

## ANALISIS BIAYA TENAGA KERJA DENGAN PROGRAM DINAMIK

Ida Ayu Rai Widhiawati<sup>1</sup> dan I Made Agus Ariawan<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Bali  
Email: darawidhia@yahoo.com

### ABSTRAK

Kebutuhan tenaga kerja dari minggu ke minggu jumlahnya berfluktuasi sepanjang waktu proyek. Keahlian dan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan dihitung sesuai dengan jenis dan volume pekerjaan yang dikerjakan. Ketika jenis dan volume pekerjaan bertambah maka jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan akan meningkat, sebaliknya ketika jenis dan volume pekerjaan berkurang maka jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan akan menurun pula. Bila ditinjau dari minggu ke minggu akan terjadi fluktuasi jumlah kebutuhan tenaga kerja. Untuk mengurangi fluktuasi dapat dilakukan dengan *me-levelling* jumlah tenaga kerja tetapi tidak dapat meratakan keseluruhan. Permasalahan fluktuasi kebutuhan jumlah tenaga kerja akan mempengaruhi biaya tenaga kerja total karena adanya biaya tambahan untuk mendatangkan tenaga kerja baru dan biaya menghentikan tenaga kerja, sehingga perlu dianalisis saat mempertahankan, menambah, atau memberhentikan tenaga kerja untuk meminimalkan biaya total.

Program dinamik adalah suatu teknik matematika yang digunakan untuk mengoptimalkan proses pengambilan keputusan secara bertahap. Teknik ini membagi persoalan atas beberapa bagian yang disebut dengan tahap. Hasil keputusan tahap sebelumnya akan mempengaruhi keputusan tahap selanjutnya. Tahap pada permasalahan fluktuasi kebutuhan tenaga kerja adalah jumlah tenaga kerja setiap minggu akibat adanya kegiatan mempertahankan, menambah, atau memberhentikan tenaga kerja. Objek penelitian ini adalah Proyek Pembangunan Gedung Laboratorium Bersama Universitas Udayana. Penyelesaian permasalahan pada program dinamik dengan menggunakan persamaan rekursif cara mundur.

Analisis dilakukan dengan menentukan jumlah kebutuhan tenaga kerja yang dibutuhkan masing-masing minggu, *me-leveling* jumlah sumber daya manusia dengan bantuan program Microsoft Project, dan menghitung biaya sumber daya manusia dengan program dinamik. Dari hasil analisis didapatkan biaya sumber daya manusia dengan menggunakan program dinamik sebelum leveling sebesar Rp 480.903.400 dan setelah leveling sebesar Rp 399.943.200. Selisih biaya sumber daya manusia sebelum dengan setelah leveling adalah sebesar Rp 80.960.200.

Kata Kunci: program dinamik, biaya tenaga kerja, leveling.

### 1. PENDAHULUAN

Proyek adalah suatu rangkaian kegiatan sementara yang harus dilaksanakan dan diselesaikan dalam jangka waktu terbatas dengan alokasi sumber daya tertentu. Sumber daya yang dimaksud dapat berupa tenaga kerja, peralatan, material, dan lain-lain. Semua sumber daya tersebut sangat penting untuk kelancaran suatu proyek konstruksi. Kebutuhan akan sumber daya harus diperhitungkan dengan baik agar tidak terjadi penumpukan atau kekurangan sumberdaya pada waktu tertentu yang mengakibatkan pembengkakan biaya proyek.

Kebutuhan tenaga kerja dari minggu ke minggu jumlahnya berfluktuasi sepanjang waktu proyek. Keahlian dan banyaknya tenaga kerja yang dibutuhkan dihitung sesuai dengan jenis dan volume pekerjaan yang dikerjakan pada masing-masing minggu. Bila ditinjau dari minggu ke minggu akan terjadi fluktuasi jumlah kebutuhan tenaga kerja. Untuk mengurangi fluktuasi dapat dilakukan dengan *me-levelling* jumlah tenaga kerja tetapi tidak dapat meratakan keseluruhan. Permasalahan fluktuasi kebutuhan jumlah tenaga kerja akan mempengaruhi biaya tenaga kerja total karena adanya biaya tambahan untuk mempertahankan, menambah (*hiring*), dan memberhentikan (*firing*) tenaga kerja, sehingga perlu dianalisis saat mempertahankan, menambah, atau memberhentikan tenaga kerja untuk meminimalkan biaya total dengan metode pemrograman dinamik cara mundur..

Sumber daya manusia yang dimaksud adalah mandor, kepala tukang batu, kepala tukang besi, kepala tukang kayu, kepala tukang cat, tukang batu, tukang besi, tukang kayu, tukang cat, dan pekerja.

## 2. MATERI DAN METODE

### Penjadwalan

Penjadwalan merupakan tahap menerjemahkan sesuatu perencanaan ke dalam suatu diagram-diagram yang sesuai dengan skala waktu. Penjadwalan menentukan kapan aktivitas-aktivitas dimulai, ditunda, dan diselesaikan sehingga pembiayaan dan pemakaian sumber daya akan disesuaikan waktunya menurut kebutuhan yang telah ditentukan. Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk merencanakan dan melukiskan secara grafis dari aktifitas pelaksanaan pekerjaan konstruksi yaitu diagram balok (*bar chart*), digram panah (*arrow diagram*), dan diagram precedence (*precedence diagram*).

