

## OPTIMASI BIAYA DAN DURASI PROYEK MENGGUNAKAN PROGRAM LINDO (STUDI KASUS: PEMBANGUNAN DERMAGA PENYEBERANGAN SALAKAN TAHAP II)

Kristi Elsina Leatemia

R. J. M. Mandagi, H. Tarore, G. Y. Malingkas

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi

email: kristy.qty@gmail.com

### ABSTRAK

*Lemahnya pengendalian terhadap sumber daya dapat menyebabkan keterlambatan pelaksanaan suatu proyek konstruksi. Ketidaksiharian antara jadwal rencana dan realisasi di lapangan menimbulkan masalah pembengkakan biaya proyek. Salah satu upaya untuk mengembalikan tingkat kemajuan proyek ke rencana semula, adalah dengan mengoptimasi biaya dan durasi proyek, yaitu mencari pemendekan durasi yang paling maksimum dengan penambahan biaya langsung yang minimum tanpa mengurangi kualitas (mutu) suatu konstruksi.*

*Pemendekan durasi pada Proyek Pembangunan Dermaga Penyeberangan Salakan Tahap II dilakukan untuk semua aktivitas yang berada pada lintasan kritis dan pengendalian biaya dilakukan pada biaya langsung proyek khususnya biaya upah dan tenaga kerja.*

*Pemecahan masalah optimasi biaya dan waktu dilakukan menggunakan pemrograman linier (LP), dengan bantuan program aplikasi LINDO, untuk menyelesaikan pemodelan matematik yang digunakan untuk mengoptimalkan suatu tujuan dengan berbagai kendala yang ada.*

*Hasil optimasi penelitian ini menunjukkan bahwa dalam mempercepat umur proyek dari 240 hari dengan pengurangan waktu 39,5 hari diperlukan biaya sebesar Rp. 99.193.327,-*

*Kata kunci : LINDO, Optimasi, Pemrograman Linier*

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Proses perencanaan yang baik merupakan syarat dasar dalam keberhasilan pembangunan suatu proyek konstruksi. Namun dalam pelaksanaan suatu proyek konstruksi masih saja terjadi permasalahan yang menyebabkan terjadinya pembengkakan biaya proyek. Permasalahan seperti ini bisa disebabkan oleh banyak hal, diantaranya kesalahan dalam perencanaan ataupun lemahnya pengendalian terhadap sumber daya dan waktu pelaksanaan tersebut.

Dalam tahap perencanaan jadwal kegiatan proyek konstruksi, penyelesaian proyek dianggap dilaksanakan dengan tingkat produktivitas yang normal, sumber daya yang telah dialokasikan, dan biaya yang sesuai dengan perencanaan awal. Tapi pada pelaksanaannya, seringkali terjadi proyek mengalami keterlambatan dari rencana karena adanya masalah seperti faktor cuaca, keterlambatan material, kerusakan peralatan, kecelakaan kerja, dan

kondisi-kondisi lainnya yang dapat mengganggu durasi perencanaan awal.

Untuk mengembalikan tingkat kemajuan proyek ke rencana semula diperlukan suatu upaya pemendekan durasi pelaksanaan proyek. Namun percepatan penyelesaian proyek tanpa perencanaan perkiraan penambahan sumber daya secara tepat justru akan mengakibatkan pembengkakan biaya pada proyek tersebut. Oleh karena itu diperlukan analisis optimasi biaya dan durasi sehingga dapat diketahui berapa lama suatu proyek tersebut dapat diselesaikan dengan tetap memberikan keuntungan kepada pihak pengelolah proyek tanpa mengurangi kualitas (mutu) suatu konstruksi.

Biaya optimal proyek akibat pemendekan durasi dapat dicari dengan menggunakan model pemrograman linier, yaitu suatu teknik perencanaan bersifat analitis yang menggunakan model matematis dengan tujuan menemukan beberapa kombinasi alternatif pemecahan optimum terhadap persoalan. Untuk memudahkan dan

mempercepat penyelesaian perhitungan model matematik pemrograman linier ini dibantu dengan menggunakan aplikasi program komputer LINDO.

