

**MODEL OPTIMASI WAKTU DAN TENAGA KERJA
MENGUNAKAN PEMROGRAMAN LINIER
PADA PELAKSANAAN PEMBANGUNAN GEDUNG BUDAYA NARMADA**
*Model Optimization of Time and Labor Programming using Linear
Building on Implementation of Cultural Narmada*

Akhirul Husya'bani*, I Gede Putu Warka, Lalu Wirahman Wiradarma****

Abstrak

Penjadwalan proyek berperan penting terhadap keberhasilan pelaksanaan proyek konstruksi. Pada pelaksanaan Pembangunan Gedung Budaya Narmada, digunakan kurva S (S-Curve) dan diagram batang (Bar Chart) dalam penjadwalan pekerjaan sehingga tidak diketahui secara spesifik hubungan ketergantungan antar kegiatan dan dampak keterlambatan suatu kegiatan terhadap jadwal keseluruhan proyek. Masalah lain dalam penjadwalan adalah menentukan durasi dan jumlah tenaga kerja pada proyek dengan jumlah kegiatan yang banyak. Kesalahan dalam menentukan durasi dan jumlah tenaga kerja di awal pelaksanaan akan berdampak pada pengalokasian tenaga kerja dengan fluktuasi yang tinggi, serta penambahan atau pengurangan jumlah tenaga kerja sepanjang pelaksanaan. Untuk itu perlu suatu metode yang dapat membantu dalam keputusan penentuan durasi dan jumlah tenaga kerja. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah dengan model optimasi.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan bentuk model matematis pada penjadwalan pelaksanaan pembangunan Gedung Budaya Narmada, sehingga dapat ditentukan waktu pelaksanaan dan jadwal alokasi tenaga kerja yang optimal sehingga pelaksanaan lebih efektif dan efisien. Pemodelan dilakukan dengan melakukan analisa terhadap data-data sekunder pelaksanaan pekerjaan. Prinsip yang digunakan dalam analisa pemodelan adalah dengan penjadwalan ulang menggunakan metode diagram preseden (PDM) dan metode lintasan kritis (CPM) yang dikonversi ke dalam model optimasi dalam bentuk persamaan matematis yang dapat diselesaikan dengan pemrograman linier. Penyelesaian persamaan model optimasi dilakukan dengan program bantu Excel Solver. Hasil optimasi kemudian dibandingkan dengan hasil analisa durasi dan jadwal alokasi tenaga kerja jadwal pelaksanaan awal.

Hasil pemodelan adalah berupa fungsi minimum, yaitu meminimumkan fungsi biaya (Z), dengan memaksimalkan variabel durasi (d). Batasan utama adalah jumlah durasi pekerjaan pada setiap rangkaian kegiatan lebih besar atau sama dengan satu dan kurang dari atau sama dengan durasi maksimal pelaksanaan pekerjaan. Total durasi pelaksanaan pekerjaan pada jadwal hasil optimasi adalah sebesar 148 hari, menghasilkan alokasi jumlah tenaga kerja maksimum mingguan yang lebih kecil dibandingkan dengan jadwal awal dengan perbedaan alokasi tenaga kerja yang signifikan. Selain itu jadwal hasil optimasi menghasilkan biaya tenaga kerja yang lebih kecil serta efektifitas pengalokasian tenaga kerja yang lebih baik dibandingkan dengan jadwal awal.

Kata kunci : Model, Optimasi, Pemrograman linier, Biaya, Durasi, Tenaga kerja

PENDAHULUAN

Gedung Budaya Narmada berlokasi di jalan Suranadi Kota Narmada Kabupaten Lombok Barat, berjarak sekitar satu kilometer sebelah utara Taman Narmada. Waktu pelaksanaan Pembangunan Gedung Budaya Narmada adalah 150 (seratus lima puluh). Metode penjadwalan menggunakan kurva S (S-Curve) dan diagram batang (*Bar Chart*), sehingga tidak diketahui secara spesifik hubungan ketergantungan antar kegiatan dan dampak keterlambatan suatu kegiatan terhadap jadwal keseluruhan proyek.

Masalah lain dalam penjadwalan adalah menentukan durasi dan jumlah tenaga kerja pada proyek dengan jumlah kegiatan yang banyak. Penggunaan model matematis dan pemrograman linier

* Alumni Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram Jl. Majapahit 62 Mataram

** Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram Jl. Majapahit 62 Mataram

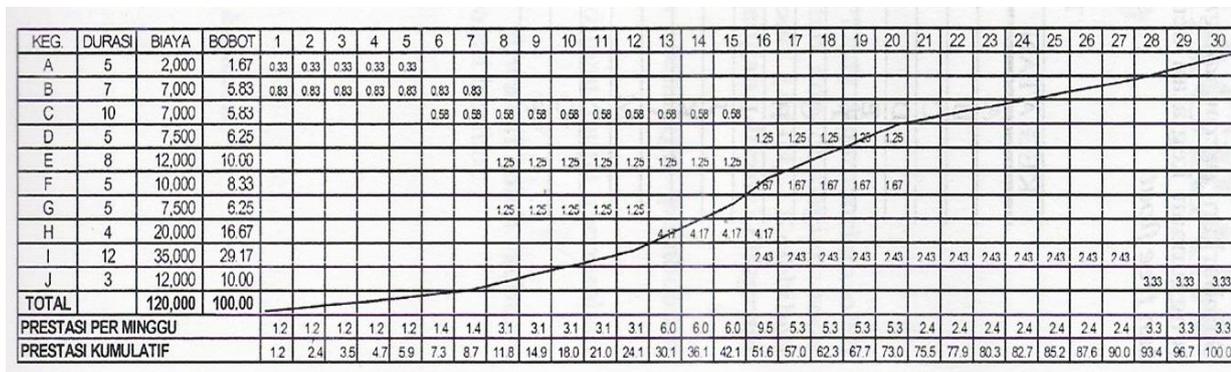
dapat membantu dalam menentukan durasi dan jumlah tenaga yang optimal yang dapat dialokasikan pada suatu pekerjaan. Model matematis dan pemrograman linier yang dibantu dengan pengolah data (komputer) dapat melakukan perhitungan dengan cepat dan akurat.