### Alokasi Sumber Daya Manusia

Sumber daya manusia (tenaga kerja) merupakan salah satu sumber daya yang penting dalam suatu proyek, dimana seringkali penyediaannya terbatas. Tenaga kerja yang dimaksud adalah tenaga ahli, menengah, dan kasar. Kebutuhan tenaga kerja selalu berfluktuasi sesuai dengan volume pekerjaan, sehingga penyediaan jumlah tenaga kerja harus mengikuti tuntutan perubahan kegiatan yang sedang berlangsung. Oleh karena setiap aktivitas memerlukan waktu dan sumber daya, maka setiap periode waktu didalam jadwal pelaksanaan tingkat kebutuhan sumber daya manusia tidak selalu sama besar tergantung dari volume pekerjaan dan jenis pekerjaan.

### Pemerataan Sumber Daya Manusia

Kebutuhan tenaga kerja yang berfluktuasi sangat tidak diinginkan oleh kontraktor dan pekerja, karena itu diusahakan agar tidak terjadi fluktuasi yang sangat tajam dengan jalan melakukan pemerataan sumber daya (*resources leveling*). Untuk itu pemerataan dilakukan pada aktivitas-aktivitas yang memiliki float (tenggang waktu) yaitu pada aktivitas nonkritis. Cara yang dilakukan yaitu dengan menggeser aktivitas nonkritis tidak akan mempengaruhi waktu penyelesaian proyek, jika melebihi waktu penyelesaian proyek, maka diusahakan seminimal mungkin. Pemerataan sumber daya dilakukan dengan bantuan program Microsoft Project.

### Biaya Alokasi Tenaga Kerja

Biaya alokasi tenaga kerja dihitung dari upah masing-masing tenaga kerja. Biaya alokasi tenaga kerja dihitung berdasarkan:

- a. Biaya mempertahankan tenaga kerja  
Biaya mempertahankan tenaga kerja yaitu sama dengan upah saat bekerja sebelumnya.
- b. Biaya menambah tenaga kerja (*hiring*)  
Proses *hiring* adakalanya memerlukan biaya jika dilakukan melalui pihak ketiga untuk mendatangkan tenaga kerja ke lokasi proyek. Biaya *hiring* untuk setiap tenaga kerja dapat diasumsikan sebesar upah tiap tenaga kerja perhari ditambah biaya tiap kali mendatangkan tenaga kerja.
- c. Biaya menghentikan tenaga kerja (*firing*)  
Besarnya pesangon tiap tenaga kerja yang *difiring* dengan masa kerja kurang dari satu tahun adalah gaji pokok setiap bulan. Tetapi pada kenyataannya tenaga kerja konstruksi tidak diberikan pesangon dengan alasan pekerjaan konstruksi bersifat sementara. (*Safiatus, 2002*)

### Program Dinamik

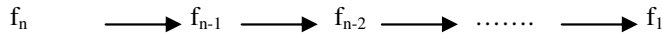
Program dinamik adalah suatu teknik matematika yang digunakan untuk mengoptimalkan proses pengambilan keputusan secara bertahap. Teknik ini membagi persoalan atas beberapa bagian yang disebut dengan tahap. Keputusan optimal seluruh persoalan adalah kumpulan dari sejumlah keputusan optimal dari seluruh tahap yang disebut dengan kebijakan optimal .

Dalam rangkaian keputusan yang telah diambil, hasil dari masing-masing keputusan tergantung pada hasil keputusan sebelumnya dalam rangkaian.

Prosedur pemecahan masalah dalam program dinamik dilakukan secara rekrusif, ini berarti tiap kali mengambil keputusan harus memperhatikan keadaan yang dihasilkan pada tahap sebelumnya.

Pada program dinamik ada dua prosedur rekrusif yang dapat digunakan yaitu perhitungan dari depan ke belakang (*forward recursive equation*) dan perhitungan dari belakang ke depan (*backward recursive equation*).

1. Cara perhitungan maju (dari depan ke belakang)  
Persoalan dalam program dinamik dapat diselesaikan dengan menghitung  $f_1$  terlebih dahulu lalu dilanjutkan ke  $f_2$  dan seterusnya.  
Urutan perhitungan:  
$$f_1 \longrightarrow f_2 \longrightarrow f_3 \longrightarrow \dots \longrightarrow f_n$$
dimana  $f_1$  merupakan fungsi awal dari fungsi rekrusif dan  $f_n$  merupakan fungsi akhir.
2. Cara perhitungan mundur (dari belakang ke depan)  
Persoalan dalam program dinamik dapat juga diselesaikan dengan cara mundur, yaitu perhitungan dimulai dari  $f_n$  dan berakhir pada  $f_1$ .



**Persamaan Rekrusif**

Proses optimalisasi tenaga kerja dilakukan pada setiap tahap, sehingga dengan proses optimalisasi akan diperoleh suatu keputusan untuk tiap-tiap tahap berupa jumlah tenaga kerja optimal yang harus ada dalam tahap tersebut. Prinsip program dinamik adalah memecahkan masalah ke dalam tahap-tahap (*stages*). Hubungan satu tahap dengan tahap lainnya dinyatakan dengan *state*. Keputusan yang ada dalam tiap tahap akan memberikan kontribusi terhadap biaya menambah dan biaya mengurangi tenaga kerja.

