

BAB VI

PEMBAHASAN

6.1 Pembahasan

Durasi dan biaya total normal proyek jembatan Karanggayam sebelum dilakukan percepatan adalah 103 hari dengan biaya total proyek sebesar Rp. 1.403.436.826,-. Setelah dilakukan percepatan dan kemudian dilakukan optimalisasi durasi dan biaya hasil dari percepatan dengan 5 macam pemadatan durasi kegiatan dengan metode *simulated annealing*. Didapatkan durasi dan biaya percepatan yang paling optimal dari masing-masing metode optimalisasi seperti terlihat pada Tabel 6.1. Pada Tabel 6.2 dan Tabel 6.3 dapat dilihat jenis-jenis kegiatan yang dipercepat, metode pemadatan durasi kegiatan yang digunakan dan durasi serta biaya percepatan.

Tabel 6.1 Tabulasi Hasil Optimalisasi Durasi dan Biaya Percepatan Proyek

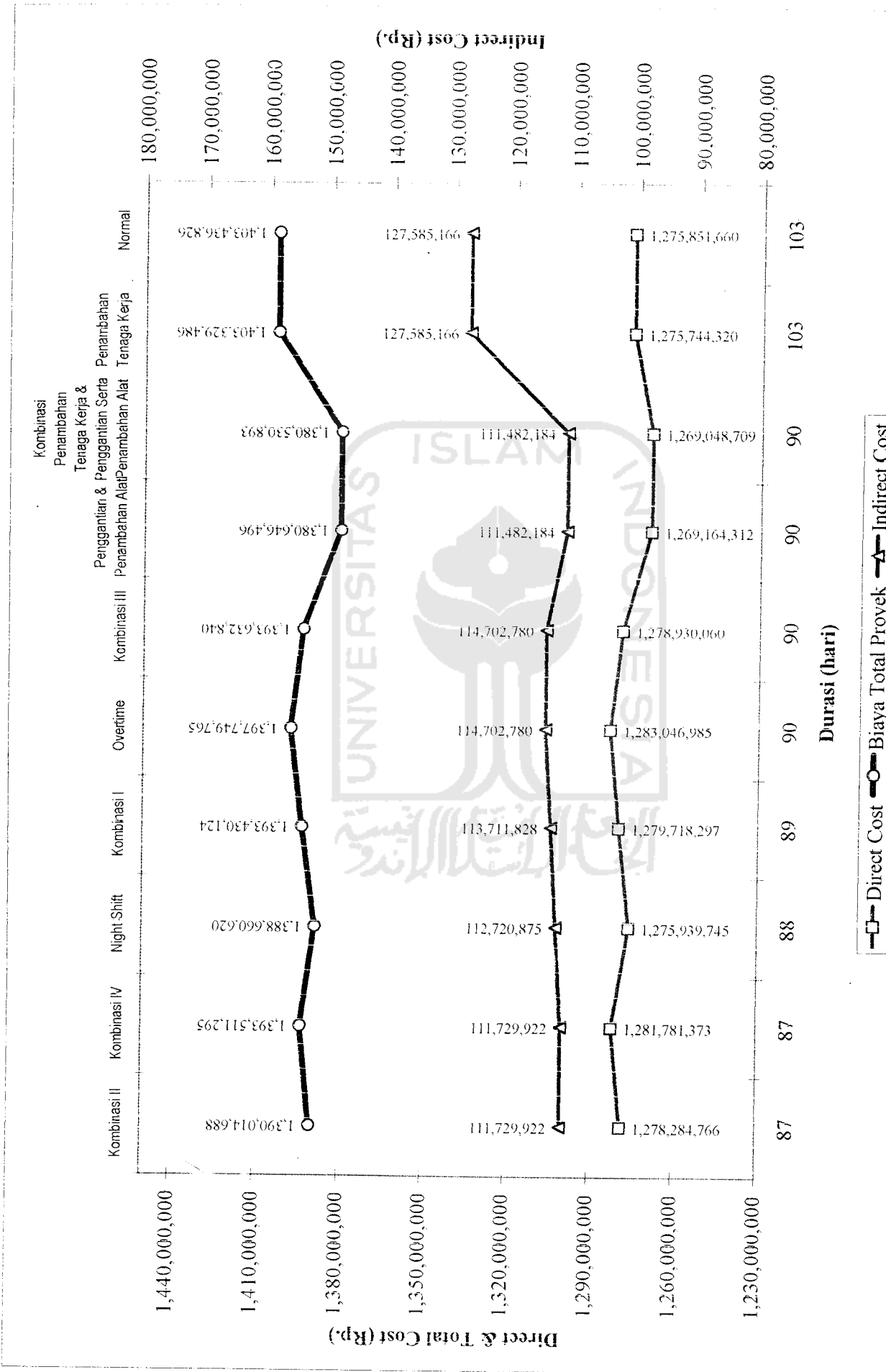
Pelaksanaan Proyek	Durasi	Direct Cost	Indirect Cost	Biaya Total Proyek
Normal	103	1.275.851.660	127.585.166	1.403.436.826
Kerja Lembur (" <i>Overtime</i> ")	90	1.283.046.985	114.702.780	1.397.749.765
Giliran Kerja Malam (" <i>Night Shift</i> ")	88	1.275.939.745	112.720.875	1.388.660.620
Kombinasi I	89	1.279.718.297	113.711.828	1.393.430.124
Kombinasi II	87	1.278.284.766	111.729.922	1.390.014.688
Kombinasi III	90	1.278.930.060	114.702.780	1.393.632.840
Kombinasi IV	87	1.281.781.373	111.729.922	1.393.511.295
Penambahan Tenaga Kerja	103	1.275.744.320	127.585.166	1.403.329.486
Penggantian & Penambahan Alat	90	1.269.164.312	111.482.184	1.380.646.496
Kombinasi Penambahan Tenaga Kerja Dan Penggantian Serta Penambahan Alat	90	1.269.048.709	111.482.184	1.380.530.893

