan yang dilakukan dioptimalkan saat cuaca cerah, pembagian target progress kerja terbagi secara merata menurut jam kerja normal 8 jam. Oleh karena itu pada bagian subpekerjaan pemasangan Tupro permasalahan *waste* karena kendala cuaca telah teratasi.

Penyebab lain dari *waste overproduction* adalah penggunaan SDM yang baru berpengalaman dalam pekerjaan pemasangan Tupro. Sehingga dalam realisasi terjadi keterlambatan 2 hari karena hari tersebut

dimanfaatkan untuk kegiatan uji coba untuk pembelajaran dan tidak terjadi peningkatan progres pekerjaan karena tidak terjadinya pemasangan Tupro yang sudah di acc oleh manager QC. Menurut manager QC, untuk saran perbaikan kedepannya permasalahan ini dapat diatasi dengan penempatan minimal dua orang tukang yang telah berpengalaman dalam tim kerja dalam vendor ini. Sehingga pekerja baru dapat mempelajari cara kerja dari tukang yang berpengalaman tersebut untuk mencegah terjadinya hari tanpa kemajuan progres (Jajang, 2021).

### **5.3 Analisis Usulan Penjadwalan Baru**

Dari solusi-solusi yang telah dibahas pada subbab sebelumnya, untuk menerapkan solusi dari waste, diperlukan *reschedule* ulang beberapa sub aktivitas menurut jawaban kuesioner dari 3 responden ahli maupun hasil wawancara. Subbab ini difokuskan pada pengolahan data pembuatan jadwal yang sebelumnya.

Tujuan dari penerapan LPM dalam proyek adalah untuk mengefektifkan dan mengefisiensikan pekerjaan dengan pengurangan waste sehingga proyek dapat diselesaikan dalam waktu dan sumber daya terencana [Leach, 2005]. Metode yang digunakan untuk penjadwalan adalah *Critical Chain Project Management* (CCPM). Metode ini bekerja dengan cara selama proyek berjalan memonitor *project buffer* dan *feeding buffer* pada jadwal, sehingga pekerjaan terkontrol sesuai jadwal.

Dalam membuat penjadwalan ulang menggunakan metode CCPM pada proyek *slope protection* ini, diolah data kuantitatif yang didapatkan dari proyek. Diantaranya, *master schedule* dan rencana progress harian (Lampiran B). Data tersebut berisi suatu rangkaian diagram jaringan kerja berupa *bar chart* yang menggambarkan keterkaitan kegiatan satu sama lain untuk mencapai penyelesaian proyek sesuai waktu yang ditentukan.

Dalam mengembangkan jadwal dengan metode CCPM, langkah pertama yang perlu dilakukan adalah menghilangkan waktu pengaman (*hidden safety*) dengan menggunakan 50% probabilitas waktu pelaksanaan untuk menyelesaikan setiap pekerjaan dengan mengikuti aturan *predecessor* atau kegiatan pendahulu yang diketahui dari data kuantitatif. Berikut adalah tabel keterkaitan kegiatan sub proyek dan hasil pengolahan data usulan penjadwalan dengan menghilangkan *waste* proyek.

Tabel 5.14 Hubungan keterkaitan pekerjaan pada penjadwalan proyek

Item Pekerjaan	Durasi (Hari)	<i>Predecessor</i>
Slope Protection II	30	
Persiapan Pekerjaan	1	
1. Direksi Kit	1	
2.Persiapan dan Pembersihan	1	1SS
3.Mobilisasi	1	1SS
Pekerjaan Tanah	8	
4.Galian Tanah	8	3FS
Perbaikan TUPRO	23	
5.Pembongkaran	9	4FS - 2 Days
6.Jasa Pemasangan	16	5FS - 2Days dan 7FS



7.Block Precast TUPRO	2	
8.Batu Pengisi	4	
9.Dinding Cover Wall	2	6 FF

*Predecessor* berarti kegiatan pendahulu yang masing-masing subpekerja telah ditentukan menurut data kuantitatif yang diberikan. SS (*Start to Start*) berarti kegiatan yang dapat dimulai secara bersamaan, FS (*First to Start*) berarti kegiatan yang dapat dilakukan setelah menyelesaikan pekerjaan yang sebelumnya, dan FF (*Finish to Finish*) berarti kegiatan yang diselesaikan secara bersamaan. “-” menunjukkan *lead time* atau waktu inisiasi merupakan waktu minimum yang dapat dimulai setelah kegiatan *predecessor* dilaksanakan. Dalam pembuatan usulan penjadwalan, tidak terlepas dari aturan kegiatan pendahulu yang diketahui dari data kuantitatif. Sehingga menghasilkan pengolahan usulan jadwal yang sesuai dengan aturan penjadwalan proyek ini.

Tabel 5.15 Penjadwalan Usulan

MASTER SCHEDULE PROYEK																																				
PROYEK SLOPE PROTECTION TAHAP II, KAV. AE-6																																				
BeFa - MM2100																																				
NO	URAIAN PEKERJAAN	O L U M	A T U A	BULAN 1																												PROGRESS COMULATIVE				
				HARI																																
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28		29	30		
<b>I PERSIAPAN PEKERJAAN</b>																																				
1	Direksi Kit	1	LS	2.12%																															100%	
2	Persiapan dan Pembersihan	1	LS	2.12%																															100%	
3	Mobilisasi	1	LS	2.07%																															100%	
<b>II PEKERJAAN TANAH</b>																																				
1	Galian Tanah	840	M		2.61%	2.61%	2.61%	2.61%																											100%	
<b>III PEKERJAAN PERBAIKAN TUPRO SEKSI SUNGAI</b>																																				
1	Pembongkaran TUPRO	240	UNIT				3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%																						100%	
2	Jasa Pemasangan TUPRO	240	UNIT						1.02%	1.02%	1.02%	1.02%	1.02%	1.02%																					100%	
3	Block Precast TUPRO	78	UNIT				12.10%	12.10%																											100%	
4	Batu Pengisi	180	M		2.70%	2.70%	2.70%	2.70%																											100%	
5	Dinding Cover	1	LS																														1.03%	1.03%		100%
<b>1 SCHEDULED</b>																																				
				6.31%	5.31%	5.31%	20.72%	20.72%	4.33%	4.33%	4.33%	4.33%	4.33%	0.00%	4.33%	4.33%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.02%	1.02%	0.00%	1.02%	1.02%	1.02%	1.02%	1.02%	1.02%	2.06%	2.06%	0.00%	0.00%
<b>2 KUMULATIF</b>																																				
				6.31%	11.62%	16.93%	37.65%	58.37%	62.71%	67.04%	71.38%	75.71%	80.04%	80.04%	84.38%	88.71%	88.71%	88.71%	88.71%	88.71%	88.71%	88.71%	88.71%	89.74%	90.76%	90.76%	91.79%	92.81%	93.83%	94.86%	95.88%	97.94%	100.00%	100.00%	100.00%	

