



EFEKTIVITAS HASIL OPTIMASI BIAYA HARIAN DAN BERJANGKA PADA KASUS PENJADWALAN PROYEK PERUMAHAN TIPE 65

KRIS GULAR PAMITRA¹, LILIK MUZDALIFAH²

^{1,2} Program Studi Matematika, FMIPA, Universitas PGRI Ronggolawe Tuban

*krisgular99.kgp@gmail.com, muzdalifahlilik@gmail.com

ABSTRAK

Proyek merupakan serangkaian kegiatan yang saling berkaitan dan saling mempengaruhi, sifatnya sementara dan berlangsung dalam jangka waktu terbatas, dengan alokasi sumber daya tertentu. Perencanaan dan penjadwalan adalah tahap yang paling menentukan keberhasilan suatu proyek. Akan tetapi dalam pelaksanaannya seringkali ditemukan adanya ketidaktepatan antara jadwal pelaksanaan proyek yang telah direncanakan dengan kenyataan pelaksanaan di lapangan yang dapat mempengaruhi waktu dan biaya pelaksanaan proyek. Pengerjaan proyek perumahan biasa dibagi menjadi beberapa bagian atau biasa disebut dengan *Termin*. Masing-masing *Termin* menentukan pencairan dana yang berbeda jumlahnya, sehingga perencanaan dan pengendalian aspek biaya, waktu, dan sumberdaya harus benar-benar tepat. Pada kenyataannya bahwa pencairan dana proyek perumahan tidak dilakukan secara harian, tetapi pada jangka atau termin tertentu sesuai dengan *progress* pembangunan. Oleh karena itu, kajian terkait optimasi biaya berjangka perlu dilakukan dan dianalisis tingkat efektifitasnya untuk dibandingkan dengan optimasi biaya harian. Tujuan utama dari penelitian ini adalah membandingkan nilai efektifitas antara optimasi biaya harian dan optimasi biaya berjangka pada kasus penjadwalan proyek perumahan tipe 65 guna mendapatkan jadwal proyek perumahan yang efektif dan realistis. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah Metode *Critical Path Method* (CPM). CPM merupakan metode deterministik yang handal untuk menghitung optimasi penjadwalan proyek. Hasil penelitian menunjukkan bahwa optimasi biaya berjangka pada kasus penjadwalan proyek perumahan tipe 65 lebih efektif dan realistis dibandingkan optimasi biaya harian pada kasus yang sama.

Kata Kunci: Penjadwalan Proyek, Optimasi Biaya Harian, Optimasi Biaya Berjangka, CPM.

1 Pendahuluan

Proyek merupakan serangkaian kegiatan yang saling berkaitan dan saling mempengaruhi antara satu dengan yang lainnya, yang sifatnya sementara dan berlangsung dalam jangka terbatas, dengan alokasi sumber daya tertentu yang dimaksudkan untuk menghasilkan produk yang kriteria mutunya telah digaris [1]. Perencanaan dan penjadwalan proyek adalah tahap yang paling menentukan keberhasilan suatu proyek [2]. Akan tetapi dalam pelaksanaannya seringkali ditemukan adanya ketidaktepatan antara jadwal pelaksanaan proyek yang telah direncanakan dengan kenyataan pelaksanaan di lapangan yang dapat mempengaruhi waktu dan biaya pelaksanaan proyek. Keterlambatan tersebut dipengaruhi oleh beberapa hal, diantaranya kekurangan tenaga kerja pada saat pelaksanaan pekerjaan, masalah keuangan kontraktor, keterlambatan pembayaran termin oleh owner, masalah material, peralatan, perubahan-perubahan desain awal [3]. Guna mendapatkan jadwal yang optimal dalam segi waktu dan biaya

diperlukan optimasi penjadwalan proyek yang efektif dan realistis [4]. Penjadwalan proyek yang efektif dan realistis adalah penjadwalan yang terintegrasi dengan aspek waktu, sumber daya, dan biaya proyek.

Sejak tahun 1957 metode *Critical Path Method (CPM)* dikembangkan secara khusus untuk pengawasan proyek konstruksi oleh E.I. du pont de Nemours & Company. Hingga saat ini, metode CPM sering digunakan untuk menyelesaikan kasus optimasi penjadwalan proyek dan terbukti handal [1,2,4,5]. Metode CPM sering dikombinasikan dengan metode *Program Evaluation and Review Technique (PERT)* dalam kasus optimasi proyek. Lebih lanjut, metode CPM juga dikombinasikan dengan berbagai metode metaheuristik guna mendapatkan performa yang lebih optimal [2,4,5].