Tabel 6.2 Daftar Kegiatan Yang Dipercepat dan Metode Pematatan Durasinya

Pelaksanaan Proyek	Kegiatan yang dipercepat	Metode Pematatan Durasi
Kerja Lembur ("Overtime")	Bore pile dia. 800 mm	4 jam Overtime
	Beton K-225 pada elevasi	2 jam Overtime
	Pre-cast standar Bina Marga	1 jam Overtime
	Diafragma beton kelas K-350	4 jam Overtime
	Pre-cast standar Bina Marga	3 jam Night Shift
Penambahan Tenaga Kerja	Diafragma beton kelas K-350	5 jam Night Shift
	Pembesian dengan tulangan ulir	Penambahan Tenaga Kerja = 23 orang
	Beton K-225 pada elevasi	Penambahan Concrete Mixer = 2 unit & Penambahan Tenaga Kerja = 14 orang
	Beton K-350 pada elevasi	Penambahan Concrete Mixer = 1 unit & Penambahan Tenaga Kerja = 7 orang
	Timbunan dengan bahan-bahan terpilih	Penggantian alat dengan Excavator -Kobelco
Penggantian & Penambahan Alat	Lapis perekat aspal emulsi	Penggantian alat dengan Asphalt Sprayer-BKSD TS55
	Galian konstruksi pada kedalaman 0 - 2 m	Penggantian alat dengan Excavator -Caterpillar E200
	Galian konstruksi pada kedalaman 2 - 4 m	Penggantian alat dengan Excavator -Caterpillar E200
	Galian biasa	Penggantian alat dengan Excavator -Caterpillar E200
	Pasangan batu kali	Penambahan Concrete Mixer = 3 unit & Penambahan Tenaga Kerja = 42 orang
	Beton K-225 pada elevasi	1 jam Overtime & 5 jam Night Shift
	Diafragma beton kelas K-350	1 jam Overtime & 4 jam Night Shift
	Pre-cast standar Bina Marga	2 jam Overtime & 3 jam Night Shift
	Diafragma beton kelas K-350	2 jam Overtime & 3 jam Night Shift
	Beton K-225 pada elevasi	3 jam Overtime & 2 jam Night Shift
Kombinasi I Overtime & Night Shift	Diafragma beton kelas K-350	3 jam Overtime & 3 jam Night Shift
	Pre-cast standar Bina Marga	4 jam Overtime & 1 jam Night Shift
	Diafragma beton kelas K-350	4 jam Overtime & 2 jam Night Shift
	Pre-cast standar Bina Marga	4 jam Overtime & 2 jam Night Shift
Kombinasi II Overtime & Night Shift	Beton K-225 pada elevasi	Penambahan Concrete Mixer = 2 unit & Penambahan Tenaga Kerja = 14 orang
	Diafragma beton kelas K-350	Penambahan Concrete Mixer = 1 unit & Penambahan Tenaga Kerja = 7 orang
	Timbunan dengan bahan-bahan terpilih	Penggantian alat dengan Asphalt Sprayer-BKSD TS55
	Lapis perekat aspal emulsi	Penggantian alat dengan Asphalt Sprayer-BKSD TS55
Kombinasi III Overtime & Night Shift	Pembesian dengan tulangan polos	Penambahan Tenaga Kerja = 5 orang
	Pembesian dengan tulangan ulir	Penambahan Tenaga Kerja = 23 orang
	Pasangan batu kali	Penambahan Concrete Mixer = 3 unit & Penambahan Tenaga Kerja = 42 orang
	Galian konstruksi pada kedalaman 0 - 2 m	Penggantian alat dengan Excavator -Caterpillar E200
Kombinasi IV Overtime & Night Shift	Galian konstruksi pada kedalaman 2 - 4 m	Penggantian alat dengan Excavator -Caterpillar E200
	Galian biasa	Penggantian alat dengan Excavator -Caterpillar E200
	Beton K-225 pada elevasi	1 jam Overtime & 5 jam Night Shift
	Diafragma beton kelas K-350	1 jam Overtime & 4 jam Night Shift
Kombinasi Penambahan Tenaga Kerja dan Peggantian Alat Serta Penambahan Alat	Pre-cast standar Bina Marga	2 jam Overtime & 3 jam Night Shift
	Diafragma beton kelas K-350	2 jam Overtime & 3 jam Night Shift
	Beton K-225 pada elevasi	3 jam Overtime & 2 jam Night Shift
	Diafragma beton kelas K-350	3 jam Overtime & 3 jam Night Shift
	Pre-cast standar Bina Marga	4 jam Overtime & 1 jam Night Shift
	Diafragma beton kelas K-350	4 jam Overtime & 2 jam Night Shift
	Beton K-225 pada elevasi	Penambahan Concrete Mixer = 2 unit & Penambahan Tenaga Kerja = 14 orang
	Beton K-350 pada elevasi	Penambahan Concrete Mixer = 1 unit & Penambahan Tenaga Kerja = 7 orang
	Timbunan dengan bahan-bahan terpilih	Penggantian alat dengan Asphalt Sprayer-BKSD TS55
	Lapis perekat aspal emulsi	Penggantian alat dengan Asphalt Sprayer-BKSD TS55
Pembesian dengan tulangan polos	Penambahan Tenaga Kerja = 5 orang	
Pembesian dengan tulangan ulir	Penambahan Tenaga Kerja = 23 orang	
Pasangan batu kali	Penambahan Concrete Mixer = 3 unit & Penambahan Tenaga Kerja = 42 orang	
Galian konstruksi pada kedalaman 0 - 2 m	Penggantian alat dengan Excavator -Caterpillar E200	
Galian konstruksi pada kedalaman 2 - 4 m	Penggantian alat dengan Excavator -Caterpillar E200	
Galian biasa	Penggantian alat dengan Excavator -Caterpillar E200	