TINJAUAN PUSTAKA

Diagram balok dan kurva S

Menurut Widiyasanti, dkk (2013) diagram balok (*Barchart*) adalah sekumpulan aktivitas yang ditempatkan dalam kolom horizontal. Waktu mulai, selesai dan durasi setiap kegiatan ditunjukkan dengan balok horisontal di sebelah kanan dari setiap aktivitas, skala waktu horizontal pada bagian atas bagan. Panjang dari balok menunjukkan durasi dari aktivitas dan biasanya aktivitas-aktivitas disusun berdasarkan kronologi pekerjaannya.

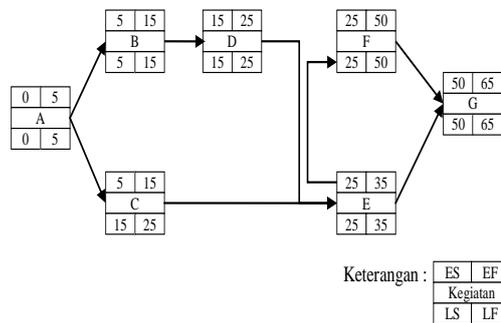
Kurva S adalah hasil plot dari *Barchart*, bertujuan untuk mempermudah melihat kegiatan-kegiatan yang masuk dalam suatu jangka waktu pengamatan progres pelaksanaan proyek.



Gambar 1. Contoh penggunaan kurva S dan *barchart* sebagai alat kontrol pelaksanaan pekerjaan

Precedence diagram method (PDM)

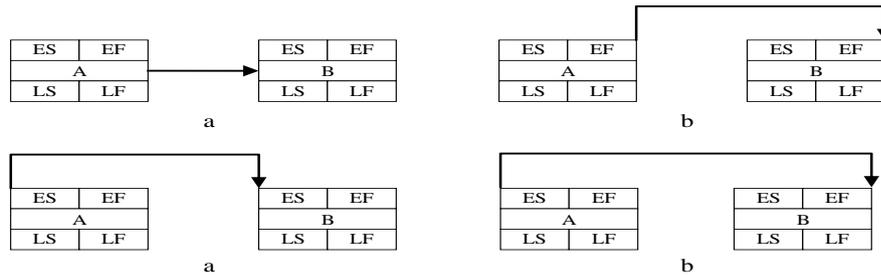
Metode diagram preseden atau *precedence diagram metode* (PDM) merupakan salah satu teknik penjadwalan yang termasuk dalam teknik penjadwalan diagram jaringan (*network planning*) yang menitik beratkan kegiatan pada *node* sehingga disebut juga *activity on node*.



Gambar 2. Contoh diagram jaringan kerja PDM

Keterangan: ES = Waktu tercepat suatu kegiatan dimulai (*earliest start*), EF = Waktu tercepat suatu kegiatan diselesaikan (*earliest finish*), LF = Waktu terlama suatu kegiatan diselesaikan (*latest finish*), LS = Waktu terlama suatu kegiatan dimulai (*latest start*)

Hubungan logis serta waktu mendahului (*lead*) dan waktu tunggu (*lag*).



Gambar 3. Jaringan PDM dan hubungan logis pada diagram PDM

Keterangan :

Finish to start (FS) - kegiatan A selesai – kegiatan B mulai

Finish to Finish (FF) - kegiatan A selesai – kegiatan B selesai

start to start (SS) - kegiatan A mulai – kegiatan B mulai

start to Finish (SF) - kegiatan A mulai - kegiatan B selesai



Gambar 4. Contoh waktu mendahului (*lead*) dan waktu tunda (*lag*)

Rumus-rumus perhitungan pada diagram PDM (Anonim, 1997).

$$LS_i = LF_i - d_i \quad \dots \dots \dots (1)$$

Hubungan *finish to start (FS)*:

$$ES_j = EF_i \pm (\text{lead/lag}) \quad \dots \dots \dots (2)$$

$$EF_j = ES_j + d_j \quad \dots \dots \dots (3)$$

$$LF_i = LS_j \pm (\text{lead/lag}) \quad \dots \dots \dots (4)$$

Hubungan *finish to finish (FF)*:

$$ES_j = EF_i \pm (\text{lead/lag}) - d_j \quad \dots \dots \dots (5)$$

$$EF_j = ES_i + (\text{lead/lag}) \quad \dots \dots \dots (6)$$

$$LF_i = LF_j + (\text{lead/lag}) \quad \dots \dots \dots (7)$$

Hubungan *start to start (SS)*:

$$ES_j = ES_i \pm (\text{lead/lag}) \quad \dots \dots \dots (8)$$

$$EF_j = ES_j + d_j \quad \dots \dots \dots (9)$$

$$LF_i = LS_j \pm (\text{lead/lag}) + d_i \quad \dots \dots \dots (10)$$

dengan: *i* = Kegiatan yang mendahului, *j* = Kegiatan yang mengikuti, *d* = Durasi kegiatan, *ES* = Waktu tercepat suatu kegiatan dimulai (*earliest start*), *EF* = Waktu tercepat suatu kegiatan diselesaikan (*earliest finish*), *LF* = Waktu terlama suatu kegiatan diselesaikan (*latest finish*), *LS* = Waktu terlama suatu kegiatan dimulai (*latest start*)

Metode lintasan kritis / Critical Path Methode (CPM)

Lintasan kritis adalah lintasan sepanjang diagram jaring yang mempunyai waktu terpanjang (durasi proyek), atau lintasan-lintasan yang melalui kegiatan-kegiatan yang tidak mempunyai waktu jeda (*float*). *Total float* (TF) adalah sejumlah waktu dimana suatu aktivitas non kritis boleh terlambat tanpa mempengaruhi waktu selesainya proyek. *Free float* (FF) adalah sejumlah waktu dimana suatu aktivitas non kritis boleh terlambat tanpa mempengaruhi aktivitas berikutnya.