Penelitian ini dilakukan untuk mengoptimasi biaya akibat pemendekan durasi pada proyek konstruksi Pembangunan Dermaga Penyeberangan Salakan tahap II.

### Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diambil rumusan masalah yaitu “Berapa waktu dan biaya proyek yang optimum untuk dilakukan percepatan durasi pelaksanaan proyek pembangunan Dermaga Penyeberangan Salakan Tahap II?”

### Batasan Masalah

Untuk lebih memfokuskan penelitian maka dibuatlah batasan masalah pada penelitian ini, yaitu:

1. Optimasi biaya memperhitungkan biaya langsung proyek khususnya pada biaya upah atau tenaga kerja dan biaya tidak langsung.
2. Percepatan durasi dilakukan dengan penambahan waktu kerja (lembur)
3. Dalam proses penjadwalan proyek menggunakan metode CPM, tetapi tidak melakukan pembahasan CPM secara lebih mendetail.
4. Solusi optimum dari masalah Linier Programming menggunakan metode Simpleks dalam bentuk program komputer *Linear Interactive Discrete Optimizer- LINDO*.

### Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengestimasi berapa biaya dan durasi proyek yang optimum pada pelaksanaan pembangunan Dermaga Penyeberangan Salakan Tahap II.

### Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini:

1. Memberikan suatu solusi mengenai optimasi biaya konstruksi.
2. Menghasilkan suatu program perhitungan yang lebih cepat untuk menyelesaikan masalah optimasi yaitu dengan menggunakan program komputer LINDO

## LANDASAN TEORI

### Metode Jalur Kritis (*Critical Path Method / CPM*)

Pada metode CPM dikenal adanya jalur kritis, yaitu jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek yang tercepat.

Dalam proses identifikasi jalur kritis, dikenal beberapa terminologi dan rumus-rumus perhitungan sebagai berikut:

$$TE = E$$

Waktu paling awal peristiwa (*node I event*) dapat terjadi (*Earliest Time of Occurrence*),

$$TL = L$$

Waktu paling akhir peristiwa boleh terjadi (*Latest Allowable Event*).

#### ES

Waktu mulai paling awal suatu kegiatan (*Earliest Start Time*).

#### EF

Waktu selesai paling awal suatu kegiatan (*Earliest Finish Time*). Bila hanya ada satu kegiatan terdahulu, maka EF suatu kegiatan terdahulu adalah ES kegiatan berikutnya.

#### LS

Waktu paling akhir kegiatan boleh mulai (*Latest Allowable Start Time*).

#### LF

Waktu paling akhir kegiatan boleh selesai (*Latest Allowable Finish Time*).

#### D

Kurun waktu suatu kegiatan, umumnya dengan satuan waktu hari, minggu, bulan, dan lain-lain.

### Pelaksanaan Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Apabila dilakukan kerja lembur akan terjadi penurunan produktivitas yang dapat dilihat pada grafik Gambar 1

Rumusan yang digunakan:

Produktivitas Harian (PH):

$$PH = \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi Normal}} \quad (1)$$

Produktivitas tiap Jam (PtJ):

$$PtJ = \frac{\text{Produktivitas harian}}{8 \text{ jam}} \quad (2)$$

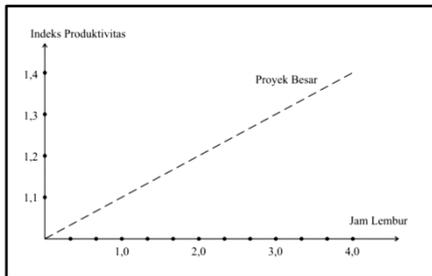
Produktivitas harian akibat kerja lembur (PHL):

$$PHL = (a \times b \times \text{prod.tiap jam}) \quad (3)$$

Dimana :

a = jumlah jam kerja lembur

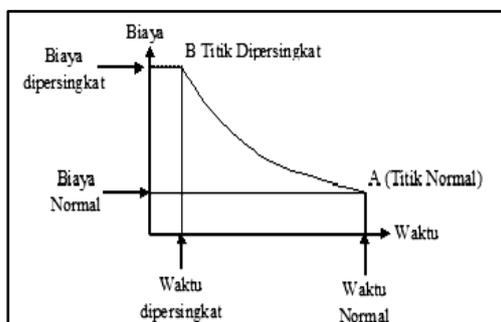
b= koefisien penurunan produktivitas kerja lembur