Komponen-komponen yang harus ada dalam persamaan rekrusif yaitu:

1. Tahap j menunjukkan periode ke-j yang ditinjau.
  2. State  $Y_{j-1}$  pada tahap j adalah jumlah tenaga kerja yang ada pada akhir tahap j-1.
  3. Alternatif  $Y_j$  (variabel keputusan) merupakan jumlah tenaga kerja yang ada pada periode ke-j.
  4.  $C_1$  adalah biaya kelebihan jika  $Y_j$  melebihi  $b_j$ .
  5.  $C_2$  adalah biaya yang dikeluarkan jika menambah tenaga kerja baru ( $Y_j > Y_{j-1}$ ).
  6.  $b_j$  menunjukkan jumlah tenaga kerja minimum yang harus ada pada tahap ke-j.
- Jadi persamaan rekrusif untuk tahap j dapat dilihat pada persamaan dibawah ini.

$$f_j(Y_{j-1}) = \dots \dots \dots \quad (1)$$

; untuk  $j = n$

$$f_j(Y_{j-1}) = \dots \dots \dots \quad (2)$$

; untuk  $j = 1,2,3,4,\dots,n-1$

**Microsoft Project**

Microsoft Project juga mampu membantu melakukan pencatatan dan pemantauan terhadap penggunaan sumber daya (*resource*), baik yang berupa sumber daya manusia maupun yang berupa peralatan-peralatan. Yang dikerjakan Microsoft Project antara lain, yaitu mencatat kebutuhan tenaga kerja pada setiap sektor pekerjaan, mencatat jam kerja para pegawai, jam lembur, dan menghitung pengeluaran sehubungan dengan ongkos tenaga kerja, memasukkan biaya tetap, menghitung total biaya proyek, serta membantu mengontrol penggunaan tenaga kerja pada beberapa pekerjaan untuk menghindari *overallocation* (kelebihan beban pada penggunaan tenaga kerja).

**Metode Pengolahan dan Analisis Data**

Langkah-langkah pengolahan dan analisis data adalah sebagai berikut:

1. Menghitung jumlah kebutuhan tenaga kerja per minggu.
2. Menghitung biaya mempertahankan, menambah (hiring), dan menghentikan (firing) tenaga kerja yang belum di-leveling.
3. Menentukan periode pelaksanaan yang nantinya diubah menjadi tahap-tahap dalam program dinamik.
4. Mempergunakan metode program dinamik untuk menentukan biaya tenaga kerja yang belum di-leveling.
5. Meratakan (me-leveling) jumlah kebutuhan tenaga kerja yang didapat dengan bantuan program Microsoft Project
6. Menghitung biaya mempertahankan, menambah (hiring), dan menghentikan (firing) tenaga kerja yang sudah di-leveling.
7. Menentukan periode pelaksanaan yang nantinya diubah menjadi tahap-tahap dalam program dinamik.
8. Mempergunakan metode program dinamik untuk menentukan biaya tenaga kerja yang sudah di-leveling.
9. Membandingkan biaya tenaga kerja sebelum dan setelah di-leveling.

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pembangunan Gedung Laboratorium Bersama bertujuan untuk meningkatkan fasilitas laboratorium di Universitas Udayana yang berlokasi di Jalan P.B. Sudirman, Denpasar. Proyek ini terdiri dari 2 (dua) tahap pekerjaan. Pekerjaan tahap 1 (satu) yaitu pekerjaan pembangunan gedung laboratorium lantai 1 dan lantai 2. Kemudian akan dilanjutkan dengan pekerjaan tahap 2 (dua) yaitu lantai 3 dan lantai 4. Obyek penelitian ini meliputi pekerjaan pada tahap 1. Pekerjaan tahap 1 (satu) ini menghabiskan dana sebesar Rp 4.299.999.000 (empat milyar dua ratus sembilan puluh sembilan juta sembilan ratus sembilan puluh sembilan ribu rupiah).

Kebutuhan sumber daya manusia dihitung berdasarkan Analisa Harga Satuan SNI.

Contoh perhitungan:

Pekerjaan galian tanah pondasi telapak/poor

Volume pekerjaan	: 275,52 m <sup>3</sup>
Durasi	: 7 hari
Koef. Mandor	: 0,045 orang hari/m <sup>3</sup>
Koef. Pekerja	: 0,45 orang hari/m <sup>3</sup>

$$\text{Jumlah Mandor} = (0,045 \times 275,52) / 7 = 1,77$$

$$\text{Jumlah Pekerja} = (0,45 \times 275,52) / 7 = 17,71$$

Untuk hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kebutuhan Sumber Daya Manusia