Keterangan: Kotak Hijau = Rencana kerja, kotak merah = Hari yang tidak dapat bekerja karena cuaca

Dari pengolahan jadwal usulan ini dapat diketahui bahwa penyelesaian proyek secara keseluruhan menjadi 28 hari menurut hasil pengolahan data 4.2.2 Usulan Solusi *Waste*. Pengusulan penjadwalan berdasarkan identifikasi *waste* yang berpedoman pada waktu hujan secara aktual yang terjadi, penghapusan proses *trial and error* selama proyek dan pencapaian progress harian yang disesuaikan dengan jam kerja normal, diusahakan seminimum mungkin adanya pelemburan jam kerja untuk menghindari *waste overproduction*. Pembuatan usulan penjadwalan ulang ini dilakukan atas usulan yang diberikan dari para responden ahli dari PT. Tupro Bangun Indonesia.

Langkah pertama dengan pembuatan penjadwalan proyek CCPM adalah membuat hubungan keterkaitan pekerjaan yang dihilangkan *safety time* dari tiap pekerjaan dengan menggunakan 50% probabilitas dari waktu pekerjaan untuk menyelesaikan setiap pekerjaan. Berikut adalah tabel durasi dari aktivitas setelah dihilangkan dengan probabilitas 50%.

Tabel 5.16 Durasi 50% Probabilitas Pekerjaan

Item Pekerjaan	Durasi (Hari)	<i>Predecessor</i>
Slope Protection II	15	
Persiapan Pekerjaan	1	
1. Direksi Kit	0,5	
2.Persiapan dan Pembersihan	0,5	1SS
3.Mobilisasi	0,5	1SS
Pekerjaan Tanah	2	
4.Galian Tanah	2	3FS
Perbaikan TUPRO	12	

5.Pembongkaran	5	4FS - 2 Days
6.Jasa Pemasangan	8	5FS - 2Days dan 7FS
7. <i>Block Precast TUPRO</i>	1	
8.Batu Pengisi	2	
9.Dinding Cover Wall	1	6 FF

Setelah mengurangi durasi setiap pekerjaan sebesar 50%, dilakukan pembuatan tabel durasi keterkaitan khusus kegiatan kritis atau *critical chain*. Dimana pemilihan kegiatan *critical chain* dari *predecessor* hanya pada kegiatan yang bersifat FS (*First to Start*) yang dimana kegiatan tersebut dapat dilakukan setelah kegiatan sebelum telah selesai. Penentuan *Critical Chain* sangat diperlukan sebab pekerjaan-pekerjaan ini berpengaruh terhadap keterlambatan penyelesaian proyek. Maka dari itu, dibuat *Project buffer* untuk melindungi keterlambatan proyek tersebut dengan asumsi memberikan waktu pengaman sebesar 50%. Perhitungan besaran *project buffer* dihitung 50% dari rantai krisis. (*cut and paste method*).

$$\text{Project Buffer} = 50\% \times \text{Panjang Rantai Kritis}$$

Tabel 5.17 Total Panjang Rantai Kritis

Item Pekerjaan	Durasi (Hari)	<i>Predecessor</i>
3.Mobilisasi	1	1SS
4.Galian Tanah	2	3FS
5.Pembongkaran	2	4FS - 2 Days
6.Jasa Pemasangan	16	5FS - 2Days dan 7FS
Total	21	

$$\begin{aligned}
 \text{Project Buffer} &= 50\% \times \text{Panjang Rantai Kritis} \\
 &= 50\% \times 21 \\
 &= 10,5 \text{ (11 Hari)}
 \end{aligned}$$

Tahap berikut dari pengembangan penjadwalan ini adalah dengan memasukan *Feeding Buffer* ke dalam penjadwalan proyek. Tujuan dari memasukkan *Feeding Buffer* ini adalah untuk melindungi pekerjaan – pekerjaan yang berada pada *Critical Chain* dari perubahan yang terjadi disebabkan keterlambatan pada pekerjaan-pekerjaan *Noncritical*.

*Feeding buffer* disisipkan dalam penjadwalan pada persimpangan antara pekerjaan *critical chain* dan *noncritical chain*. Besarnya ukuran dari *feeding buffer* ini dengan cara 50% dari panjang rantai non kritis. Berikut adalah penentuan *Feeding Buffer* dalam penjadwalan *critical chain* pada pekerjaan non kritis:

$$\begin{aligned}
 \text{Feeding Buffer} &= \Sigma \text{ durasi (Direksi kit+persiapan+Material+Dinding)} \times 50\% \\
 &= (0,5+0,5+1+2+1) \times 50\% \\
 &= (5) \times 50\% \\
 &= 2,5 \text{ Hari}
 \end{aligned}$$

Penerapan CCPM pada penjadwalan proyek, bukan berarti pekerjaan tersebut terlaksana lebih cepat. Melainkan tetap sama. Metode ini aplikasinya memangkas waktu proyek awal yang dikonversi kedalam *buffer time*, sehingga pihak pekerja maupun perencana mampu mengatur penjadwalan selama proyek berjalan secara lebih ketat. Berikut adalah hasil pengolahan penjadwalan usulan menggunakan metode CCPM.