**Gambar 1. Grafik indikasi menurunnya produktivitas karena kerja lembur**  
(Sumber: Soeharto, 2001)

### Crashing

Terminologi proses *crashing* adalah mereduksi suatu pekerjaan yang akan berpengaruh terhadap waktu penyelesaian proyek. *Crashing* adalah suatu proses disengaja, sistematis, dan analitik dengan cara melakukan pengujian dari semua kegiatan dalam suatu proyek yang dipusatkan pada kegiatan yang berada pada jalur kritis. Proses *crashing* adalah cara melakukan perkiraan dari *variabel cost* dalam menentukan pengurangan durasi yang paling maksimal dan paling ekonomis dari suatu kegiatan yang masih mungkin untuk direduksi (Ervianto, 2004). Untuk menganalisis lebih lanjut hubungan antara biaya dengan waktu suatu kegiatan, dipakai beberapa istilah yaitu: Kurun waktu normal/*Normal Duration* (nd), kurun waktu dipersingkat/*Crash Duration* (cd), Biaya normal/*Normal Cost* (nc), dan Biaya untuk waktu dipersingkat/*Crash Cost* (cc).



**Gambar 2. Grafik Hubungan Waktu-Biaya Normal dan Dipersingkat Untuk Satu Kegiatan**  
(Sumber: Soeharto, 1999)

Titik A pada Gambar 2 menunjukkan titik normal, sedangkan titik B adalah titik dipersingkat. Garis yang menghubungkan titik A dengan B disebut kurva waktu-biaya. Pada umumnya garis ini dapat dianggap sebagai garis lurus, bila tidak (misalnya, cekung) maka diadakan perhitungan persegmen yang terdiri atas beberapa garis lurus. Seandainya diketahui bentuk kurva waktu-biaya suatu kegiatan, artinya dengan mengetahui berapa *slope* atau sudut kemiringannya, maka bisa dihitung berapa besar biaya untuk mempersingkat waktu satu hari. Penambahan biaya langsung (*direct cost*) untuk mempercepat suatu aktivitas persatuan waktu disebut kemiringan biaya (*cost slope*)

Dari uraian diatas dapat ditulis sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Produktifitas harian sesudah crash} \\ = (7 \text{ jam} \times \text{prod. tiap jam}) + \\ (A \times B \times \text{prod. tiap jam}) \end{aligned} \quad (4)$$

$$\text{Normal cost pekerja perjam} = \text{harga per} \\ \text{satuan pek.} \times \text{prod. tiap jam} \quad (5)$$

$$\text{Normal cost pekerja perhari} = \\ 8 \text{ jam} \times \text{normal cost tiap jam} \quad (6)$$

$$\text{Normal cost} = \text{normal duration} \times \text{normal} \\ \text{cost pekerja perhari} \quad (7)$$

$$\text{Crash cost pekerja} = \text{normal cost pekerja} \\ \text{perhari} + \text{biaya lembur perhari} \quad (8)$$

$$\text{Crash cost} = \text{crash duration} \times \text{crash cost} \\ \text{pekerja perhari} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \text{Kemiringan biaya (cost slope)} = \\ \frac{\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost}}{\text{Normal Duration} - \text{Crash Duration}} \end{aligned} \quad (10)$$

### Pemrograman Linear

Pada setiap permasalahan akan ditentukan variable keputusan, fungsi tujuan, dan sistem kendala, yang sama-sama membentuk suatu model matematika. Bentuk umum model pemrograman linier adalah :

$$\begin{aligned} \text{Maksimumkan / Minimumkan :} \\ Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \end{aligned} \quad (11)$$

Dengan batasan :

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1 \quad (12)$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2 \quad (13)$$

$$\dots + \dots + \dots + \dots \leq \dots \quad (14)$$

$$\dots + \dots + \dots + \dots \leq \dots \quad (15)$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m \quad (16)$$

$$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n \geq 0 \quad (17)$$

Keterangan :

Z : Nilai fungsi tujuan yang dicari nilai optimalnya (maksimal, minimal)

$c_j$  : Sumbangan per unit kegiatan untuk masalah maksimasi  $c_j$ , memungkinkan keuntungan atau penerimaan per unit, sedangkan dalam kasus minimasi, menunjukkan biaya per unit.