No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Sat.	Waktu	M	KTBs	KTB	KTK	KTC	TBs	TB	TK	TC	P
<b>I Pekerjaan Lantai I</b>														
<b>A Pekerjaan Persiapan</b>														
1	Pek. Pengukuran dan Pasang Bowplank	179,2	m'	7	0,13			0,26				2,56		2,56
<b>B Pekerjaan Tanah dan Pasir</b>														
1	Pek. Galian tanah pondasi telapak/poor	27.552	m <sup>3</sup>	7	1,77									17,71
2	Pek. Galian tanah pondasi menerus	442,56	m <sup>3</sup>	14	1,26									12,64
3	Pek. Galian tanah ruang lift	442,56	m <sup>3</sup>	7	2,85									28,45
4	Pek. Urugan tanah kembali	86,365	m <sup>3</sup>	7	0,23									2,37
5	Pek. Urugan tanah dengan penyiraman (bawah pondasi)	38,354	m <sup>3</sup>	7	0,10									1,05
6	Pek. Urugan tanah peninggian lantai	905,92	m <sup>3</sup>	7	3,88									38,83
7	Pek. Urugan pasir dengan penyiraman (bawah lantai)	60,8	m <sup>3</sup>	7	0,26									2,61
<b>C Pekerjaan Pasangan, Plesteran, Acian</b>														
1	Pekerj. Pasangan Batu Kosong	107,096	m <sup>3</sup>	7	0,60		0,60				5,97			11,93
2	Pekerj. Pasangan Batu Kali 1 Pc : 6 Ps	395,55	m <sup>2</sup>	14	2,12		1,70				16,95			42,38
3	Pekerj. Pasangan batu bata tebal 1/2 bata 1 Pc : 6 Ps	1127,322	m <sup>2</sup>	14	1,21		0,81				8,05			25,77
4	Pekerj. Pasangan batu bata tebal 1/2 bata 1 Pc : 3 Ps	256,604	m <sup>2</sup>	14	0,27		0,18				1,83			5,87
5	Pekerj. Pasangan Batako 1 Pc : 5 Ps	523,04	m <sup>2</sup>	14	0,56		0,37				3,74			11,98
6	Pekerj. Plesteran 1 Pc : 6 Ps tebal 15mm	2410,69	m <sup>2</sup>	14	1,72		2,58				25,83			34,44
7	Pekerj. Plesteran 1 Pc : 3 Ps tebal 15mm	459,992	m <sup>2</sup>	14	0,33		0,49				4,93			6,57
8	Pekerj. Acian tembok, kolom dll	3226,192	m <sup>2</sup>	21	0,02								16,75	
9	Pekerj. Acian listplank	158,2	m <sup>2</sup>	7	0,00					1,67			2,46	
10	Pekerj. Water profiling	34	m <sup>2</sup>	7					0,25					
<b>D Pekerjaan Beton</b>														
1	Pekerj. Beton rabat 1Pc : 3Ps : 5krk untuk pondasi	11,02	m <sup>3</sup>	7	0,13		0,04				0,39			2,60
2	Pekerj. Beton rabat 1Pc : 3Ps : 5krk untuk lantai	99,56	m <sup>3</sup>	7	1,14		0,36				3,56			23,47
3	Pekerj. Beton bertulang poer (Fe = 150 kg)	195,84	m <sup>3</sup>	21	3,22	0,98	0,93			9,79	9,33			65,75
4	Pekerj. Beton bertulang sloop struktur (Fe = 235 kg)	67,84	m <sup>3</sup>	21	1,33	0,53	0,32	0,67		5,31	3,23	6,72		32,45
5	Pekerj. Beton sloop praktis (Fe = 80 kg)	2,658	m <sup>3</sup>	7	0,07	0,21	0,01	0,08		0,21	0,09	0,79		2,00
6	Pekerj. Beton bertulang kolom struktur (Fe = 235 kg)	69,478	m <sup>3</sup>	21	1,89	0,54	0,33	0,36		5,44	10,95	3,64		28,60
7	Pekerj. Beton bertulang balok struktur (Fe = 250 kg)	73,6	m <sup>3</sup>	21	1,37	0,61	0,35	0,24		6,13	3,50	2,43		30,15
8	Pekerj. Beton bertulang pelat lantai (Fe = 100 kg)	137,55	m <sup>3</sup>	21	2,27	0,46	0,66	0,62		4,99	6,55	6,12		49,82
9	Pekerj. Beton bertulang tangga samping (Fe = 165 kg)	7,4	m <sup>3</sup>	21	0,14	0,04	0,04	0,10		0,41	0,35	0,97		3,46
10	Pekerj. Beton bertulang tangga tengah (Fe = 230 kg)	4,83	m <sup>3</sup>	14	0,14	0,06	0,03	0,09		0,56	0,35	0,82		3,54
11	Pekerj. Beton bertulang ruang lift (Fe = 210 kg)	20,42	m <sup>3</sup>	21	0,37	0,14	0,10	0,11		1,43	0,97	1,07		8,24
12	Pekerj. Beton listplank struktur (Fe = 100 kg)	8,87	m <sup>3</sup>	7	0,44	0,09	0,13	0,12		0,89	1,27	1,18		9,64
13	Pekerj. Beton kolom praktis (Fe = 80 kg)	5,12	m <sup>3</sup>	7	0,13	0,41	0,02	0,15		0,41	0,18	1,52		3,85
14	Pekerj. Beton balok lantai (Fe = 80 kg)	8,87	m <sup>3</sup>	7	0,22	0,71	0,03	0,26		0,71	0,32	2,64		6,67
15	Pekerj. Beton plat meja (Fe = 80 kg)	0,39	m <sup>3</sup>	7	0,01	0,03	0,00	0,01		0,03	0,01	0,12		0,29
16	Pekerj. Beton tiang pancang Persegi Prestres (250 x 250) mm panjang 5m	392	bh	28										
<b>E Pekerjaan Plafond dan Partisi Gypsum</b>														
1	Pekerj. Pasang Plafond Gypsum 9 mm	1156,2	m <sup>2</sup>	21	0,28			0,28				2,75		5,51
2	Pekerj. Pasang List Gypsum 12 mm	1077,5	m <sup>1</sup>	7	0,15			0,31				3,23		3,23
<b>F Pekerjaan Kusen, Pintu, Jendela, Kaca, dan Railing Tangga</b>														