Tabel 5.18 Penjadwalan Usulan dengan Metode CCPM

<p style="text-align: center;"><b>USULAN SCHEDULE PROYEK</b>  <b>PROYEK SLOPE PROTECTION TAHAP II, KAV. AE-6</b>  <b>BeFa - MM2100</b></p>																														
NO	URAIAN PEKERJAAN	BULAN 1																												
		HARI																												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
<b>I PERSIAPAN PEKERJAAN</b>																														
1	Direksi Kit	█																												
2	Persiapan dan Pembersihan	█																												
3	Mobilisasi	█																												
<b>II PEKERJAAN TANAH</b>																														
1	Galian Tanah	█	█																											
<b>III PEKERJAAN PERBAIKAN TUPRO SEKSI SUNGAI</b>																														
1	Pembongkaran TUPRO		█	█	█	█	█																							
2	Jasa Pemasangan TUPRO																													
3	Block Precast TUPRO																													
4	Batu Pengisi																													
5	Dinding Cover Wall																													
6	Project Buffer																													
7	Feeding Buffer																													

Keterangan: Kotak Hijau = Rencana kerja, kotak merah = Hari yang tidak dapat bekerja karena cuaca

Dari tabel 5.18 diketahui bahwa waktu penyelesaian tetap sama dengan tabel 5.17 usulan penjadwalan baru. Secara keseluruhan, proyek tersebut dapat diselesaikan dalam 28 Hari. Perbedaan setelah penerapan metode CCPM adalah metode tersebut meletakkan waktu penyangga/*buffer time* sebagai pengganti waktu pengaman pada akhir proyek. Karena di dalam perencanaan awal, waktu pengaman sudah diletakan pada setiap sub pekerjaan yang direncanakan. Akibatnya adalah dari pihak pekerja maupun pengendali proyek, mengira bahwasanya pekerjaan tersebut dalam penjadwalan masih terdapat waktu yang lama. Akibatnya terjadinya *student syndrome* yang menyebabkan bahwa pekerjaan dapat dilaksanakan menjelang batas akhir waktu sub pekerjaan. Padahal, dalam kondisi proyek konstruksi banyak faktor yang dapat menghambat waktu penyelesaian pekerjaan. Antara lain faktor internal dan faktor eksternal. Seperti yang telah dibahas pada subbab sebelumnya, untuk proyek yang diteliti faktor eksternal, khususnya kondisi cuaca sangat dominan dalam keterlambatan pekerjaan. Oleh karena itu dengan perencanaan yang lebih matang, serta mengaplikasikan evaluasi dari proyek yang serupa sebelumnya, pihak *management* perusahaan dapat membuat penjadwalan dengan identifikasi potensi *waste* yang akan terjadi. Dimana datanya dapat dilihat dari proyek sebelumnya yang telah terlaksana.

Pada subbab berikutnya akan dijelaskan mengenai efektivitas dan efisiensi biaya untuk penerapan usulan penjadwalan baru. Dengan melakukan komparasi atau perbandingan dengan sebelum dan sesudah.

#### 5.4 Analisis Efektivitas dan Efisiensi Biaya

Pada subbab ini dilakukan pengolahan data untuk membandingkan biaya proyek dan waktu penyelesaian proyek, antara lain:

1. Penjadwalan eksisting vs realisasi
2. Penjadwalan eksisting vs usulan
3. Penjadwalan realisasi vs usulan

Tujuan dari komparasi tersebut untuk mengetahui seberapa efektif dan efisien apabila LPM diterapkan dalam proyek yang diteliti. Dalam hal ini penerapan LPM difokuskan pada evaluasi proyek yang telah berjalan untuk identifikasi *waste* dan aplikasi dari usulan solusi. Dalam hal ini seperti yang telah dibahas penerapan usulan solusi *waste* ini berfokus pada perubahan penjadwalan proyek. Sehingga acuan untuk menentukan kelayakan penerapan metode LPM ini dilihat dari penentuan efektivitas dan efisiensi biaya yang akan dibahas pada subbab ini. Berikut adalah komparasi penjadwalan eksisting dengan realisasi.






Menurut komparasi penjadwalan eksisting dengan realisasi diatas terlampir bahwa proyek ini diselesaikan dalam waktu 31 hari secara keseluruhan. Dimana seperti yang telah dibahas pada subbab identifikasi *waste*, keterlambatan pada titik kritis terjadi disebabkan oleh penjadwalan pada pengiriman material yang diletakan pada pertengahan proyek. Hal ini dikarenakan dalam perencanaan eksisting tidak dimasukan faktor cuaca dalam perencanaan proyek. Maka dari itu dalam realisasinya terdapat beberapa hari yang dipercepat pekerjaannya dengan menambah jam kerja lembur dari yang normal 8 jam menjadi 11 jam kerja.

Kotak merah menggambarkan hari yang tidak dapat bekerja. Adanya hari yang tidak dapat bekerja dikarenakan kondisi sungai pada lokasi proyek terjadi luapan air. Sehingga pekerja tidak dapat bekerja. Dalam pengestimasi jadwal eksisting, hari yang tidak dapat bekerja tidak dimasukan dalam perencanaan. Melainkan *safety time* sebesar 50%. Padahal *safety time* tersebut hanya termasuk faktor kelelahan pekerja maupun operator lapangan. Tidak dimasukan faktor eksternal seperti cuaca yang menyebabkan sampai tidak kerja.

Kalkulasi komparasi biaya yang diperhitungkan difokuskan pada *variable cost* seperti pembayaran upah harian operator dan pekerja lapangan. Untuk *fixed cost* seperti material tidak dapat dirubah. Karena dalam proyek sudah ditentukan kualitas dan spesifikasi yang digunakan harus sesuai dengan tertera di surat kontrak. Berikutnya akan diuraikan komparasi biaya proyek.