Tabel 6.3 Tabulasi Durasi dan Biaya Percepatan Kegiatan Serta Kenaikkan Biaya

Pelaksanaan Proyek	Kegiatan yang dipercepat		Normal		Dipercepat		Kenaikkan		
	Durasi (hari)	Biaya (Rp.)	Durasi (hari)	Biaya (Rp.)	Durasi (hari)	Biaya (Rp.)	Durasi (hari)	Biaya (Rp.)	
Kerja Lembur ("Overtime")	Bore pile dia. 800 mm	6	43.557.682	4	44.841.612	1.283.930			
	Beton K-225 pada elevasi	17	127.349.019	13	128.595.264	1.246.245			
	Pre-cast standar Bina Marga	30	376.175.236	27	380.660.128	4.484.892			
	Diafragma beton kelas K-350	15	2.332.159	11	2.512.416	180.256			
	Pre-cast standar Bina Marga	30	376.175.236	21	376.191.328	16.092			
	Diafragma beton kelas K-350	15	2.332.159	9	2.404.151	71.992			
	Pembesian dengan tulangan ulir	65	198.611.134	23	198.503.794	-107.340			
	Beton K-225 pada elevasi	17	127.349.019	6	126.358.336	-990.683			
	Beton K-350 pada elevasi	4	31.484.147	2	31.322.456	-161.691			
	Timbunan dengan bahan-bahan terpilih	3	26.822.090	2	25.116.358	-1.705.732			
Kombinasi I Overtime & Night Shift	Lapis perekat aspal emulsi	2	5.362.902	1	4.904.093	-458.809			
	Galian konstruksi pada kedalaman 0 - 2 m	5	6.723.395	4	4.566.189	-2.157.206			
	Galian konstruksi pada kedalaman 2 - 4 m	3	2.981.698	2	2.017.799	-963.899			
	Galian biasa	2	1.778.431	1	1.529.103	-249.328			
	Pasangan batu kali	28	238.032.343	7	238.032.343	0			
	Beton K-225 pada elevasi	17	127.349.019	9	131.168.608	3.819.589			
	Diafragma beton kelas K-350	15	2.332.159	9	2.379.206	47.046			
	Pre-cast standar Bina Marga	30	376.175.236	18	378.586.240	2.411.004			
	Diafragma beton kelas K-350	15	2.332.159	9	2.354.260	22.10			
	Beton K-225 pada elevasi	17	127.349.019	10	130.253.184	2.904.165			
Kombinasi II Overtime & Night Shift	Diafragma beton kelas K-350	15	2.332.159	9	2.506.393	174.234			
	Pre-cast standar Bina Marga	30	376.175.236	19	381.979.552	5.804.316			
	Diafragma beton kelas K-350	15	2.332.159	9	2.457.555	125.396			
	Beton K-225 pada elevasi	17	127.349.019	6	126.358.336	-990.683			
	Beton K-350 pada elevasi	4	31.484.147	2	31.322.456	-161.691			
	Timbunan dengan bahan-bahan terpilih	3	26.822.090	2	25.116.358	-1.705.732			
	Lapis perekat aspal emulsi	2	5.362.902	1	4.904.093	-458.809			
	Pembesian dengan tulangan polos	3	6.101.517	2	6.093.255	-8.262			
	Pembesian dengan tulangan ulir	65	198.611.134	23	198.503.794	-107.340			
	Pasangan batu kali	28	238.032.343	7	238.032.343	0			
Kombinasi III Overtime & Night Shift	Galian konstruksi pada kedalaman 0 - 2 m	5	6.723.395	4	4.566.189	-2.157.206			
	Galian konstruksi pada kedalaman 2 - 4 m	3	2.981.698	2	2.017.799	-963.899			
	Galian biasa	2	1.778.431	1	1.529.103	-249.328			
	Kombinasi IV Overtime & Night Shift	Beton K-225 pada elevasi	17	127.349.019	9	131.168.608	3.819.589		
		Diafragma beton kelas K-350	15	2.332.159	9	2.379.206	47.046		
		Pre-cast standar Bina Marga	30	376.175.236	18	378.586.240	2.411.004		
		Diafragma beton kelas K-350	15	2.332.159	9	2.354.260	22.10		
		Beton K-225 pada elevasi	17	127.349.019	10	130.253.184	2.904.165		
		Diafragma beton kelas K-350	15	2.332.159	9	2.506.393	174.234		
		Pre-cast standar Bina Marga	30	376.175.236	19	381.979.552	5.804.316		
Diafragma beton kelas K-350		15	2.332.159	9	2.457.555	125.396			
Beton K-225 pada elevasi		17	127.349.019	6	126.358.336	-990.683			
Beton K-350 pada elevasi		4	31.484.147	2	31.322.456	-161.691			
Kombinasi Penambahan Tenaga Kerja dan Peggantian Alat Serta Penambahan Alat	Timbunan dengan bahan-bahan terpilih	3	26.822.090	2	25.116.358	-1.705.732			
	Lapis perekat aspal emulsi	2	5.362.902	1	4.904.093	-458.809			
	Pembesian dengan tulangan polos	3	6.101.517	2	6.093.255	-8.262			
	Pembesian dengan tulangan ulir	65	198.611.134	23	198.503.794	-107.340			
	Pasangan batu kali	28	238.032.343	7	238.032.343	0			
	Galian konstruksi pada kedalaman 0 - 2 m	5	6.723.395	4	4.566.189	-2.157.206			
	Galian konstruksi pada kedalaman 2 - 4 m	3	2.981.698	2	2.017.799	-963.899			
	Galian biasa	2	1.778.431	1	1.529.103	-249.328			