$x_j$  : Banyaknya kegiatan ke-j

$a_{ij}$  : Banyaknya sumber daya i yang diperlukan untuk menghasilkan setiap unit keluaran kegiatan j.

$b_i$  : Jumlah sumber daya i yang tersedia untuk dialokasikan ke setiap unit kegiatan.

n : Macam kegiatan yang menggunakan sumber atau fasilitas yang tersedia

m : Fasilitas yang tersedia.

### **Linear Interactive Discrete Optimizer (LINDO)**

LINDO adalah sebuah program komputer yang digunakan untuk dapat menyelesaikan permasalahan LP, yaitu suatu permodelan matematik yang digunakan untuk mengoptimalkan suatu tujuan dengan berbagai kendala yang ada. Untuk menggunakan LINDO ada beberapa tahapan yang perlu dilakukan yaitu :

1. Merumuskan masalah dalam kerangka pemrograman linier
2. Menuliskan dalam bentuk persamaan matematik
3. Menuliskan rumusan ke dalam LINDO dan mengeksekusinya
4. Interpretasi keluaran LINDO

### **METODOLOGI PENELITIAN**

Penelitian ini dilakukan dengan mengadakan observasi langsung ke lokasi proyek konstruksi, yaitu proyek pembangunan Dermaga Penyeberangan Salakan Tahap II. Pengambilan data dilakukan dengan proses wawancara pada pihak kontraktor. Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini berupa RAB, *network planning*, jadwal pelaksanaan pekerjaan, dan gambar proyek.

Dalam menganalisis data proyek, digunakan metode CPM untuk perhitungan durasi dan jadwal kegiatan. Upaya memperpendek waktu hanya dikonsentrasikan pada jalur kritis dengan menambahkan

waktu lembur. Perhitungan penambahan biaya dilakukan dengan proses *crashing*.

Penyelesaian masalah dalam penelitian ini menggunakan perhitungan pemrograman linier dengan bentuk dasar sebagai berikut :

Maksimumkan / Minimumkan :

$$Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (18)$$

Dengan batasan:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i \quad \text{untuk } i = 1, 2, \dots, m \quad (19)$$

$$x_j \geq 0, \quad \text{untuk } i = 1, 2, \dots, m \quad (20)$$

Perumusan dengan metode simpleks :

1. Merumuskan masalah ke dalam bentuk standar LP setelah melalui pemodelan dalam bentuk matematik.
2. Menentukan variabel keputusan
3. Menentukan fungsi tujuan
4. Menentukan batas-batas atau kendala

Formulasi model dengan metode simpleks dapat dipecahkan dengan menggunakan program komputer *LINDO (Linear Interactive Discrete Optimizer)*. Cara penggunaan program ini yaitu dengan memasukkan formulasi model matematik yang sudah dibuat ke dalam program ini sehingga menghasilkan tabel simpleks awal dan selanjutnya diadakan iterasi sampai mencapai solusi yang optimum.

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dalam mempercepat penyelesaian suatu proyek dengan melakukan kompresi durasi, diupayakan agar penambahan dari segi biaya seminimal mungkin. Pengendalian biaya yang dilakukan adalah biaya langsung, karena biaya inilah yang akan bertambah apabila dilakukan pengurangan durasi .