Beberapa penelitian sebelumnya telah berhasil mengembangkan penjadwalan proyek dengan mengoptimalkan waktu dan biaya [2,6,7,8]. R. Arifudin dan L. Muzdalifah mengkaji penjadwalan proyek dengan mengoptimalkan waktu dan biaya menggunakan metode CPM yang dikombinasikan dengan metode metaheuristik, yaitu algoritma Genetika dan *Cuckoo Search* [2,6]. Metode tersebut diujikan pada data simulasi proyek. Lebih lanjut, L. Muzdalifah mengaplikasikan metode CPM-CS pada kasus penjadwalan proyek perumahan [4]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penjadwalan proyek dapat dibuat dengan mengoptimalkan waktu dan biaya harian sekaligus, tanpa keluar dari Batasan waktu pengerjaan proyek. Pada penelitian-penelitian tersebut, biaya proyek yang dioptimasi adalah biaya harian (biaya proyek per hari). Namun pada kenyataannya, pengerjaan proyek perumahan biasa dibagi menjadi beberapa bagian atau biasa disebut dengan *Termin*. Masing-masing *Termin* menentukan pencairan dana yang berbeda jumlahnya yang nantinya digunakan untuk pembiayaan proyek. Untuk mendapatkan penjadwalan proyek yang lebih efektif dan realistis dari sebelumnya, penjadwalan proyek harus didesain menggunakan biaya berjangka (biaya per termin).

Penelitian ini mengoptimasi penjadwalan proyek dengan melibatkan optimasi waktu dan biaya berjangka yang diujikan pada kasus proyek perumahan tipe 65 pada penelitian [4]. Penelitian ini merupakan penelitian awal yang melibatkan biaya berjangka, sehingga metode yang diterapkan adalah metode deterministik yang umum digunakan, yaitu metode CPM. Hasil penelitian kemudian dibandingkan dengan sub hasil penelitian [4] dengan metode yang sama. Efektifitas antara kedua desain penjadwalan proyek (biaya harian dan biaya berjangka) dilihat dari besarnya rata-rata penyimpangan biaya terhadap realita pencairan dana. Semakin kecil penyimpangan biaya yang dihasilkan, maka penjadwalan proyek semakin optimal.

2 TinjauanPustaka

2.1 Penjadwalan Proyek

Proyek merupakan rangkaian kegiatan yang saling keterkaitan dan saling mempengaruhi antara satu dengan yang lainnya, yang sifatnya sementara dan berlangsung dalam jangka terbatas, dengan alokasi sumber daya tertentu yang dimaksudkan untuk menghasilkan produk yang kriteria mutunya telah digaris [1]. Sebuah proyek mendefinisikan satu kombinasi kegiatan-kegiatan yang saling berkaitan yang harus dilakukan dalam urutan tertentu sebelum keseluruhan tugas dapat diselesaikan [9]. Kegiatan-kegiatan itu saling berkaitan dalam satu urutan yang logis dalam arti bahwa beberapa kegiatan tidak dapat dimulai sampai kegiatan-kegiatan lainnya diselesaikan. Sebuah kegiatan (aktivitas) dalam sebuah proyek biasanya dipandang sebagai sebuah tugas yang memerlukan waktu dan sumber daya untuk penyelesaiannya. Pada umumnya, sebuah proyek adalah satu usaha satu kali, yaitu urutan kegiatan yang sama kemungkinan tidak diulangi di masa mendatang [2].

Penjadwalan proyek adalah pembuatan rencana pelaksanaan setiap kegiatan di dalam suatu proyek dengan mengoptimalkan efisiensi pemakaian waktu dan sumber daya yang tersedia, tetapi kesesuaian presedensi diantara kegiatan tetap dipenuhi [10]. Penjadwalan

proyek merupakan perencanaan pengerjaan proyek mulai dari identifikasi kegiatan, keterurutan, sampai kurun waktu (durasi) dan biaya yang dibutuhkan setiap kegiatan. Ada beberapa tujuan penjadwalan proyek, yaitu menentukan jadwal kegiatan paling awal hingga kegiatan paling akhir dari proyek yang dikerjakan, menghitung kemungkinan bahwa proyek akan selesai dalam jangka waktu tertentu, meminimalkan penyimpangan biaya yang dibutuhkan dalam menyelesaikan proyek, dan mencari jadwal kegiatan yang akan memuluskan alokasi sumber daya selama durasi proyek [9].