1	Pekerj. Kusen aluminium 4 "	934,04	m <sup>1</sup>	21										
2	Pekerj. Daun pintu double teakwood 4 mm + kaca bening 5mm	53,76	m <sup>2</sup>	28	0,06			0,384				3,84		1,152
3	Pekerj. Kusen PVC 4 " KMWC	51,84	m <sup>1</sup>	21										
4	Pekerj. Daun pintu PVC KMWC dan shaft	12,12	m <sup>2</sup>	14										
5	Pekerj. Daun jendela aluminium + kaca bening 5mm	105,28	m <sup>2</sup>	14										
6	Pekerj. Daun ventilasi aluminium + kaca bening 5mm	49,67	m <sup>2</sup>	7										
7	Pekerj. Pasang kaca cermin 5 mm (0,95X1,45m)	2	bh	21	0,00			0,00				0,02		0,00
8	Pekerj. Pasang kaca cermin 5 mm (0,95X0,95m)	2	bh	7	0,00			0,00				0,04		0,00
9	Pekerj. Hand railing tangga stainless + cover kayu	47,6	m <sup>1</sup>	21										
10	Pekerj. Hand railing tangga stainless	13,21	m <sup>1</sup>	14										
<b>G Pekerjaan Pasangan Lantai dan Keramik</b>														
1	Pekerj. Pas. Lantai keramik 45X45 Exs. Mulia	1231,16	m <sup>2</sup>	21	1,17		1,76				11,73			24,92
2	Pekerj. Pas. Lantai keramik (40X40)cm KMWC	34	m <sup>2</sup>	7	0,10		0,15				0,97			2,06
3	Pekerj. Pas. keramik dinding 25X40 Exs Mulia	139,88	m <sup>2</sup>	14	0,25	0,40	0,40				4,00			5,00
4	Pekerj. Pas. keramik plint 10X40 Exs Mulia	97,524	m <sup>1</sup>	7	0,42		0,42				4,18			8,36
5	Pekerj. Pas.keramik tangga	49,2	m <sup>2</sup>	14	0,09		0,14				0,14			1,76
6	Pekerj. Pas.keramik meja wastafel (25X40)cm Exs Mulia	4,55	m <sup>2</sup>	14	0,01		0,01				0,01			0,16
7	Pekerj. Pas. Lantai koral sikat	8,76	m <sup>2</sup>	14	0,00		0,03				0,63			0,16
8	Pekerj. Pas. Steep nosing marmer	118,4	m <sup>1</sup>	7	0,05		0,14				0,03			1,01
<b>H Pekerjaan Pengecatan dan Polituran</b>														
1	Pekerj. Pengecatan tembok, kolom, dan tangga	3226,192	m <sup>2</sup>	28	0,29					0,73			7,26	3,23
2	Pekerj. Pengecatan plafond	1156,2	m <sup>2</sup>	21	0,14					0,33			0,50	3,85
3	Pekerj. Pengecatan list plafond gypsum L = 12 cm	1077,5	m <sup>1</sup>	14	0,02					0,06			0,08	0,65
4	Pekerj. Pengecatan listplank beton	158,2	m <sup>2</sup>	14	0,03					0,07			0,10	0,79
5	Pekerj. Polituran daun pintu + papan railing	116,56	m <sup>2</sup>	21	0,17					0,14			1,28	1,67
<b>I Pekerjaan Kunci, engsel, dan grendel</b>														
1	Pekerj. Pasang kunci pintu	26	set	14	0,01			0,02				0,93		0,02
2	Pekerj. Pasang kunci pintu bulat KM/WC, Shaft	12	set	14	0,00			0,00				0,43		0,00
3	Pekerj. Pasang engsel stainless pintu 4"	174	bh	14	0,01			0,19				1,86		0,19
4	Pekerj. Pasang engsel stainless jendela 3"	580	bh	7	0,04			0,83				8,29		0,83
5	Pekerj. Pasang grendel tanam	22	ps	7	0,00			0,06				0,63		0,06
6	Pekerj. Pasang kait angin siku jendela	580	bh	14	0,03			0,62				6,21		0,62
7	Pekerj. Pasang door closer	26	bh	14	0,05			0,09				0,93		0,09
8	Pekerj. Pasang grendel jendela/ventilasi	290	bh	14	0,02			0,41				4,14		0,41
<b>II Pekerjaan Lantai II</b>														
<b>A Pekerjaan Beton</b>														
1	Pekerj. Beton bertulang kolom struktur (Fe = 235 kg)	62	m <sup>3</sup>	21	1,68	0,49	0,30	0,32		4,86	9,77	3,25		25,52
2	Pekerj. Beton bertulang balok struktur (Fe = 250 kg)	64,16	m <sup>3</sup>	28	0,90	0,40	0,23	0,16		4,01	2,29	1,59		19,71
3	Pekerj. Beton bertulang pelat lantai (Fe = 100 kg)	75,084	m <sup>3</sup>	28	0,93	0,19	0,27	0,25		1,88	2,68	2,51		20,40
4	Pekerj. Beton bertulang tangga samping (Fe = 165 kg)	3,5	m <sup>3</sup>	28	0,05	0,01	0,01	0,03		0,14	0,13	0,34		1,23
5	Pekerj. Beton bertulang tangga tengah (Fe = 230 kg)	4,83	m <sup>3</sup>	28	0,07	0,03	0,02	0,05		0,28	0,17	0,41		1,77
6	Pekerj. Beton bertulang ruang lift (Fe = 210 kg)	8,262	m <sup>3</sup>	21	0,15	0,06	0,04	0,04		0,58	0,39	0,43		3,33
7	Pekerj. Beton listplank (Fe = 100 kg)	1,964	m <sup>3</sup>	21	0,03	0,01	0,01	0,01		0,07	0,09	0,09		0,71
<b>B Pekerjaan Pembersihan Akhir</b>														
1	Pekerj. Pembersihan akhir	1	ls	7	4,41									4,41
Alokasi Kebutuhan Sumber Daya Manusia					596,94	109,67	223,81	116,95	68,79	1010,9	2391,09	1182,0	611,95	10653,4