Dalam proses mempercepat waktu penyelesaian proyek dengan melakukan penekanan waktu aktivitas, diusahakan agar penambahan biaya yang ditimbulkan seminimum mungkin. Penekanan durasi proyek dilakukan untuk aktivitas yang berada pada lintasan kritis. Dari tahap-tahap kompresi tersebut akan dicari waktu dan biaya yang optimal. Berikut adalah proses perhitungan *crashing* untuk penambahan 4 jam kerja :

**Tabel 1 Waktu dan Biaya Percepatan Kegiatan Kritis**

Simbo l	Kegiatan	Normal		Crash		Cost Slope (Rp./hari)
		Durasi (han)	Biaya (Rp.)	Durasi (han)	Biaya (Rp.)	
C.1	Beton bertulang plat lantai	22	39.041.100	14	51.463.272	1.552.772
C.2	Beton bertulang balok	23	31.096.546	15	42.009.315	1.364.096
C.3	Beton bertulang pile cap	9	10.688.586	6	14.760.426	1.357.280
C.4	Beton bertulang pengisi tiang pancang	10	4.336.062	7	6.287.288	650.409
C.5	Beton bertulang selimut tiang pancang	20	13.447.490	13	18.106.088	665.514
C.7	Pemancangan tiang dan penyanjangan	14	560.863.800	9	746.864.550	37.200.150
C.8	Pengecatan tiang (12m bag. atas)	16	5.848.396	11	8.328.738	496.068
C.9	Pemotong tiang	2	735.210	1	761.468	26.258
C.10	Plat penutup tiang 9mm	2	532.910	1	551.943	19.033
C.11	Sepatu tiang	2	1.590.400	1	1.647.200	56.800
C.12	Fender type V500-L1500	4	1.149.000	3	1.785.054	636.054

Sumber : Hasil Penelitian

**Formulasi Model LP dan Perhitungannya**

Tujuan optimasi yang dilakukan pada proyek pembangunan Dermaga Penyeberangan Salakan-Banggai Kepulauan ini yaitu untuk mendapatkan perpaduan optimum antara durasi terpendek yang tepat dan biaya penambahan yang minimum.

Dalam merumuskan masalah, data dari Tabel 1 dibuat kedalam bentuk baku LP setelah melalui pemodelan dalam bentuk matematik.

Dari data yang ada, diperoleh jumlah waktu normal pada jalur kegiatan ini adalah 124 hari, dan untuk perumusan ini diambil waktu percepatan maksimum yaitu 43 hari.

Fungsi Tujuan

Minimumkan:

$$Z = 1552772X_{C1} + 1364096X_{C2} + 1357280X_{C3} + 650409X_{C4} + 665514X_{C5} + 37200150X_{C7} + 496068X_{C8} + 26258X_{C9} + 19033X_{C10} + 56800X_{C11} + 636054X_{C12}$$

Batasan-batasan/kendala

Batasan Perpendekkan waktu maksimum masing-masing kegiatan :

$$\begin{aligned} X_{C1} &\leq 8 & X_{C8} &\leq 5 \\ X_{C2} &\leq 8 & X_{C9} &\leq 1 \\ X_{C3} &\leq 3 & X_{C10} &\leq 1 \\ X_{C4} &\leq 3 & X_{C11} &\leq 1 \\ X_{C5} &\leq 7 & X_{C12} &\leq 1 \\ X_{C7} &\leq 5 \end{aligned}$$

Pengurangan waktu keseluruhan pada jalur kegiatan ini :

$$X_{C1} + X_{C2} + X_{C3} + X_{C4} + X_{C5} + X_{C7} + X_{C8} + X_{C9} + X_{C10} + X_{C11} + X_{C12} = 43$$

Non negativitas

$$\begin{aligned} X_{C1} &\geq 0 ; X_{C2} \geq 0 ; X_{C3} \geq 0 ; X_{C4} \geq 0 ; \\ X_{C5} &\geq 0 ; X_{C7} \geq 0 ; X_{C8} \geq 0 ; X_{C9} \geq 0 ; \\ X_{C10} &\geq 0 ; X_{C11} \geq 0 ; X_{C12} \geq 0 \end{aligned}$$

**Perhitungan dengan Program LINDO**

Dari model matematik diatas, maka selanjutnya data tersebut dimasukkan kedalam formulasi program LINDO untuk melakukan perhitungan dengan cara iterasi.

**Perhitungan Biaya Tidak Langsung**

Total biaya proyek adalah sama dengan biaya langsung ditambah dengan biaya tidak langsung. Keduanya akan berubah sesuai dengan waktu dan kemajuan proyek. Umumnya makin lama proyek berjalan maka semakin tinggi kumulatif biaya tidak langsung yang diperlukan.