Gambar 6.1 Grafik Time-Cost Trade-Off

Biaya langsung ("*direct cost*") akan menurun seiring dengan bertambahnya durasi proyek, sehingga jika dilakukan percepatan durasi proyek akan mengakibatkan peningkatan *direct cost*. Berdasarkan data-data pada Tabel 6.1 dan grafik *time-cost trade-off* di atas dapat dilihat bahwa percepatan durasi proyek dengan penambahan waktu kerja, yaitu dengan kerja lembur, giliran kerja malam dan kombinasi antara keduanya menyebabkan peningkatan *direct cost*. Pada kerja lembur peningkatan *direct cost* dikarenakan upah per-jam tenaga kerja pada jam kerja lembur lebih tinggi 1,5 - 2 kali dari upah pada jam kerja normal. Selain itu juga dikarenakan menurunnya produktivitas tenaga kerja pada jam kerja lembur, yaitu diasumsikan sebesar 13% pada jam lembur ke-1 dan 26% pada jam lembur ke-2. Penurunan produktivitas ini akan menyebabkan naiknya indeks produktivitas, yaitu bertambahnya waktu yang dibutuhkan tenaga kerja atau alat untuk menyelesaikan satu unit pekerjaan dari keadaan normal. Sehingga dengan upah per-jam tenaga kerja lembur yang lebih tinggi dan waktu yang lebih lama, menyebabkan peningkatan *direct cost* kegiatan.

Pada percepatan dengan giliran kerja malam, didapatkan peningkatan *direct cost* yang tidak terlalu tinggi. Kenaikkan *direct cost* ini disebabkan upah tenaga kerja pada giliran kerja malam yang lebih tinggi 1,5 kali dari upah pada jam kerja normal. Sedangkan produktivitas tenaga kerja *night shift* diasumsikan sama dengan produktivitas tenaga kerja *day shift* atau tidak mengalami penurunan. Hal ini didasarkan pada asumsi menurut Barrie dan Poulson (1990), bahwa beberapa orang memang benar-benar orang "siang hari" dan orang-orang lainnya memang orang "malam hari". Mereka akan dapat berprestasi lebih baik bilamana pekerjaan mereka cocok dengan fisiologis mereka sendiri. Penggunaan giliran kerja akan lebih

produktif bila giliran kerja tersebut tidak dirotasikan secara tetap dan dilakukan penyesuaian tenaga kerja dengan regu giliran dimana dia akan berprestasi lebih baik. Sesuai dengan asumsi tersebut di atas maka pada proyek penggantian jembatan Karanggayam ini, kelompok atau group tenaga kerja *day shift* berbeda dengan kelompok *night shift*. Tenaga kerja pada kelompok kerja *night shift* diasumsikan pada waktu siang hari mereka tidak melakukan kegiatan/kerja (istirahat/tidur) dan mereka bekerja hanya pada malam hari.

Sedangkan pada percepatan durasi dengan penambahan tenaga kerja dan penggantian serta penambahan alat didapatkan penurunan *direct cost*. Penurunan tersebut dikarenakan penambahan maupun penggantian tenaga kerja dan alat akan menyebabkan meningkatnya kapasitas produksi kegiatan. Akibat dari peningkatan kapasitas produksi tersebut, maka waktu yang dibutuhkan oleh tenaga kerja dan alat untuk menyelesaikan satu unit pekerjaan akan menjadi lebih singkat. Sehingga biaya yang dibutuhkan untuk upah tenaga kerja dan biaya sewa peralatan akan berkurang. Pada penambahan tenaga kerja dan alat ini, agar produktivitas tenaga kerja maupun alat masih dapat berproduksi secara normal. Maka penambahan alat dan tenaga kerja dilakukan dengan mempertimbangkan luasan tempat kerja dan jumlah tenaga kerja ideal. Sedangkan pada penggantian alat dilakukan dengan mengganti alat dengan kapasitas alat yang lebih besar dan mampu menghasilkan *site output* yang lebih besar, selain itu juga harus dipertimbangkan kondisi dari alat tersebut.