Tabel 5.20 Komparasi Biaya Proyek Eksisting dengan Realisasi

 <b>PT. Tupro Bangun Indonesia</b> <b>RAB - REALISASI VS EXISTING</b> <b>Pekerjaan Slope Protection Tahap II AE-6</b> <b>Lokasi: MM2100, BEKASI (PT. BEFA, Tbk)</b> <b>Periode : OKTOBER 2020</b>				REALISASI		EKSISTING		BIAYA LEMBUR
No	Nama Material/Pekerjaan	Harga Satuan (Rp)	Satuan	Volume	Jumlah Harga (Rp)	Volume	Jumlah Harga (Rp)	
<b>1</b>	<b>PERSIAPAN PEKERJAAN</b>							
1.1	Direksi Kit	10,260,000	Ls	1	10,260,000	1	10,260,000	
1.1.1	Manpower + Mandor	175,000	Orang	3	525,000	3	525,000	
1.1.2	Jasa Excavator PC200	3,000,000	Hari	1	3,000,000	1	3,000,000	
1.1.3	Sewa Kontainer 20 feet 1 Bulan	6,735,000	Unit	1	6,735,000	1	6,735,000	
1.2	Persiapan dan Pembersihan	10,260,000	Ls	1	10,260,000	1	10,260,000	
1.2.1	Manpower + Mandor	250,000	Orang	3	750,000	3	750,000	
1.2.2	Jasa Excavator PC200	3,000,000	Hari	1	3,000,000	1	3,000,000	
1.2.3	Koordinasi LSM setempat	3,255,000	Orang	2	6,510,000	2	6,510,000	
1.3	Mobilisasi	10,000,000	Ls	1	10,000,000	1	10,000,000	
1.3.1	Mob-demob TRUK Excavator PC200	3,500,000	Truk	1	3,500,000	1	3,500,000	
1.3.2	Koordinasi Satpam Kawasan	2,000,000	Orang	2	4,000,000	2	4,000,000	
1.3.3	Koordinasi Pengamanan Alat Berat	2,500,000	Orang	1	2,500,000	1	2,500,000	
<b>2</b>	<b>PEKERJAAN TANAH</b>							
2.1	Galian Tanah (A21m2 x P40m)	60,000	M <sup>3</sup>	1,260	72,700,000	840	50,400,000	
2.1.1	Jasa Excavator PC200	3,500,000	Hari	12	42,000,000	8	28,000,000	
2.1.2	Manpower + Mandor (3 Orang)	500,000	Hari	12	6,000,000	8	4,000,000	
2.1.3	Jasa Ukur Tanah Metode Theodolite (Mingguan)	5,800,000	Ls	1	5,800,000	1	5,800,000	
2.1.4	Truk Tronton Pengangkut Tanah	15,000	M <sup>3</sup>	1,260	18,900,000	840	12,600,000	
<b>3</b>	<b>PEKERJAAN PERBAIKAN TUPRO SEKSI SUNGAI</b>							
3.1	Pembongkaran TUPRO	600,000	Unit	240	144,000,000	240	144,000,000	
3.1.1	Manpower + Mandor (10 Orang)	12,000,000	Hari	9	108,000,000	9	108,000,000	
3.1.2	Jasa Excavator PC200	3,500,000	Hari	9	31,500,000	9	31,500,000	
3.1.3	Konsumsi	4,500,000	Ls	1	4,500,000	1	4,500,000	
3.2	Jasa Pemasangan TUPRO	330,000	Unit	240	89,700,000	240	79,200,000	
3.2.1	Manpower + Mandor (10 Orang)	1,250,000	Hari	12	30,000,000	16	20,000,000	2,500,000
3.2.2	Jasa Excavator PC200	3,500,000	Hari	12	55,200,000	16	56,000,000	4,600,000
3.2.3	Konsumsi	3,200,000	Ls	1	4,500,000	1	3,200,000	4,500,000
3	Block Precast TUPRO	1,500,000	Unit	78	117,000,000	78	117,000,000	
4	Batu Pengisi	290,000	M <sup>3</sup>	180	52,200,000	180	52,200,000	
5	Dinding Cover Wall TUPRO (t0,3m x L1,5m x T6m)	10,000,000	Ls	1	10,000,000	1	10,000,000	
3.5.1	Material Ready Mix Semen K-225	3,500,000	Ls	1	3,500,000	1	3,500,000	
3.5.2	Bekisting Plat Besi dan Hollow	1,500,000	Ls	1	1,500,000	1	1,500,000	
3.5.3	Jasa Excavator PC200	1,000,000	Hari	2	2,000,000	2	2,000,000	
3.5.4	Manpower + Mandor (5 Orang)	1,500,000	Hari	2	3,000,000	2	3,000,000	
				Jumlah	<b>516,120,000</b>		<b>483,320,000</b>	
Terbilang : Lima Ratus Enam Puluh Tujuh Juta Tujuh Ratus Tiga Puluh Dua Ribu Rupiah				PPN 10%	<b>51,612,000</b>		<b>48,332,000</b>	
				Total	<b>567,732,000</b>		<b>531,652,000</b>	

Tabel diatas menunjukkan perhitungan komparasi biaya realisasi dengan eksisting. Perbedaan realisasi dengan eksisting terletak pada volume kerja yang dihasilkan. Untuk komparasi diatas perbedaan biaya yang menjadi penyebab waste terletak pada subpekerjaan tanah dan pemasangan Tupro.

Berikut adalah tabel rincian subpekerjaan tanah yang menjelaskan perbedaan biaya karena terdapat *waste overproduction* pada hari kerja dan volume pekerjaan melebihi yang ditentukan.

Tabel 5.21 Komparasi Biaya Subpekerjaan Tanah

No	Nama Material/Pekerjaan	Harga Satuan (Rp)	Satuan	REALISASI		EKSISTING	
				Volume	Jumlah Harga (Rp)	Volume	Jumlah Harga (Rp)
<b>2</b>	<b>PEKERJAAN TANAH</b>						
2.1	Galian Tanah (A21m2 x P40m)	60.000	M <sup>3</sup>	1.260	72.700.000	840	50.400.000
2.1.1	Jasa Excavator PC200	3.500.000	Hari	12	42.000.000	8	28.000.000
2.1.2	Manpower + Mandor (3 Orang)	500.000	Hari	12	6.000.000	8	4.000.000
2.1.3	Jasa Ukur Tanah Metode Theodolite (Mingguan)	5.800.000	Ls	1	5.800.000	1	5.800.000
2.1.4	Truk Tronton Pengangkut Tanah	15.000	M <sup>3</sup>	1.260	18.900.000	840	12.600.000

Dalam realisasi diketahui bahwa jumlah biaya yang dikeluarkan adalah Rp. 72.700.000 sedangkan perencanaan eksisting sebesar Rp. 50.400.000 perbedaan biaya ini disebabkan oleh perubahan hari kerja *Excavator*, *manpower* dan Truk Tronton Pengangkut Tanah dari rencana eksisting. Seperti yang telah dijelaskan subbab sebelumnya, penambahan hari kerja pada sub pekerjaan ini disebabkan oleh kondisi hujan yang terus menerus. Akibatnya terjadi *waste overproduction* pada kegiatan tersebut, dimana harus melakukan pekerjaan yang berulang agar pekerjaan selanjutnya pemasangan Tupro dapat berjalan.

Tabel 5.22 Komparasi Biaya subpekerjaan Pemasangan Tupro

No	Nama Material/Pekerjaan	Harga Satuan (Rp)	Satuan	REALISASI		EKSISTING		BIAYA LEMBUR
				Volume	Jumlah Harga (Rp)	Volume	Jumlah Harga (Rp)	
3.2	Jasa Pemasangan TUPRO	330.000	Unit	240	89.700.000	240	79.200.000	
3.2.1	Manpower + Mandor (10 Orang)	1.250.000	Hari	12	30.000.000	16	20.000.000	2.500.000
3.2.2	Jasa Excavator PC200	3.500.000	Hari	12	55.200.000	16	56.000.000	4.600.000
3.2.3	Konsumsi	3.200.000	Ls	1	4.500.000	1	3.200.000	4.500.000

Dalam realisasi pekerjaan ini, terdapat pelemburan jam kerja yang diakibatkan oleh hari yang tidak dapat bekerja selama 7 hari. Sehingga memerlukan waktu untuk penggunaan jam lembur (biaya lembur). Hal ini mengakibatkan pembengkakan *cost* dari semula Rp. 79.200.000 dengan 16 hari kerja normal menjadi Rp. 89.700.000 dengan 12 hari kerja normal.