Pada tabel dibawah ini dapat dilihat komponen-komponen biaya tidak langsung proyek pembangunan Dermaga Penyeberangan Salakan tahap II.

**Tabel. 2 Biaya Tidak Langsung Proyek**

No .	Jenis Biaya	Jumlah perhari (Rp.)	Jumlah (Rp)
1.	Biaya langsung personil	3.413.333,-	8.000.000,-
2.	Biaya Langsung Non Personil	1.040.000,-	8.160.000,-
3.	Akomodasi	160.000,-	
4.	Fasilitas Kantor dan Lapangan		
Jumlah		<b>4.613.333,-</b>	<b>16.160.000,-</b>

Sumber : Hasil Penelitian

Optimasi yang dilakukan terhadap jalur yang ditinjau yaitu jalur kritis, dengan percepatan durasi maksimum 43 hari diperoleh hasil Z = Rp.223.235.900,-. Ini berarti bahwa besarnya penambahan biaya sebagai akibat dari percepatan durasi kegiatan pada jalur kritis yaitu selama 43 hari dari waktu normal adalah sebesar Rp.223.235.900,-

Berikut ini adalah tabel penambahan biaya akibat dari mempercepat waktu pelaksanaan proyek :

**Tabel 3. Penambahan Biaya akibat Percepatan Waktu Proyek**

Percepatan Waktu /Durasi (hari)	Penambahan Biaya (Rp.)
43	223,235,900
42	186,035,700
41	148,835,600
40	111,635,400
39	74,435,250
38	37,235,100
37	35,682,320
36	34,129,550
35	32,576,780
34	31,024,010
33	29,471,230
32	27,918,460
31	26,365,690
30	24,812,920
29	23,448,820
28	22,084,730
27	20,720,630
26	19,356,530
25	17,992,440
24	16,628,340
23	15,264,250
22	13,900,150
21	12,542,870
20	11,185,590
19	9,828,310
18	8,497,282
17	7,166,254
16	5,835,226
15	4,519,303
14	3,218,485
13	2,582,431
12	2,068,363
11	1,590,295
10	1,094,227
9	598,159
8	102,091
7	45,291
6	19,033

Sumber : Hasil Penelitian

**Tabel 4. Biaya Tidak Langsung Proyek**

Percepatan Waktu /Durasi (hari)	Biaya Tidak Langsung (Rp.)
43	214,533,319
42	209,919,986
41	205,306,653
40	200,693,320
39	196,079,987
38	191,466,654
37	186,853,321
36	182,239,988
35	177,626,655
34	173,013,322
33	168,399,989
32	163,786,656
31	159,173,323
30	154,559,990
29	149,946,657
28	145,333,324
27	140,719,991
26	136,106,658
25	131,493,325
24	126,879,992
23	122,266,659
22	117,653,326
21	113,039,993
20	108,426,660
19	103,813,327
18	99,199,994
17	94,586,661
16	89,973,328
15	85,359,995
14	80,746,662
13	76,133,329
12	71,519,996
11	66,906,663
10	62,293,330
9	57,679,997
8	53,066,664
7	48,453,331
6	43,839,998
5	39,226,665
4	34,613,332
3	29,999,999
2	25,386,666
1	20,773,333