Rumus mencari TF dan FF pada metode PDM dihitung dengan persamaan 11 dan 12.

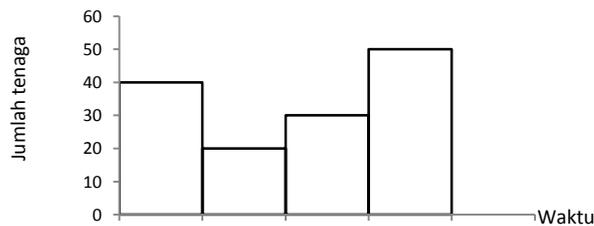
$$TF = LF - EF \quad \dots\dots\dots (11)$$

$$FF = ES_j - EF_i \quad \dots\dots\dots (12)$$

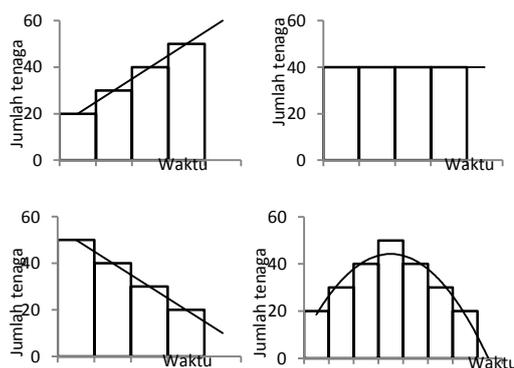
Dengan: i = Kegiatan yang mendahului, j = Kegiatan yang mengikuti, ES = Waktu tercepat suatu kegiatan dimulai (*earliest start*), EF = Waktu tercepat suatu kegiatan diselesaikan (*earliest finish*), LF = Waktu terlama suatu kegiatan diselesaikan (*latest finish*)

Penjadwalan tenaga kerja (*resource allocation*)

Dalam suatu proyek, tenaga kerja yang digunakan memiliki porsi biaya yang terbesar. Oleh karena itu, sudah merupakan keharusan bagi seorang manajer proyek memperhatikan dengan cermat hal tersebut agar tidak terjadi pemborosan. Alokasi tenaga kerja yang baik menghindari terjadinya fluktuasi penggunaan tenaga kerja yang besar di setiap periodenya.



Gambar 5. Contoh grafik sumber daya yang tidak baik



Gambar 6. Contoh grafik-grafik ideal sumber daya

Model optimasi dan pemrograman linier

Menurut Suyitno (1997) model matematika merupakan ungkapan suatu masalah dalam bahasa matematika, sedangkan menurut Dimiyati dkk (1994) model matematika adalah penggambaran dunia nyata melalui simbol-simbol matematis.

Pemrograman Linier (*Linear programming*) merupakan suatu model umum yang dapat digunakan dalam pemecahan masalah pengalokasian sumber-sumber yang terbatas secara optimal.

Model matematika dalam program linier dirumuskan dengan persamaan 13 – 16.

Fungsi tujuan

$$Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \dots\dots\dots (13)$$

Harus memenuhi fungsi kendala :

$$a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_mx_m \geq b_1 \dots\dots\dots (14)$$

atau :

$$a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_mx_m = b_1 \dots\dots\dots (15)$$

atau :

$$a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_mx_m \leq b_1, i = 1,2,3, \dots, m \dots\dots\dots (16)$$

dengan: c_1, c_2, \dots, c_n = konstanta, x_1, x_2, \dots, x_n = variable, $a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_mx_m$ = variabel batasan, b = fungsi batasan, Z = fungsi tujuan

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Kota Narmada kabupaten Lombok Barat.



Gambar 7. Lokasi Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Model Optimasi

Optimasi dilakukan dengan meminimumkan variabel jumlah tenaga kerja.

Minimumkan Z , dimana :

$$Z = \sum_{i=1}^n \left(\frac{k_i \times V_i}{d_i} \right) \dots\dots\dots (17)$$

Dengan variabel optimasi: d_i , dengan $i = 1,2, \dots, n$

Dengan batasan utama:

$$1 \leq \sum_{i=1}^n d_i (\text{pada lintasan}) \leq d_{maks} \dots\dots\dots (18)$$

dengan: w = Perkiraan kebutuhan tenaga kerja kegiatan- i (orang), k = Koefisien tenaga kerja kegiatan- i (orang-hari/ oh), V_i = Volume kegiatan- i , d_i = Durasi kegiatan- i (hari)

Oleh karena nilai-nilai koefisien k_i dan volume V_i pada persamaan di atas merupakan nilai yang tetap pada masing-masing kegiatan, maka agar fungsi Z merupakan nilai minimum dilakukan dengan memaksimalkan variabel d_i . Sehingga model di atas dapat juga dituliskan sebagai fungsi maksimum sebagai berikut.

Maksimumkan Z , dimana:

$$Z = \sum_{i=1}^n d_i \dots\dots\dots (19)$$

Dengan batasan utama yang sama pada persamaan (18)

Pada beberapa kasus, terdapat kegiatan yang hanya memerlukan tukang tanpa pekerja dan sebaliknya, sehingga penggunaan persamaan di atas memberikan jawaban yang kurang tepat karena berapapun durasi yang diberikan oleh optimasi menghasilkan nilai 0 (nol) dalam jawaban. Untuk itu optimasi harus dilakukan bersamaan pada kedua jenis tenaga kerja tersebut.

$$1 \text{ Pekerja (oh)} + 1 \text{ tukang (oh)} \neq 2 \text{ tenaga kerja (oh)}$$

Sehingga terlebih dahulu dikonversi ke dalam komponen harga;

$$\text{Harga pekerja (Rp.)} + \text{Harga tukang (Rp.)} = \text{Harga tenaga kerja (Rp.)}$$

Sehingga model optimasi yang dihasilkan adalah sebagai berikut.