Biaya tidak langsung ("*indirect cost*") akan meningkat seiring dengan bertambahnya durasi proyek, sehingga jika dilakukan percepatan durasi proyek akan mengakibatkan penurunan *indirect cost*. *Indirect cost* dalam proyek penggantian

jembatan Karanggayam ini diasumsikan sebesar 10% dari *direct cost* pada keadaan normal. Pada percepatan durasi dengan metode-metode pemadatan tersebut didapatkan *indirect cost* yang lebih kecil dari *indirect cost* normal. Sedangkan *indirect cost* pada percepatan dengan kerja lembur dan giliran kerja malam diasumsikan mengalami peningkatan sebesar 20% dari *indirect cost* per-hari normal per-harinya. Kenaikkan ini disebabkan karena bertambahnya biaya untuk gaji lembur *site engineer* (pengawas lapangan), listrik (generator) untuk tambahan penerangan dan biaya tambahan makan dan minum khususnya kerja lembur pada pekerjaan pengecoran.

Berdasarkan pada uraian di atas dapat dilihat bahwa percepatan durasi proyek dengan metode pelaksanaan proyek dengan penambahan waktu kerja per-hari (*overtime* dan *night shift*) akan menyebabkan peningkatan *direct cost*. Tetapi sebaliknya percepatan durasi proyek dengan meningkatkan kapasitas produksi (produktivitas) alat dan tenaga kerja akan menyebabkan penurunan *direct cost*. Maka dapat disimpulkan bahwa metode pelaksanaan proyek berpengaruh pada waktu dan biaya penyelesaian proyek. Metode pelaksanaan proyek dengan memanfaatkan dan mengelola semua sumber daya baik itu tenaga kerja, peralatan maupun lokasi pekerjaan dengan melakukan penambahan maupun penggantian sehingga dapat meningkatkan produktivitas pekerjaan, selain dapat mempercepat penyelesaian proyek juga dapat menyebabkan terjadinya penurunan *direct cost* proyek khususnya biaya untuk tenaga kerja dan peralatan. Sebaliknya metode pelaksanaan proyek yang hanya memaksimalkan produktivitas tenaga kerja yang ada akan menyebabkan penurunan produktivitas dan naiknya *direct cost* proyek.

6.2 Durasi dan Biaya Total Proyek Optimal

Hasil optimalisasi durasi dan biaya proyek akibat percepatan baik dengan penambahan waktu kerja per-hari (*overtime* dan *night shift*) maupun dengan meningkatkan kapasitas produksi (penambahan tenaga kerja dan penambahan serta penggantian alat), menghasilkan biaya total proyek yang lebih kecil dari biaya total proyek dalam keadaan normal seperti terlihat pada Tabel 6.1. Walaupun dengan adanya percepatan durasi proyek akan mengakibatkan terjadinya peningkatan *direct cost*, tetapi juga menyebabkan terjadinya penurunan *indirect cost*. Pada penelitian kali ini didapatkan rata-rata penurunan *indirect cost* karena percepatan durasi proyek dari 103 hari menjadi 90 hari dengan penambahan waktu kerja per-hari sebesar 11,26% dan percepatan dengan meningkatkan kapasitas produksi sebesar 12,62%. Sedangkan rata-rata peningkatan *direct cost* karena percepatan durasi dengan penambahan waktu kerja per-hari sebesar 0,29% dan percepatan dengan meningkatkan kapasitas produksi sebesar -0,53%.

Dari hasil optimalisasi ini didapatkan durasi proyek paling singkat dengan peningkatan biaya total proyek terkecil atau penurunan biaya total proyek penggantian jembatan Karanggayam adalah durasi proyek sebesar 90 hari dengan biaya total proyek sebesar Rp. 1.380.530.893,-. Durasi dan biaya yang optimal tersebut didapatkan dengan melakukan pemadatan durasi kegiatan dengan metode penambahan tenaga kerja dan penggantian serta penambahan alat. Pada percepatan dengan metode ini didapatkan penurunan *direct cost* sebesar Rp. 6.802.951,- dan penurunan *indirect cost* sebesar Rp. 16.102.982,-, sehingga didapatkan penurunan biaya total proyek sebesar Rp. 22.905.933,-.