### 5.4.2 Analisis Eksisting dengan Usulan

Tabel 5.23 Penjadwalan Perencanaan Eksisting vs Usulan

MASTER SCHEDULE PROYEK																																				
PROYEK SLOPE PROTECTION TAHAP II, KAV. AE-6																																				
BeFa - MM2100																																				
NO	URAIAN PEKERJAAN	PROGRESS	VOLUME	SATUAN	BULAN 1																														PROGRESS CUMULATIF	
					HARI																															
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
<b>I PERSIAPAN PEKERJAAN</b>																																				
1	Direksi Kit	SCHEDULED	1	LS	2.12%																														100%	
		USULAN	1		2.12%																															100%
2	Persiapan dan Pembersihan	SCHEDULED	1	LS	2.12%																														100%	
		USULAN	1		2.12%																															100%
3	Mobilisasi	SCHEDULED	1	LS	2.07%																														100%	
		USULAN	1		2.07%																															100%
<b>II PEKERJAAN TANAH</b>																																				
1	Galian Tanah	SCHEDULED	840	M <sup>3</sup>	1.30%	1.30%	1.30%	1.30%	1.30%	1.30%	1.30%	1.30%																							100%	
		USULAN	840		-2.61%	2.61%	2.61%	2.61%																												100%
<b>III PEKERJAAN PERBAIKAN TUPRO SEKSI SUNGAI</b>																																				
1	Pembongkaran TUPRO	SCHEDULED	240	UNIT							3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%																100%	
		USULAN	240		3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%																100%
2	Jasa Pemasangan TUPRO	SCHEDULED	240	UNIT																															100%	
		USULAN	240																																	100%
3	Block Precast TUPRO	SCHEDULED	78	UNIT																															100%	
		USULAN	78																																	100%
4	Batu Pengisi	SCHEDULED	180	M <sup>3</sup>																															100%	
		USULAN	180		2.70%	2.70%	2.70%	2.70%																												100%
5	Dinding Cover Wall	SCHEDULED	1	LS																															100%	
		USULAN	1																																	100%
1	SCHEDULED				6.31%	1.30%	1.30%	1.30%	1.30%	1.30%	1.30%	1.30%	4.61%	4.61%	3.31%	6.01%	6.01%	18.11%	18.11%	4.33%	4.33%	1.02%	1.02%	1.02%	1.02%	1.02%	1.02%	1.02%	1.02%	1.02%	1.02%	1.02%	1.02%	2.06%	2.06%	
2	KUMULATIF				6.31%	7.62%	8.92%	10.23%	11.53%	12.83%	14.14%	15.75%	23.36%	26.67%	32.68%	38.69%	56.81%	74.92%	79.26%	83.59%	84.62%	85.64%	86.67%	87.69%	88.71%	89.74%	90.76%	91.79%	92.81%	93.83%	94.86%	95.88%	97.94%	100.00%		
1	SCHEDULED				6.31%	5.31%	5.31%	20.72%	20.72%	4.33%	4.33%	4.33%	4.33%	4.33%	0.00%	4.33%	4.33%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.02%	1.02%	0.00%	1.02%	1.02%	1.02%	1.02%	1.02%	2.06%	2.06%	0.00%	0.00%		
2	KUMULATIF				6.31%	11.62%	16.93%	37.65%	58.37%	62.71%	67.04%	71.38%	75.71%	80.04%	80.04%	84.38%	88.71%	88.71%	88.71%	88.71%	88.71%	88.71%	89.74%	90.76%	90.76%	91.79%	92.81%	93.83%	94.86%	95.88%	97.94%	100.00%	100.00%	100.00%		

Keterangan: Kotak Hijau = Rencana kerja, kotak merah = Hari yang tidak dapat bekerja karena cuaca

Menurut komparasi penjadwalan eksisting dengan usulan diatas terlampir bahwa menurut penjadwalan usulan, proyek ini diselesaikan dalam waktu 28 hari. Dimana seperti yang telah dibahas pada analisis usulan solusi *waste*, perubahan penjadwalan dilakukan pada subpekerjaan titik kritis. Seperti pengiriman material yang dipindahkan pada awal proyek dihari ke-2. Perubahan penjadwalan diasumsikan dengan kejadian hari kerja yang berhenti dikarenakan faktor cuaca hujan. Menurut *Manager Project*, pengusulan perubahan jadwal dapat dilakukan, mengingat kondisi cuaca di proyek dapat diperkirakan jumlah curah hujan dan probabilitas waktu kemungkinan terjadinya hujan dari informasi *internet*. Artinya kemajuan pemindahan material dapat diaplikasikan.

Penjadwalan usulan diterapkan *lead time* atau waktu pendahuluan pada kegiatan pekerjaan tanah dan pekerjaan Tupro secara keseluruhan. Dimana seperti yang sudah dibahas pada solusi *waste overproduction*, bahwa pekerjaan yang termasuk dalam lintasan kritis tersebut dapat dilaksanakan minimal 2 hari setelah memulai kerja pada kegiatan *predessor* (pendahulu). Oleh karena itu, dengan mengansumsikan kondisi cuaca realisasi yang ada kegiatan proyek secara keseluruhan dapat dipangkas menjadi 28 Hari, dari 30 Hari kerja perencanaan jadwal eksisting.

Berkat pengurangan *waste*, jadwal pengusulan proyek ini dapat dipangkas 2 hari secara keseluruhan. Dengan pengurangan 2 hari, terdapat beberapa subpekerjaan yang memiliki penghematan biaya karena hari kerja yang lebih sedikit secara keseluruhan. Berikut tabelnya.