Minimumkan Z , dengan:

$$Z = \sum_{i=1}^n \left(\left(\frac{k_{1i} \times V_i \times \text{harga}_1}{d_i} \right) + \left(\frac{k_{2i} \times V_i \times \text{harga}_2}{d_i} \right) \right) \dots\dots\dots (20)$$

dengan variabel optimasi: d_i , dengan $i = 1, 2, \dots, n$

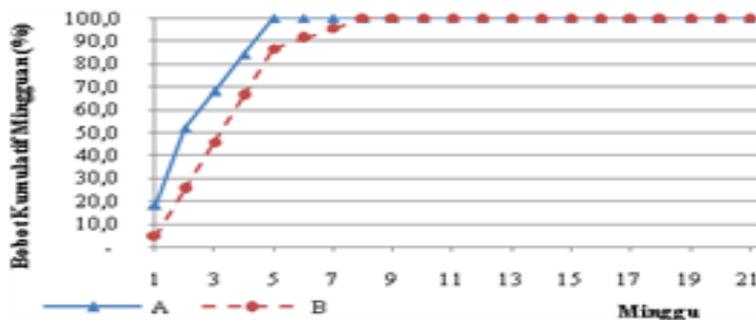
batasan utama yang sama pada persamaan (18)

dengan : k_{1i} = Koefisien pekerja kegiatan- i (orang-hari/oh), k_{2i} = Koefisien tukang kegiatan- i (orang-hari/oh), V_i = Volume kegiatan- i , harga_1 = Harga satuan pekerja (Rupiah), harga_2 = Harga satuan tukang (Rupiah), d_i = Durasi kegiatan- i (hari)

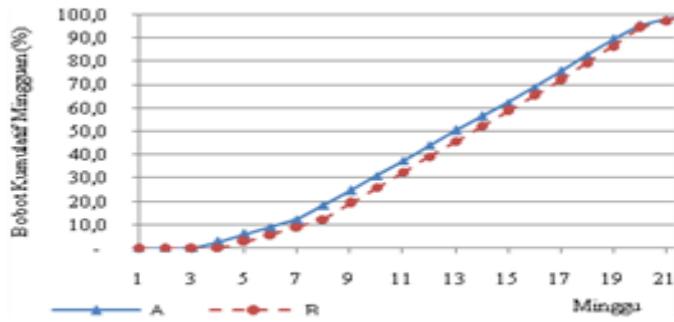
Waktu Pelaksanaan Pekerjaan

Waktu pelaksanaan pekerjaan menurut jadwal pelaksanaan awal adalah 150 (seratu lima puluh) hari kalender atau 22 (dua puluh dua) minggu. Penjadwalan ulang hasil optimasi, menghasilkan durasi total pelaksanaan penyelesaian pekerjaan selama 148 (seratus empat puluh delapan) hari atau 22 (dua puluh dua) minggu. Sedangkan masing-masing sub pekerjaan memiliki durasi pelaksanaan yang bervariasi dari durasi jadwal pelaksanaan awal.

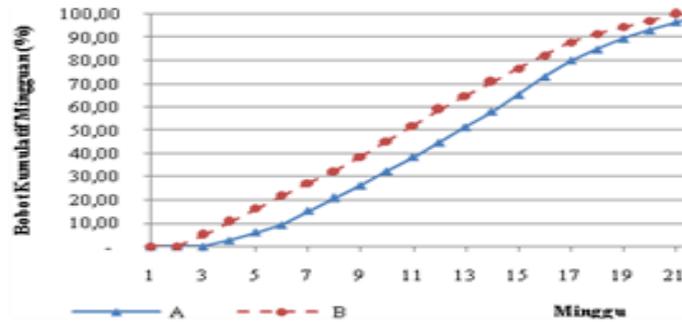
Grafik penyelesaian pekerjaan (S Curve) kedua metode sebagai berikut.



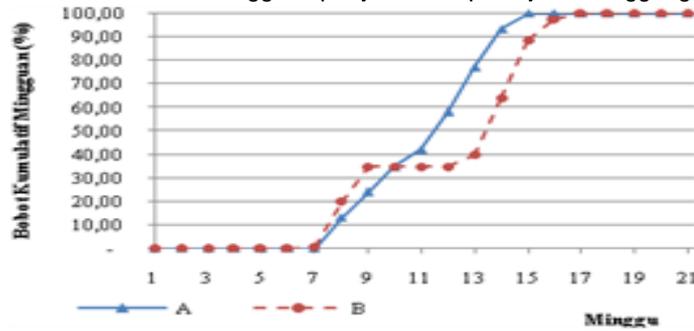
Gambar 8. Grafik bobot kumulatif mingguan penyelesaian pekerjaan Pendahuluan



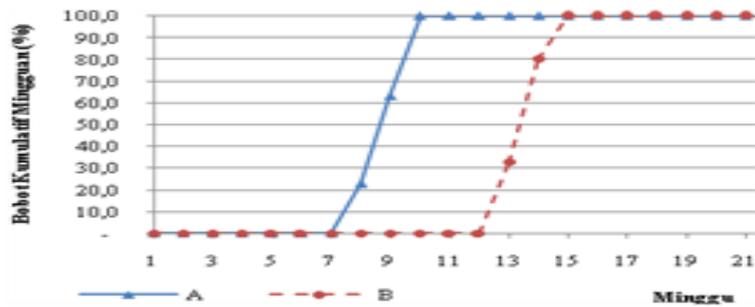
Gambar 9. Grafik bobot kumulatif mingguan penyelesaian pekerjaan Tribun Penonton