Pada setiap proyek konstruksi jumlah kebutuhan sumber daya manusia berfluktuasi yang disebabkan oleh jenis pekerjaan, volume pekerjaan yang selalu berubah-ubah dan waktu pelaksanaannya, dimana untuk memperkecil fluktuasi yang ada maka perlu dilakukan pemerataan sumber daya manusia. Pemerataan sumber daya manusia ini sangat diperlukan untuk menekan jumlah tenaga kerja yang diberhentikan pada saat volume pekerjaan berkurang dan banyaknya menambah tenaga kerja baru bila volume pekerjaan bertambah.

Proses pemerataan sumber daya manusia dilakukan dengan melihat tenggang waktu (float) yang ada pada setiap pekerjaan, dimana pekerjaan nonkritik yang memiliki float digeser sesuai dengan total float maksimum yang

dimiliki. Dimana penggeseran pekerjaan nonkritis tidak boleh melebihi float yang dimiliki karena akan mempengaruhi waktu penyelesaian proyek.

Dalam penentuan kebutuhan sumber daya manusia dibantu dengan mempergunakan program Microsoft Project yang bertujuan untuk mempermudah dalam melakukan leveling. Langkah awal yang dilakukan adalah dengan membuat *gantt chart* yang didalamnya terdapat uraian pekerjaan, waktu pelaksanaan (durasi), predecessor (kegiatan yang sebelumnya) dan jumlah kebutuhan tenaga kerja untuk tiap jenis pekerjaan. Selanjutnya secara otomatis akan diketahui grafik kebutuhan sumber daya manusia per harinya dengan melihat pada *resources graph*.

Dari jumlah sumber daya manusia yang telah di hitung, baik sebelum maupun setelah leveling maka ditentukan periode atau tahapan pelaksanaan yang disebut dengan tahap. Definisi satu periode atau tahap adalah suatu tenggang waktu yang terdapat jumlah kebutuhan sumber daya manusia yang sama. Dalam hal ini periode pelaksanaan untuk masing-masing sumber daya manusia berbeda-beda baik sebelum maupun setelah leveling..

Biaya tambahan yang terdapat pada suatu proyek konstruksi terdiri dari:

1. Biaya Mempertahankan  
Biaya mempertahankan tenaga kerja biasanya sama dengan upah yang didapat dari tenaga kerja ditambah biaya akomodasi (biaya transportasi)
2. Biaya Menambah  
Biaya menambah tenaga kerja baru meliputi biaya tiap kali menambah tenaga kerja dari pihak ketiga ditambah biaya upah + biaya transportasi dikalikan banyaknya penambahan tenaga kerja. Dimana biaya tiap kali menambah tenaga kerja baru diasumsikan sebesar Rp 20.000
3. Biaya Menghentikan  
Pada kasus ini kontraktor tidak memberikan pesangon kepada tenaga kerja karena dianggap masa kerjanya kurang dari satu tahun.

**Tabel 2.** Biaya alokasi sumber daya manusia

Tenaga Kerja	Upah (A) (Rp)	Upah per Minggu (A x 7)	Biaya Mempertahankan (C <sub>1</sub> )	Biaya Menambah (C <sub>2</sub> )
Mandor	70.000	Rp 490.000	Rp 490.000	Rp 20.000 + Rp 70.000
Kepala tukang besi	70.000	Rp 490.000	Rp 490.000	Rp 20.000 + Rp 70.000
Kepala tukang batu	70.000	Rp 490.000	Rp 490.000	Rp 20.000 + Rp 70.000
Kepala tukang kayu	70.000	Rp 490.000	Rp 490.000	Rp 20.000 + Rp 70.000
Kepala tukang cat	70.000	Rp 490.000	Rp 490.000	Rp 20.000 + Rp 70.000
Tukang besi	50.000	Rp 350.000	Rp 350.000	Rp 20.000 + Rp 50.000
Tukang batu	55.000	Rp 385.000	Rp 385.000	Rp 20.000 + Rp 55.000
Tukang kayu	60.000	Rp 420.000	Rp 420.000	Rp 20.000 + Rp 60.000
Tukang cat	40.000	Rp 280.000	Rp 280.000	Rp 20.000 + Rp 40.000
Pekerja	30.000	Rp 210.000	Rp 210.000	Rp 20.000 + Rp 30.000

Persamaan rekrusif untuk masing-masing tenaga kerja dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Persamaan Rekrusif Masing-masing Tenaga Kerja