Tabel 5.25 Komparasi Subpekerjaan Tanah

2	PEKERJAAN TANAH						
2.1	Galian Tanah (A21m2 x P40m)	60,000	M <sup>3</sup>	840	36,800,000	840	50,400,000
2.1.1	Jasa Excavator PC200	3,500,000	Hari	4	16,400,000	8	28,000,000
2.1.2	Manpower + Mandor (3 Orang)	500,000	Hari	4	2,000,000	8	4,000,000
2.1.3	Jasa Ukur Tanah Metode Theodolite (Mingguan)	5,800,000	Ls	1	5,800,000	1	5,800,000
2.1.4	Truk Tronton Pengangkut Tanah	15,000	M <sup>3</sup>	840	12,600,000	840	12,600,000

Kegiatan yang memiliki *waste* waktu adalah pekerjaan tanah. Dimana dari data yang diketahui, perencanaan awal sebesar Rp. 36.800.000. Sedangkan eksisting sebesar Rp. 50.400.000. Perbedaan ini disebabkan perbedaan jumlah hari kerja pada subpekerjaan tanah. Dari hasil analisis usulan, menurut wawancara didapatkan bahwa pekerjaan tanah yang semula direncanakan penyelesaian dalam 8 hari, dipangkas menjadi 4 hari dengan penambahan jam kerja lembur pada subpekerjaan tanah. Biaya harian untuk jasa *excavator* kondisi jam kerja normal sebesar Rp. 3.500.000. Sedangkan biaya harian untuk kondisi jam lembur lebih 2 jam sebesar Rp. 4.100.000. Oleh karena itu dengan kalkulasi biaya subpekerjaan tanah, secara total dapat dikurangi.



### 5.4.3 Analisis Realisasi dengan Usulan

Tabel 5.26 Penjadwalan Realisasi vs Usulan

MASTER SCHEDULE PROYEK																																					
PROYEK SLOPE PROTECTION TAHAP II, KAV. AE-6																																					
BeFa - MM2100																																					
NO	URAIAN PEKERJAAN	PROGRESS	VOLUME	SATUAN	BULAN 1																															PROGRESS COMULATI VE	
					HARI																																
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
<b>I PERSIAPAN PEKERJAAN</b>																																					
1	Direksi Kit	REALISASI	1	LS	2.12%																														100%		
		USULAN	1	LS	2.12%																														100%		
2	Persiapan dan Pembersihan	REALISASI	1	LS	2.12%																														100%		
		USULAN	1	LS	2.12%																														100%		
3	Mobilisasi	REALISASI	1	LS	2.07%																														100%		
		USULAN	1	LS	2.07%																														100%		
<b>II PEKERJAAN TANAH</b>																																					
1	Galian Tanah	REALISASI	840	M <sup>3</sup>	1.74%	1.74%	1.74%	1.74%	1.74%	1.74%																									150%		
		USULAN	840	M <sup>3</sup>	2.61%	2.61%	2.61%	2.61%																												100%	
<b>III PEKERJAAN PERBAIKAN TUPRO SEKSI SUNGAI</b>																																					
1	Pembongkaran TUPRO	REALISASI	240	UNIT				3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	100%			
		USULAN	240	UNIT				3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	3.31%	100%		
2	Jasa Pemasangan TUPRO	REALISASI	240	UNIT																															100%		
		USULAN	240	UNIT																															100%		
3	Block Precast TUPRO	REALISASI	78	UNIT																															100%		
		USULAN	78	UNIT																															100%		
4	Batu Pengisi	REALISASI	180	M <sup>3</sup>																															100%		
		USULAN	180	M <sup>3</sup>																																100%	
5	Dinding Cover Wall	REALISASI	1	LS																															100%		
		USULAN	1	LS																																100%	
<b>1 SCHEDULED</b>					6.31%	1.74%	1.74%	5.05%	5.05%	5.05%	5.05%	3.31%	3.31%	3.31%	0.00%	3.31%	3.31%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	8.21%	9.08%	9.08%	8.21%	4.67%	2.51%	2.51%	2.51%	1.64%	1.64%	1.64%	1.64%	2.67%	2.67%		
<b>2 KUMULATIF</b>					6.31%	8.05%	9.79%	14.84%	19.89%	24.94%	29.98%	33.29%	36.61%	39.92%	43.23%	46.54%	46.54%	46.54%	46.54%	46.54%	46.54%	46.54%	46.54%	54.75%	63.96%	72.91%	81.22%	85.79%	86.30%	86.81%	89.31%	94.95%	96.59%	98.23%	99.87%	102.54%	102.54%
<b>1 SCHEDULED</b>					6.31%	5.31%	5.31%	20.72%	20.72%	4.33%	4.33%	4.33%	4.33%	4.33%	0.00%	4.33%	4.33%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.02%	1.02%	0.00%	1.02%	1.02%	1.02%	1.02%	1.02%	2.06%	2.06%	0.00%	0.00%	0.00%		
<b>2 KUMULATIF</b>					6.31%	11.62%	16.93%	37.65%	58.37%	62.71%	67.04%	71.38%	75.71%	80.04%	80.04%	84.38%	88.71%	88.71%	88.71%	88.71%	88.71%	88.71%	88.71%	89.74%	90.76%	90.76%	91.79%	92.81%	93.83%	94.86%	95.88%	97.94%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	

Jadwal realisasi diselesaikan dalam 31 hari dan jadwal usulan dengan pengurangan waste menjadi 28 hari.