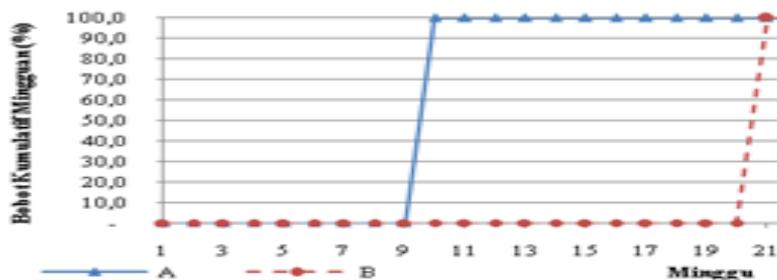
Gambar 10. Grafik bobot kumulatif mingguan penyelesaian pekerjaan Panggung, Ruang Rias & Toilet



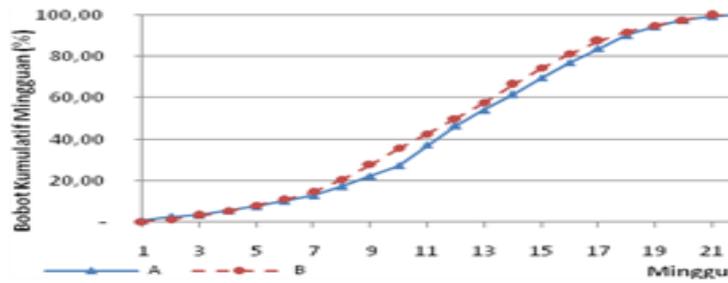
Gambar 11. Grafik bobot kumulatif mingguan penyelesaian pekerjaan Pagar Samping



Gambar 12. Grafik bobot kumulatif mingguan penyelesaian pekerjaan Saluran Drainase



Gambar 13. Grafik bobot kumulatif mingguan penyelesaian pekerjaan Air Minum Kawasan



Gambar 14. Grafik bobot kumulatif mingguan penyelesaian total pekerjaan

keterangan : A = Jadwal lama, B = Jadwal hasil optimasi

Grafik kurva S pada gambar 14 memperlihatkan grafik bobot kumulatif penyelesaian pekerjaan selama 22 (dua puluh dua) minggu pelaksanaan pekerjaan. Dari kedua grafik terlihat perbedaan di awal dan di tengah pelaksanaan. Pada jadwal lama (grafik A), di awal pelaksanaan grafik menanjak dari minggu ke-1 menuju minggu ke-2, kemudian landai menuju minggu ke-3. Pada minggu ke-10, grafik menanjak kembali cukup besar sehingga grafik terlihat patah.

Sedangkan pada grafik hasil optimasi (grafik B), bobot penyelesaian pekerjaan menanjak secara perlahan, kemudian mulai menanjak pesat pada minggu ke-4 dan kembali melandai pada minggu ke-19 sampai minggu ke-22. Penambahan *progress* mingguan dilakukan secara perlahan.

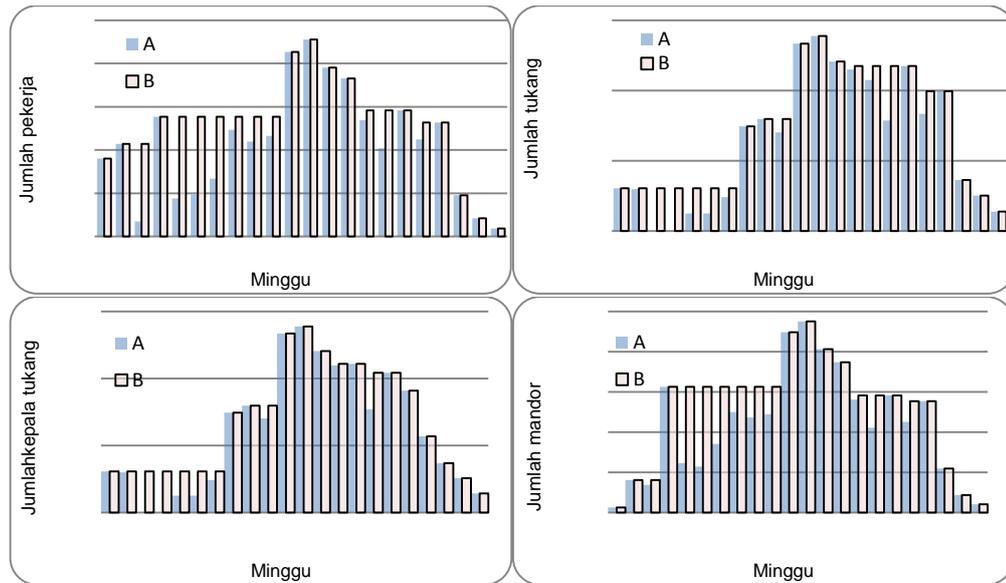
Alokasi Tenaga Kerja

Hasil analisa jumlah tenaga kerja yang dialokasikan pada tiap minggu untuk jadwal pelaksanaan pekerjaan lama dan jadwal hasil optimasi ditampilkan pada tabel berikut.