No	Tenaga Kerja	Persamaan Rekrusif	Keterangan
1	Mandor	$F_j (Y_{j-1})= 490.000*(Y_j-b_j)+20.000+70.000*(Y_j-Y_{j-1})$ $F_j (Y_{j-1})= 490.000*(Y_j-b_j)+20.000+70.000*(Y_j-Y_{j-1}) + F_{j+1}$	$j = n$ $j = 1,2,3,\dots,n-1$
2	Kepala Tukang Besi	$F_j (Y_{j-1})= 490.000*(Y_j-b_j)+20.000+70.000*(Y_j-Y_{j-1})$ $F_j (Y_{j-1})= 490.000*(Y_j-b_j)+20.000+70.000*(Y_j-Y_{j-1}) + F_{j+1}$	$j = n$ $j = 1,2,3,\dots,n-1$
3	Kepala Tukang Batu	$F_j (Y_{j-1})= 490.000*(Y_j-b_j)+20.000+70.000*(Y_j-Y_{j-1})$ $F_j (Y_{j-1})= 490.000*(Y_j-b_j)+20.000+70.000*(Y_j-Y_{j-1}) + F_{j+1}$	$j = n$ $j = 1,2,3,\dots,n-1$
4	Kepala Tukang Kayu	$F_j (Y_{j-1})= 490.000*(Y_j-b_j)+20.000+70.000*(Y_j-Y_{j-1})$ $F_j (Y_{j-1})= 490.000*(Y_j-b_j)+20.000+70.000*(Y_j-Y_{j-1}) + F_{j+1}$	$j = n$ $j = 1,2,3,\dots,n-1$
5	Kepala Tukang Cat	$F_j (Y_{j-1})= 490.000*(Y_j-b_j)+20.000+70.000*(Y_j-Y_{j-1})$ $F_j (Y_{j-1})= 490.000*(Y_j-b_j)+20.000+70.000*(Y_j-Y_{j-1}) + F_{j+1}$	$j = n$ $j = 1,2,3,\dots,n-1$
6	Tukang Besi	$F_j (Y_{j-1})=350.000+20.000+50.000*(Y_j-Y_{j-1})$ $F_j (Y_{j-1})=350.000*(Y_j-b_j)+20.000+50.000*(Y_j-Y_{j-1}) + F_{j+1}$	$j = n$ $j = 1,2,3,\dots,n-1$
7	Tukang Batu	$F_j (Y_{j-1})=385.000*(Y_j-b_j)+20.000+55.000*(Y_j-Y_{j-1})$ $F_j (Y_{j-1})=385.000*(Y_j-b_j)+20.000+55.000*(Y_j-Y_{j-1}) + F_{j+1}$	$j = n$ $j = 1,2,3,\dots,n-1$
8	Tukang Kayu	$F_j (Y_{j-1})=420.000*(Y_j-b_j)+20.000+60.000*(Y_j-Y_{j-1})$ $F_j (Y_{j-1})=420.000*(Y_j-b_j)+20.000+60.000*(Y_j-Y_{j-1}) + F_{j+1}$	$j = n$ $j = 1,2,3,\dots,n-1$
9	Tukang Cat	$F_j (Y_{j-1})=280.000*(Y_j-b_j)+20.000+40.000*(Y_j-Y_{j-1})$ $F_j (Y_{j-1})=280.000*(Y_j-b_j)+20.000+40.000*(Y_j-Y_{j-1}) + F_{j+1}$	$j = n$ $j = 1,2,3,\dots,n-1$
10	Pekerja	$F_j (Y_{j-1})=210.000*(Y_j-b_j)+20.000+30.000*(Y_j-Y_{j-1})$ $F_j (Y_{j-1})=210.000*(Y_j-b_j)+20.000+30.000*(Y_j-Y_{j-1}) + F_{j+1}$	$j = n$ $j = 1,2,3,\dots,n-1$

Langkah-langkah perhitungan :

1. Tentukan nilai  $C_1$  dan  $C_2$  misalkan  $C_1 = \text{Rp } 490.000$   
 $C_2 = \text{Rp } 20.000 + \text{Rp } 490.000$
2. Tentukan nilai  $b_j$  untuk tahap 20 dan nilai  $Y_{j-1}$
3. Nilai  $Y_j$  awal dianggap sama dengan  $b_j = 0,53$
4. Yang harus diperhatikan :
  - a. Jika nilai  $b_j = Y_j$  maka nilai  $C_1 = 0$
  - b. Jika nilai  $b_j \leq Y_j$  maka nilai  $C_1 = C_1$
  - c. Jika nilai  $Y_j \leq Y_{j-1}$  maka nilai  $C_2 = 0$  dan nilai  $Y_{j-1} = Y_{j-1}$
  - d. Jika nilai  $Y_j \geq Y_{j-1}$  maka nilai  $C_2 = C_2$  dan nilai  $Y_{j-1}$  adalah nilai antara  $Y_j$  dengan  $Y_{j-1}$
5. Buat tabel perhitungan dari belakang ke depan (cara mundur)

Tahap 20

$b_{20} = 0,53 \rightarrow Y_{19} = 0,16 \leq Y_{20} = 0,53$ , maka nilai  $Y_{19}$  diambil  $0,16—0,53$

	$490000*(Y_{20}-b_{20})+20.000+70.000*(Y_{20}-Y_{19})$	Keputusan optimal	
$Y_{19}$	$Y_{20} = 0,53$	$F_{20} (Y_{19})$	$Y_{20}^*$
0,16	$0 + 20.000+70.000*(0,37)$	45.900	0,53
0,36	$0 + 20.000+70.000*(0,17)$	31.900	0,53
0,53	$0 + 0$	0	0,53

Tahap 19

$b_{19} = 0,16 \rightarrow Y_{18} = 0,83 \geq Y_{19} = 0,16$ , maka nilai  $Y_{18}$  diambil  $0,83$

	$490.000*(Y_{19}-b_{19})+20.000+70.000*(Y_{19}-Y_{18})+F_{20}(Y_{19})$			Keputusan optimal	
$Y_{18}$	$Y_{19} = 0,16$	$Y_{19} = 0,36$	$Y_{19} = 0,53$	$F_{19} (Y_{18})$	$Y_{19}^*$
0,83	45.900	129.900	181.300	45.900	0,16

Dan seterusnya.