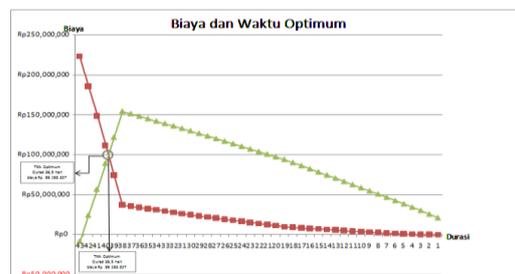
Sumber : Hasil Penelitian

**Tabel 5. Penambahan Biaya akibat Percepatan Waktu Proyek**

Percepatan Waktu /Durasi (hari)	Biaya Langsung (Rp)	Biaya Tidak Langsung (Rp.)	Selisih (Rp)
43	223,235,900	214,533,319	-8,702,581
42	186,035,700	209,919,986	23,884,286
41	148,835,600	205,306,653	56,471,053
40	111,635,400	200,693,320	89,057,920
39	74,435,250	196,079,987	121,644,737
38	37,235,100	191,466,654	154,231,554
37	35,682,320	186,853,321	151,171,001
36	34,129,550	182,239,988	148,110,438
35	32,576,780	177,626,655	145,049,875
34	31,024,010	173,013,322	141,989,312
33	29,471,230	168,399,989	138,928,759
32	27,918,460	163,786,656	135,868,196
31	26,365,690	159,173,323	132,807,633
30	24,812,920	154,559,990	129,747,070
29	23,448,820	149,946,657	126,497,837
28	22,084,730	145,333,324	123,248,594
27	20,720,630	140,719,991	119,999,361
26	19,356,530	136,106,658	116,750,128
25	17,992,440	131,493,325	113,500,885
24	16,628,340	126,879,992	110,251,652
23	15,264,250	122,266,659	107,002,409
22	13,900,150	117,653,326	103,753,176
21	12,542,870	113,039,993	100,497,123
20	11,185,590	108,426,660	97,241,070
19	9,828,310	103,813,327	93,985,017
18	8,497,282	99,199,994	90,037,198
17	7,166,254	94,586,661	86,089,379
16	5,835,226	89,973,328	82,141,560
15	4,519,303	85,359,995	78,193,741
14	3,218,485	80,746,662	74,245,922
13	2,582,431	76,133,329	70,298,103
12	2,068,363	71,519,996	66,350,284
11	1,590,295	66,906,663	62,387,360
10	1,094,227	62,293,330	58,424,436
9	598,159	57,679,997	54,461,512
8	45,291	53,066,664	50,484,233
7	19,033	48,453,331	46,384,968
6		43,839,998	42,249,703
5		39,226,665	38,132,438
4		34,613,332	34,015,173
3		29,999,999	29,897,908
2		25,386,666	25,341,375
1		20,773,333	20,754,300

Sumber : Hasil Penelitian

Dari grafik hubungan antara selisih dan penambahan biaya langsung pada percepatan durasi proyek Dermaga Penyeberangan Salakan tahap II, didapat biaya dan waktu optimum dengan percepatan waktu 39,5 hari dari waktu normal 240 hari menjadi 200,5 hari dengan penambahan biaya Rp. 99.193.327,-



**Gambar 3. Grafik hubungan biaya langsung dan selisih**  
(Sumber : Hasil Penelitian)

## PENUTUP

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pengolahan data yang telah dilakukan, maka diambil kesimpulan bahwa percepatan durasi proyek optimum pada proyek pembangunan Dermaga Penyeberangan Salakan Tahap II yaitu selama 39,5 hari dari waktu normal 240 hari menjadi 200,5 hari dengan penambahan biaya langsung sebesar Rp. 99.193.327,-

Nilai waktu dan biaya yang optimum diambil berdasarkan titik percepatan waktu

yang paling maksimum dengan penambahan biaya langsung yang minimum.

### Saran

Berdasarkan hasil analisis pembahasan dan kesimpulan maka peneliti menyarankan dalam proses mempercepat waktu penyelesaian proyek dengan melakukan penekanan waktu aktivitas, dilakukan perbandingan antara beberapa jam lembur. Sehingga dapat dihasilkan perbandingan waktu dan biaya yang paling optimum.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aminudin, 2005. Prinsip-Prinsip Riset Operasi, Erlangga, Jakarta, Hal 34.
- Ervianto, W. I., 2002. Manajemen Proyek Konstruksi, Penerbit Andi, Yogyakarta, Hal 55 – 63.
- Mandagi, R.J.M., 2010. Analisa Sistem, Sam Ratulangi University Press, Manado, Hal 13 – 14
- Soeharto, I., 1999. Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional), Jilid 1, Erlangga, Jakarta, Hal 255 dan 294-299.
- Soeharto, I., 2001. Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional), Jilid 2, Erlangga, Jakarta, Hal 132 – 136.