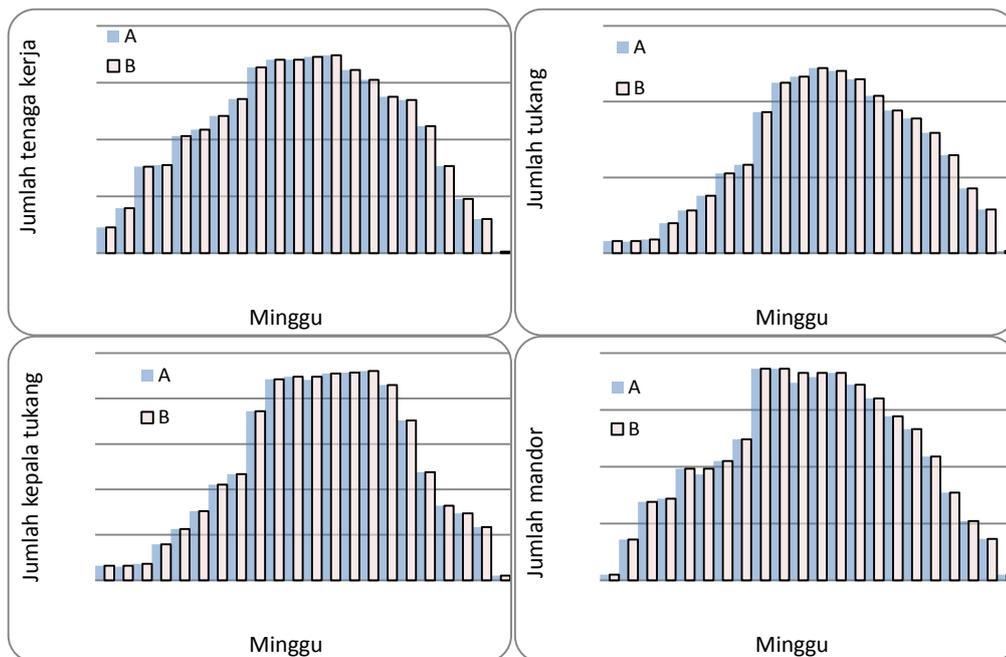
Tabel 1. Alokasi jumlah tenaga kerja tiap minggu pada jadwal pelaksanaan lama dan jadwal hasil optimasi

Minggu ke-	Tenaga Kerja Lama				Tenaga Kerja Hasil Optimasi			
	Pekerja	Tukang	Kepala Tukang	Mandor	Pekerja	Tukang	Kepala Tukang	Mandor
1	360	122	12	1	91	32	3	1
2	428	120	12	8	159	30	3	7
3	69	-	-	7	304	36	4	14
4	554	-	-	31	310	79	8	14
5	176	50	5	12	412	113	11	20
6	194	50	5	11	435	152	15	19
7	268	97	10	17	483	210	21	21
8	493	298	30	25	542	234	23	25
9	439	319	32	24	654	372	37	37
10	465	281	28	24	681	450	44	37
11	854	534	53	45	681	466	45	35
12	911	555	56	48	690	489	44	36
13	781	482	48	41	696	481	46	36
14	731	460	44	37	645	460	46	34
15	537	430	44	28	610	416	46	32
16	408	315	31	21	551	377	43	29
17	583	470	42	29	539	356	35	27
18	449	334	36	23	447	317	24	22
19	528	398	23	28	307	259	16	15
20	190	146	15	11	190	171	15	10
21	84	101	10	4	120	115	12	7
22	37	56	6	2	6	6	1	1

Perbandingan grafik alokasi tenaga kerja pada jadwal awal dan jadwal hasil optimasi dibandingkan dengan grafik alokasi tenaga kerja ideal adalah sebagai berikut.



Gambar 15. Pengisian Perbandingan grafik kebutuhan tenaga kerja mingguan pada jadwal awal dengan grafik tenaga kerja mingguan yang memungkinkan dilaksanakan
 A = Alokasi pekerja jadwal awal
 B = Alokasi pekerja yang memungkinkan dilaksanakan



Gambar 16. Pengisian Perbandingan grafik tenaga kerja mingguan pada jadwal hasil optimasi dengan grafik tenaga kerja mingguan yang memungkinkan dilaksanakan
 A = Alokasi pekerja jadwal hasil optimasi
 B = Alokasi pekerja yang memungkinkan dilaksanakan

Contoh perhitungan biaya tenaga kerja:

Kebutuhan pekerja minggu ke-1 = 360 oh

Harga pekerja = Rp. 46.000,-

Biaya pekerja minggu ke-1 = Kebutuhan pekerja x harga pekerja = Rp. 16.560.000,-

Hasil perhitungan selanjutnya ditabelkan dengan harga satuan upah pekerja Rp.46.000, tukang Rp.72.000, kepala tukang Rp.79.000, mandor Rp.86.000.

Tabel 2. Jumlah pekerja dan biaya penempatan berdasarkan grafik pekerja mingguan yang memungkinkan untuk dilaksanakan (jadwal awal)

Minggu ke-	Jumlah tenaga kerja (oh)				Jumlah harga (Rp)			
	Pekerja	Tukang	Kepala Tukang	Mandor	Pekerja	Tukang	Kepala Tukang	Mandor
1	360	122	12	1	16.569.200	8.798.400	965.380	106.468
2	428	122	12	8	19.695.688	8.798.400	965.380	694.425
3	428	122	12	8	19.695.688	8.798.400	965.380	694.425
4	554	122	12	31	25.495.826	8.798.400	965.380	2.689.709
5	554	122	12	31	25.495.826	8.798.400	965.380	2.689.709
6	554	122	12	31	25.495.826	8.798.400	965.380	2.689.709
7	554	122	12	31	25.495.826	8.798.400	965.380	2.689.709
8	554	298	30	31	25.495.826	21.466.632	2.356.352	2.689.709
9	554	319	32	31	25.495.826	22.987.001	2.523.051	2.689.709
10	554	319	32	31	25.495.826	22.987.001	2.523.051	2.689.709
11	854	534	53	45	39.278.628	38.440.753	4.220.230	3.859.517
12	911	555	56	48	41.919.229	39.980.829	4.387.867	4.092.263
13	781	482	48	41	35.911.462	34.719.610	3.810.855	3.495.151
14	731	470	44	37	33.642.815	33.864.019	3.505.054	3.213.536
15	583	470	44	29	26.833.619	33.864.019	3.505.054	2.504.023
16	583	470	42	29	26.833.619	33.864.019	3.294.225	2.504.023
17	583	470	42	29	26.833.619	33.864.019	3.294.225	2.504.023
18	528	398	36	28	24.280.934	28.669.289	2.872.182	2.383.564
19	528	398	23	28	24.280.934	28.669.289	1.795.947	2.383.564
20	190	146	15	11	8.746.792	10.491.894	1.160.764	939.384
21	84	101	10	4	3.868.543	7.305.929	807.398	370.668
22	37	56	6	2	1.720.368	4.009.205	446.465	171.538
Total					528.581.919	456.772.308	47.260.380	48.744.535
Total harga pekerja+tukang+kepala tukang+mandor :								1.081.359.142