6. Menentukan penambahan biaya yang terjadi pada setiap tahap perhitungan

Tahap	Jumlah Mandor	Biaya	Keterangan
1	0,13	1.349.800	-
2	1,77	1.215.000	tambah Rp 134.800
3	4,11	1.031.200	tambah Rp 183.800
4	4,71	969.200	tambah Rp 62.000
5	5,15	918.400	tambah Rp 50.800
6	8,56	659.700	tambah Rp 258.300
7	5,41	659.700	tetap
8	11,68	200.800	tambah Rp 458.900
9	5,94	200.800	tetap
10	5,96	179.400	tambah Rp 21.400
11	4,9	179.400	tetap
12	5,32	130.000	tambah Rp 49.400
13	5,17	130.000	tetap
14	3,84	130.000	tetap
15	4,28	79.200	tambah Rp 50.800
16	1,25	79.200	tetap
17	1,44	45.900	tambah Rp 33.300
18	0,83	45.900	tetap
19	0,16	45.900	tetap
20	0,53	0	tambah Rp 45.900

7. Menentukan biaya sumber daya manusia

Biaya penambahan yang didapat pada langkah 6 ditambah pada biaya sumber daya manusia.

Contoh:

Pada minggu ke-1 biaya SDM adalah Rp 63.700 ditambahkan dengan penambahan biaya pada tahap 1 sebesar Rp 134.800 (tabel langkah 6) sehingga biaya SDM pada minggu ke-2 menjadi Rp 198.500.

Minggu ke-	Jumlah Mandor	Biaya dengan Program Dinamik
1	0,13	63.700
2	1,77	198.500
3	4,11	382.300
4	4,71	444.300
5	5,15	495.100
6	8,56	753.400
7	5,41	753.400
8	11,68	1.212.300
9	5,94	1.212.300
10	5,96	1.233.700
11	4,9	1.233.700
12	5,32	1.283.100
13	5,17	1.283.100
14	3,84	1.283.100
15	4,28	1.333.900
16	1,25	1.333.900
17	1,44	1.367.200
18	0,83	1.367.200
19	0,16	1.367.200
20	0,53	1.413.100
<b>TOTAL</b>		<b>Rp 20.014.500</b>



Dari persamaan rekrusif yang ada maka dilakukan analisis untuk masing-masing tenaga kerja dengan menggunakan program dinamik sebelum dan setelah leveling, hasil analisa yang didapat berupa biaya sumber daya manusia. Rekapitulasi biaya sumber daya manusia dapat dilihat pada tabel 4.

**Tabel 4.** Rekapitulasi Biaya Sumber Daya Manusia dengan Program Dinamik

No.	Sumber Daya Manusia	Sebelum Leveling	Setelah Leveling
1	Mandor	Rp 20.014.500	Rp 14.117.200
2	Kepala Tukang Besi	Rp 10.393.400	Rp 10.199.000
3	Kepala Tukang Batu	Rp 12.130.100	Rp 11.360.100
4	Kepala Tukang Kayu	Rp 6.585.200	Rp 6.769.000
5	Kepala Tukang Cat	Rp 6.903.300	Rp 4.958.200
6	Tukang Besi	Rp 86.513.750	Rp 55.552.901
7	Tukang Batu	Rp 118.893.050	Rp 85.066.250
8	Tukang Kayu	Rp 41.995.200	Rp 42.602.800
9	Tukang Cat	Rp 42.710.000	Rp 30.866.000
10	Pekerja	Rp 134.764.900	Rp 138.451.700
	<b>TOTAL</b>	<b>Rp 480.903.400</b>	<b>Rp 399.943.151</b>
	<b>Dibulatkan</b>	<b>Rp 480.903.400</b>	<b>Rp 399.943.200</b>

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil analisis dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Jumlah sumber daya manusia yang dialokasikan adalah sebanyak 16.966 orang.
2. Biaya sumber daya manusia dengan program dinamik sebelum leveling sebesar Rp 480.903.400 (empat ratus delapan puluh juta sembilan ratus tiga ribu empat ratus rupiah) dan setelah dilakukan leveling sebesar Rp 399.943.200 (tiga ratus sembilan puluh sembilan juta sembilan ratus empat puluh tiga ribu dua ratus rupiah). Selisih biaya sumber daya manusia sebelum dengan setelah leveling sebesar Rp 80.960.200 (delapan puluh juta sembilan ratus enam puluh ribu dua ratus rupiah).

#### DAFTAR PUSTAKA

- Mulyono, Sri. 1991. Operation Research. Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia, Jakarta.
- Safiatus, Siti. 2002. Optimalisasi Biaya Pengadaan Tenaga Kerja Pembetonan, Bistek Jurnal Bisnis dan Teknologi, volume 10 No. 2 Agustus, hal 154-163.
- Soeharto, Iman Ir. 1999a. Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional Jilid I. Erlangga, Jakarta.
- Soeharto, Iman Ir. 1999b. Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional Jilid II. Erlangga, Jakarta.
- Taha, Hamdy A. 1997. Riset Operasi Suatu Pengantar. Bina Rupa Aksara, Jakarta.
- Taylor, III Bernard W. 2001. Sains Manajemen Pendekatan Matematika Untuk Bisnis. Salemba Empat, Jakarta.
- Wahana Komputer. 2001. Panduan Praktis Pengelolaan Proyek Konstruksi dengan Microsoft Project 2000. Andi, Jakarta.

**KoNTeKS 4, UNUD-UAJY-UPH**  
**Sanur, 2-3 Juni 2010**