Tabel 5.27 Komparasi Biaya Proyek Penjadwalan Realisasi dengan Usulan

PT. Tupro Bangun Indonesia RAB - USULAN VS EXISTING Pekerjaan Slope Protection Tahap II AE-6 Lokasi: MM2100, BEKASI (PT. BEFA, Tbk) Periode : OKTOBER 2020				REALISASI		USULAN		BIAYA LEMBUR
No	Nama Material/Pekerjaan	Harga Satuan (Rp)	Satuan	Volume	Jumlah Harga (Rp)	Volume	Jumlah Harga (Rp)	
<b>1</b>	<b>PERSIAPAN PEKERJAAN</b>							
1.1	Direksi Kit	10,260,000	Ls	1	10,260,000	1	10,260,000	
1.1.1	Manpower + Mandor	175,000	Orang	3	525,000	3	525,000	
1.1.2	Jasa Excavator PC200	3,000,000	Hari	1	3,000,000	1	3,000,000	
1.1.3	Sewa Kontainer 20 feet 1 Bulan	6,735,000	Unit	1	6,735,000	1	6,735,000	
1.2	Persiapan dan Pembersihan	10,260,000	Ls	1	10,260,000	1	10,260,000	
1.2.1	Manpower + Mandor	250,000	Orang	3	750,000	3	750,000	
1.2.2	Jasa Excavator PC200	3,000,000	Hari	1	3,000,000	1	3,000,000	
1.2.3	Koordinasi LSM setempat	3,255,000	Orang	2	6,510,000	2	6,510,000	
1.3	Mobilisasi	10,000,000	Ls	1	10,000,000	1	10,000,000	
1.3.1	Mob-demob TRUK Excavator PC200	3,500,000	Truk	1	3,500,000	1	3,500,000	
1.3.2	Koordinasi Satpam Kawasan	2,000,000	Orang	2	4,000,000	2	4,000,000	
1.3.3	Koordinasi Pengamanan Alat Berat	2,500,000	Orang	1	2,500,000	1	2,500,000	
<b>2</b>	<b>PEKERJAAN TANAH</b>							
2.1	Galian Tanah (A21m2 x P40m)	60,000	M <sup>3</sup>	1,260	72,700,000	840	36,800,000	
2.1.1	Jasa Excavator PC200	3,500,000	Hari	12	42,000,000	4	16,400,000	4,100,000
2.1.2	Manpower + Mandor (3 Orang)	500,000	Hari	12	6,000,000	4	2,000,000	
2.1.3	Jasa Ukur Tanah Metode Theodolite (Mingguan)	5,800,000	Ls	1	5,800,000	1	5,800,000	
2.1.4	Truk Tronton Pengangkut Tanah	15,000	M <sup>3</sup>	1,260	18,900,000	840	12,600,000	
<b>3</b>	<b>PEKERJAAN PERBAIKAN TUPRO SEKSI SUNGAI</b>							
3.1	Pembongkaran TUPRO	600,000	Unit	240	144,000,000	240	144,000,000	
3.1.1	Manpower + Mandor (10 Orang)	12,000,000	Hari	9	108,000,000	9	108,000,000	
3.1.2	Jasa Excavator PC200	3,500,000	Hari	9	31,500,000	9	31,500,000	
3.1.3	Konsumsi	4,500,000	Ls	1	4,500,000	1	4,500,000	
3.2	Jasa Pemasangan TUPRO	330,000	Unit	240	89,700,000	240	79,200,000	
3.2.1	Manpower + Mandor (10 Orang)	1,250,000	Hari	12	30,000,000	16	20,000,000	2,500,000
3.2.2	Jasa Excavator PC200	3,500,000	Hari	12	55,200,000	16	56,000,000	4,600,000
3.2.3	Konsumsi	3,200,000	Ls	1	4,500,000	1	3,200,000	4,500,000
3	Block Precast TUPRO	1,500,000	Unit	78	117,000,000	78	117,000,000	
4	Batu Pengisi	290,000	M <sup>3</sup>	180	52,200,000	180	52,200,000	
5	Dinding Cover Wall TUPRO (t0,3m x L1,5m x T6m)	10,000,000	Ls	1	10,000,000	1	10,000,000	
3.5.1	Material Ready Mix Semen K-225	3,500,000	Ls	1	3,500,000	1	3,500,000	
3.5.2	Bekisting Plat Besi dan Hollow	1,500,000	Ls	1	1,500,000	1	1,500,000	
3.5.3	Jasa Excavator PC200	1,000,000	Hari	2	2,000,000	2	2,000,000	
3.5.4	Manpower + Mandor (5 Orang)	1,500,000	Hari	2	3,000,000	2	3,000,000	
				<b>Jumlah</b>	<b>516,120,000</b>		<b>469,720,000</b>	
<i>Terbilang : Lima Ratus Enam Belas Juta Enam Ratus Sembilan Puluh Dua Ribu Rupiah</i>				<b>PPN 10%</b>	<b>51,612,000</b>		<b>46,972,000</b>	
				<b>Total</b>	<b>567,732,000</b>		<b>516,692,000</b>	

Secara *total cost* proyek, didapatkan angka realisasi Rp. 516.120.000 dan usulan Rp. 469.720.000 dengan selisih Rp. 46.400.000. Artinya dengan usulan penjadwalan baru menghemat biaya proyek sebesar 10% dari biaya perencanaan awal. Penghematan dilakukan atas dasar identifikasi *waste*. Dari realisasi 31 hari dengan usulan jadwal baru menjadi 28 hari. Pembahasan perincian sub proyek yang dipangkas maupun dipercepat dilihat sebagai berikut.

Tabel 5.28 Komparasi Biaya Pekerjaan Tanah Realisasi dengan Usulan

No	Nama Material/Pekerjaan	Harga Satuan (Rp)	Satuan	REALISASI		USULAN		BIAYA LEMBUR
				Volume	Jumlah Harga (Rp)	Volume	Jumlah Harga (Rp)	
<b>2</b>	<b>PEKERJAAN TANAH</b>							
2.1	Galian Tanah (A21m2 x P40m)	60.000	M <sup>3</sup>	1.260	72.700.000	840	36.800.000	
2.1.1	Jasa Excavator PC200	3.500.000	Hari	12	42.000.000	4	16.400.000	4.100.000
2.1.2	Manpower + Mandor (3 Orang)	500.000	Hari	12	6.000.000	4	2.000.000	
2.1.3	Jasa Ukur Tanah Metode Theodolite (Mingguan)	5.800.000	Ls	1	5.800.000	1	5.800.000	
2.1.4	Truk Tronton Pengangkut Tanah	15.000	M <sup>3</sup>	1.260	18.900.000	840	12.600.000	

Dari subkegiatan pekerjaan tanah diketahui perencanaan usulan sebesar Rp. 36.800.000. Sedangkan realisasi sebesar Rp. 72.700.000. Perbedaan ini disebabkan oleh perbedaan jumlah hari kerja pada subpekerjaan tanah. Pekerjaan tanah yang terealisasi diselesaikan dalam 12 hari yang disebabkan oleh *overproduction* subkegiatan pekerjaan tanah yang berulang. Hal ini dapat dilihat dari komparasi volume tanah yang telah diangkut. Menurut realisasi, volume tanah total yang terangkut sebesar 1.260 m<sup>3</sup>. Secara usulan tetap di 840 m<sup>3</sup>. Menurut analisa yang dilakukan sebelumnya, dikarenakan pekerjaan tanah dan pemasangan Tupro telah selesai 44% sebelum masa luapan air sungai pada hari ke-14 s.d 18. Sehingga menurut analisis sebelumnya tidak diperlukan pekerjaan tanah yang berulang kembali. Maka dari itu, menurut perhitungan *subtotal cost* bagian ini dapat dihemat sebesar Rp. 35.900.000.