Tabel 3. Jumlah pekerja dan biaya penempatan berdasarkan grafik pekerja mingguan yang memungkinkan untuk dilaksanakan (jadwal hasil optimasi)

Minggu ke-	Jumlah tenaga kerja (oh)				Jumlah harga (Rp)			
	Pekerja	Tukang	Kepala Tukang	Mandor	Pekerja	Tukang	Kepala Tukang	Mandor
1	91	32	3	1	4.169.900	2.329.200	255.565	86.000
2	159	32	3	7	7.296.388	2.329.200	255.565	617.154
3	304	36	4	14	14.001.864	2.610.930	287.125	1.189.038
4	310	79	8	14	14.270.525	5.672.131	622.538	1.238.591
5	412	113	11	20	18.948.399	8.130.631	892.232	1.692.202
6	435	152	15	20	19.997.130	10.941.504	1.200.689	1.692.202
7	483	210	21	21	22.196.567	15.152.001	1.662.785	1.804.306
8	542	234	23	25	24.947.087	16.819.690	1.846.309	2.136.721
9	654	372	37	37	30.072.822	26.780.925	2.939.681	3.204.085
10	681	450	44	37	31.335.272	32.372.674	3.494.046	3.202.348
11	681	466	45	36	31.335.272	33.520.189	3.539.626	3.137.706
12	690	489	45	36	31.758.345	35.206.770	3.539.626	3.137.706
13	696	481	46	36	32.021.567	34.632.135	3.595.632	3.137.706
14	645	460	46	34	29.677.804	33.084.460	3.611.558	2.962.853
15	610	416	46	32	28.042.342	29.919.655	3.636.000	2.751.501
16	551	377	43	29	25.331.338	27.130.105	3.393.482	2.482.092
17	539	356	35	27	24.798.900	25.606.307	2.780.412	2.289.609
18	447	317	24	22	20.550.305	22.859.733	1.876.290	1.873.091
19	307	259	16	15	14.109.755	18.612.099	1.295.830	1.326.965
20	190	171	15	10	8.761.542	12.329.422	1.163.299	898.541
21	120	115	12	7	5.505.220	8.285.642	922.507	625.884
22	6	6	1	1	267.819	413.324	79.000	86.000
Total					439.396.163	404.738.726	42.889.799	41.572.298
Total harga pekerja+tukang+kepala tukang+mandor :								928.596.985

Komparasi Harga Tenaga Kerja

Harga tenaga kerja yang dialokasikan

Berdasarkan analisa jumlah dan harga tenaga kerja, diperoleh jumlah total harga tenaga kerja untuk jadwal awal sebesar Rp 1.081.359.142, sedangkan pada jadwal hasil optimasi sebesar Rp 928.596.985. Sehingga, total biaya tenaga kerja yang dialokasikan pada jadwal hasil optimasi lebih kecil dari jadwal awal dengan penghematan sebesar Rp 1.081.359.142 - Rp 928.596.985 = Rp 152.762.157.

Efektifitas penggunaan tenaga kerja

Efektifitas penggunaan atau pengalokasian tenaga kerja yang memungkinkan untuk dilaksanakan antara jadwal awal dan jadwal hasil optimasi terhadap jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan berdasarkan volume kegiatan adalah sebagai berikut.

Kebutuhan tenaga kerja total berdasarkan volume pekerjaan:

$$\text{Pekerja} = 9.540 \text{ oh} \times \text{Rp } 46.000 = \text{Rp } 438.840.000$$

$$\text{Tukang} = 5.618 \text{ oh} \times \text{Rp } 72.000 = \text{Rp } 404.494.000$$

$$\text{Kepala tukang} = 541 \text{ oh} \times \text{Rp } 79.000 = \text{Rp } 42.739.000$$

$$\text{Mandor} = 478 \text{ oh} \times \text{Rp } 86.000 = \text{Rp } 41.108.000$$

Total jumlah keseluruhannya = Rp 928.181.000

Dengan demikian efektifitas pengalokasian tenaga kerja untuk jadwal pelaksanaan lama adalah:

$$\begin{aligned} \text{Efektifitas} &= \frac{\text{Harga tenaga kerja berdasarkan volume}}{\text{Harga tenaga kerja jadwal lama}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{Rp } 928.181.000}{\text{Rp } 1.081.359.142} \times 100\% = 85,83\% \end{aligned}$$

Sedangkan efektifitas pengalokasian tenaga kerja untuk jadwal pelaksanaan hasil optimasi adalah:

$$\begin{aligned} \text{Efektifitas} &= \frac{\text{Harga tenaga kerja berdasarkan volume}}{\text{Harga tenaga kerja jadwal hasil optimasi}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{Rp } 928.181.000}{\text{Rp } 928.596.985} \times 100\% = 99,96\% \end{aligned}$$

Dari hasil tersebut dapat dikatakan bahwa ditinjau dari jadwal pengalokasian tenaga kerja, maka jadwal pelaksanaan hasil optimasi lebih efektif dibandingkan dengan jadwal pelaksanaan awal.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

1. Model optimasi yang digunakan dalam melakukan penjadwalan pada pelaksanaan Pembangunan Gedung Budaya Narmada adalah model minimaxi, yaitu meminimumkan fungsi biaya (Z), dengan memaksimumkan variabel durasi (d):

$$Z = \sum_{i=1}^n \left(\left(\frac{k_{1i} \times V_i \times \text{harga}_1}{d_i} \right) + \left(\frac{k_{2i} \times V_i \times \text{harga}_2}{d_i} \right) \right)$$

2. Dimana k adalah koefisien tenaga kerja, V adalah volume pekerjaan. Batasan utama adalah jumlah durasi pekerjaan pada setiap rangkaian kegiatan lebih besar atau sama dengan satu dan kurang dari atau sama dengan durasi maksimal pelaksanaan pekerjaan.

$$1 \leq \sum_{i=1}^n d_i(\text{pada suatu lintasan}) \leq d_{maks}$$

3. Jadwal pelaksanaan hasil optimasi memberikan durasi pelaksanaan beberapa sub pekerjaan yang berbeda dengan jadwal awal, baik berupa penambahan dan pengurangan durasi, serta beberapa di antaranya memiliki durasi tetap. Secara keseluruhan durasi penyelesaian pekerjaan pada jadwal hasil optimasi sebesar 148 hari, 2 hari lebih singkat dari jadwal awal (150 hari), dengan alokasi jumlah tenaga kerja maksimum mingguan yang lebih kecil dibandingkan dengan jadwal awal, yaitu

untuk pekerja sebesar 740 OH, tukang 505 OH, kepala tukang 49 OH dan mandor 38 OH. Sedangkan pada jadwal awal pekerja sebesar 911 OH, tukang 555 OH, kepala tukang 56 OH dan mandor 48 OH.

- Jadwal hasil optimasi menghasilkan total biaya tenaga kerja yang lebih kecil (Rp 928.596.985) dibandingkan pada jadwal awal (Rp 1.081.359.142), sehingga menghemat biaya tenaga kerja sebesar Rp 152.762.157. Jika dibandingkan dengan biaya tenaga kerja ideal yang dihitung berdasarkan volume pekerjaan, jadwal hasil optimasi memiliki efektifitas pengalokasian tenaga sebesar 99,96% terhadap biaya ideal, hal ini lebih baik dibandingkan jadwal awal dengan efektifitas sebesar 85,83%.

Saran

- Untuk meningkatkan akurasi dari jawaban yang diberikan oleh program, maka dapat ditambahkan adanya batasan-batasan tertentu yang bersifat khas (*unik*) di dalam suatu pekerjaan.
- Perlu ditemukan model optimasi dan metode penyelesaian untuk melakukan optimasi dalam pemerataan tenaga kerja (*resources levelling*) sehingga fluktuasi dalam pengalokasian tenaga kerja bisa ditekan sekecil mungkin.
- Untuk selanjutnya dapat dilakukan penelitian dalam memodelkan metode *crassing* atau penggunaan metode *less cost analysis* dalam model optimasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2013. *Laporan Akhir Pengawasan Gedung Budaya Narmada* : CV. Garis Estetika konsultan teknik, Mataram.
- Anonim, 1997. *Manajemen Konstruksi, Ditjen Dikti Depdikbud, Cisarua – Bogor*.
- Dimiyati, dkk 1994. *Operations research : Model-model pengambilan keputusan* : Sinar Baru Algensindo, Bandung.
- Dipohusodo, Istimawan. 1996. *Manajemen Proyek dan Konstruksi*: PT. Kanisius, Yogyakarta.
- Ervianto, Wulfram I. 2005. *Manajemen Proyek Konstruksi (Edisi revisi)*. Andi Offset Yogyakarta.
- Fathi, Habib. 2008. *Multiple Resource Constraint Time-Cost-Resource Optimization Using Genetic Algorithm*. Karachi : Department of Civil Engineering, NED University of Engineering & Technology, ICCIDC-1.
- Hasan, Iqbal. 2004. *Analisis Data Penelitian Dengan Statistik*. PT Bumi Aksara, Jakarta.
- Jun, Dho Heon. 2009. *Optimizing Resource Levelling in Construction Project*. *Journal of Construction Engineering and Management*. Urbana : American Society of Civil Engineering, Vol. 135, 11. ASCE.
- Karaini, Armaini Akhirson. 1994. *Pengantar Manajemen Proyek*, Univ Gunadarma Press Jakarta.
- Kareth, Michael. 2012. Analisis Optimalisasi Waktu dan Biaya Dengan Program Primavera 6.0 (Studi Kasus : Proyek Perumahan Puri Kelapa Gading). *Jurnal Sipil Statika Vol.1 No. 1*. s.l. : Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Kurniawan, Dede. 2007. Analisis Anggaran Biaya dan Resource Levelling untuk Efisiensi Pekerja pada Proyek Pembangunan Gedung Sekolah Menengah Umum AL-Azhar di Bumi Serpong Damai. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*. s.l. : Univ Gunadarma Jakarta.
- Laskito, Budi. 2005. Studi Komparatif Penjadwalan Proyek Repetitif Menggunakan Metode Penjadwalan Berulang (RSM) dan Metode Diagram Preseden (PDM). *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*. s.l. : UNS Surakarta.
- Suyitno, Hardi. 1997. *Program Linier* : FMIPA IKIP Semarang.
- Syafriandi dkk 2006. *Aplikasi Microsoft Project Untuk Penjadwalan Kerja Proyek Teknik Sipil*. Andi Offset Yogyakarta : .
- Widiasanti dkk 2013. *Manajemen Konstruksi* PT. Remaja Rosdakarya Offset Bandung.