Tabel 5.29 Komparasi Biaya Pekerjaan Pemasangan Tupro

No	Nama Material/Pekerjaan	Harga Satuan (Rp)	Satuan	REALISASI		USULAN		BIAYA LEMBUR
				Volume	Jumlah Harga (Rp)	Volume	Jumlah Harga (Rp)	
3.2	Jasa Pemasangan TUPRO	330.000	Unit	240	89.700.000	240	79.200.000	
3.2.1	Manpower + Mandor (10 Orang)	1.250.000	Hari	12	30.000.000	16	20.000.000	2.500.000
3.2.2	Jasa Excavator PC200	3.500.000	Hari	12	55.200.000	16	56.000.000	4.600.000
3.2.3	Konsumsi	3.200.000	Ls	1	4.500.000	1	3.200.000	4.500.000

Selain yang disebutkan diatas, bagian subpekerjaan yang mengalami *waste* biaya adalah pemasangan Tupro. Dimana dalam realisasi sebesar Rp. 89.700.000. Sedangkan menurut usulan sebesar Rp. 79.200.000. Perbedaan ini disebabkan oleh pelemburan jam kerja yang lebih lama dari jam kerja normal. Dalam tabel tertulis bahwa dalam realisasi tercatat 12 hari kerja sedangkan usulan selama 16 hari. Alasan realisasi hari lebih mahal meskipun secara waktu lebih singkat dari usulan, terdapat jam kerja lembur dengan biaya harian sebesar Rp. 2.500.000 untuk grup pekerja, Rp. 4.600.000 untuk Jasa excavator dan Rp. 4.500.000 pada penyediaan biaya konsumsi untuk pekerja langsung. Dikarenakan biaya perhari lebih mahal dibanding waktu normal, maka secara *subtotal cost* pekerjaan pemasangan Tupro dapat dihemat sebesar Rp. 10.500.000.

## 5.5 Pembahasan Hasil Penelitian

Aplikasi pada LPM pada sebuah proyek dilakukan untuk mengeliminasi *waste* yang berpotensi muncul. Dalam aplikasi penelitian ini, LPM dilakukan sebagai metode untuk menghasilkan usulan penjadwalan baru guna evaluasi proyek yang telah terlaksana. Data-data analisis ini dapat digunakan sebagai acuan dalam perencanaan proyek serupa yang akan datang. Berikut ini pembahasan hasil penelitian yang telah dilakukan:

### 1. Identifikasi *Waste*

Menurut hasil questioner yang telah diberikan kepada 3 responden ahli dan kondisi aktual progress, ditemukan *waste* paling dominan dalam proyek. Antara lain; *waiting* dan *overproduction*.

*Waste Waiting* disebabkan oleh kondisi cuaca hujan yang menyebabkan pekerjaan berhenti. Sedangkan dalam jadwal perencanaan eksisting telah diposisikan pada pertengahan penjadwalan proyek. Maka dari itu pekerjaan *successor* material mengalami keterlambatan proyek.

*Waste Overproduction* disebabkan oleh factor cuaca dan manusia. Faktor cuaca, kendala hujan yang menyebabkan pekerja tidak dapat bekerja. Faktor manusia disebabkan oleh menggunakan pekerja yang tidak berpengalaman. Sehingga selama 2 hari memulai pekerjaan pemasangan Tupro, terdapat waktu terbuang.

### 2. Usulan *Waste*

Menurut hasil questioner yang telah diberikan kepada 3 responden ahli, mengusulkan melakukan perubahan penjadwalan dalam proyek. Perubahan dalam penjadwalan proyek menjadi titik focus utama dalam penerapan LPM ini dikarenakan, pekerjaan proyek *slope protection* yang dikerjakan oleh PT. Tupro Bangun Indonesia, tidak dapat terselesaikan dalam waktu yang tepat. Dimana dalam kontrak awal menyebutkan bahwa 30 hari pekerjaan harus selesai. Sedangkan menurut realisasi terselesaikan dalam 31 hari. Keterlambatan ini mengharuskan kontraktor untuk membayar biaya denda kepada owner proyek sebesar 0,5% dari total proyek untuk 1 hari keterlambatan.

Usulan *waste waiting* menyebutkan bahwa, usulan diterapkan perpindahan jadwal pengiriman material yang semula diletakan dipertengahan hari ke-13 menjadi hari ke-2. Mengingat kondisi perencanaan tidak diperhitungkan kondisi cuaca hujan yang mengakhibatkan berhentinya aktivitas pekerjaan.

Usulan *waste overproduction*, diusulkan bahwa penyesuaian jadwal pada pekerjaan kritis. Antara lain, Pekerjaan tanah, pekerjaan pembongkaran Tupro, dan pemasangan Tupro. Dalam realisasinya terjadi kondisi hujan selama 7 hari total. Maka dari itu, kontraktor terpaksa mengupayakan penyelesaian dipercepat dengan penggunaan biaya yang lebih besar. Maka dari itu dalam usulan, pekerjaan kritis dilakukan dengan *lead time* 2 hari setelah kegiatan *predecessor* telah mulai. Dengan pengaplikasian usulan ini, waktu sub pekerjaan kritis dapat dipangkas dan

untuk mengerjakan pekerjaan ini tidak diperlukan penggunaan waktu kerja lembur.

### 3. Efisiensi dan Efektivitas Penjadwalan Proyek

Pengaplikasian LPM pada proyek *slope protection* ini, dapat diketahui efisiensi dan efektivitas proyek tabel sebagai berikut. Menurut komparasi yang dilakukan masing-masing bagian.

Tabel 5.30 Hasil Komparasi Efektivitas dan Efisiensi Jadwal Proyek

Komparasi	Eks vs Real	Eks vs usulan	Real vs usulan
Efektivitas (Hari)	+1 Hari	-2 Hari	-3 Hari
Efisiensi (%)	- 7%	+3%	+10%

Keterangan: + Mengalami keterlambatan jadwal atau penambahan biaya

Efektivitas adalah seberapa baik pekerjaan dilakukan, sejauh mana orang menghasilkan output seperti yang diharapkan. Artinya, jika suatu pekerjaan dapat diselesaikan sesuai dengan perencanaan, baik dalam waktu, biaya, dan kualitas, itu bisa dikatakan efektif (Ervianto, 2004). Dari data hasil komparasi diatas diketahui bahwa hasil analisis proyek dapat mempercepat waktu penyelesaian proyek. Oleh karena itu penerapan LPM untuk pembuatan pengusulan penjadwalan baru dikatakan sudah efektif karena dapat diselesaikan sebelum tanggal pekerjaan selesai.