2.2 Penjadwalan Proyek dengan Biaya Berjangka

Salah satu sumber daya yang penggunaannya sangat diperhatikan dalam pelaksanaan suatu proyek yaitu sumber daya biaya [2]. Pengaturan biaya dalam penjadwalan proyek akan memudahkan kontraktor maupun perusahaan pengembang proyek mengenai besarnya biaya yang harus dikeluarkan. Untuk mengatur biaya proyek ada satu hal yang perlu diperhatikan, yaitu termin. Termin mempunyai arti jangka atau tahap. Pencairan dana proyek tidak dilakukan sekaligus melainkan cair secara berjangka sesuai progres pengerjaan proyek. Dalam pengerjaan proyek biasanya dibagi menjadi beberapa termin, dan masing-masing termin tersebut menentukan jumlah pencairan dana yang berbeda.

Karena pencairan dana yang berbeda pada tiap terminnya, maka jadwal dibuat agar ada penyeimbangan biaya antara pengeluaran dan pencairan dana pada tiap terminnya. Penyeimbangan biaya dilakukan dengan memanfaatkan kelonggaran waktu dari lintasan non kritis dimana waktu mulai kegiatan dalam lintasan non kritis dapat digeser. Penjadwalan proyek dengan biaya berjangka dikatakan optimal ketika rata-rata penyimpangan biaya pertermin terhadap pencairan dana tiap terminnya adalah minimal.

2.3 Critical Path Method (CPM)

Critical Path Method (CPM) atau disebut metode jalur kritis merupakan salah satu metode penjadwalan proyek yang dikembangkan oleh E.I. du Pont de Nemours & Company dan kemudian diperluas oleh Mauchly Associates. Pada penjadwalan CPM, kegiatan-kegiatan dalam proyek diklasifikasikan menjadi kegiatan kritis dan kegiatan non kritis [9]. Dalam proyek ada beberapa aktivitas yang pelaksanaannya dapat ditunda dan ada beberapa aktivitas lain yang penyelesaiannya tidak dapat ditunda lagi. Aktivitas yang tidak dapat ditunda pengerjaannya bisa disebut aktivitas kritis lebih rincinya sebuah kegiatan dikatakan kritis jika penundaan waktu awalnya (waktu mulai pengerjaan proyek) akan menyebabkan penundaan waktu penyelesaian keseluruhan proyek. Sebuah kegiatan non kritis adalah kegiatan-kegiatan dengan jumlah waktu di antara waktu awal yang paling cepat dengan waktu penyelesaian yang paling akhir (sebagaimana diijinkan oleh proyek yang bersangkutan) adalah lebih panjang dari durasi aktualnya. Masalah yang diselesaikan dalam *CPM* adalah menentukan jalur kritis, yaitu urutan aktivitas kritis, beserta total waktu tercepat untuk menyelesaikan keseluruhan proyek.

Perhitungan jalur kritis mencakup dua tahap, tahap pertama disebut perhitungan maju (*forward pass*), dimana perhitungan dimulai dari *node* “awal” dan bergerak ke *node* “akhir”. Disetiap *node*, sebuah angka dihitung yang mewakili waktu yang tercepat untuk suatu kejadian yang bersangkutan. Tahap kedua yang disebut perhitungan mundur (*backward pass*), memulai perhitungan dari *node* “akhir” dan bergerak ke *node* “awal” [9]. Adapun perhitungan waktu mulai paling awal atau *Earliest Start Time (ES)*, waktu selesai paling awal atau *Earliest Finish Time (EF)*, waktu mulai paling akhir atau *Latest Start Time (LS)*, dan waktu selesai paling akhir atau *Latest Finish Time (LF)* secara detail ada pada [2]. Suatu kegiatan berada dijalur kritis apabila kegiatan tersebut memenuhi kondisi $ES = LS$, $EF = LF$, dan $LF - ES = \text{durasi}$. Kondisi ini menyatakan bahwa tidak ada kelonggaran waktu/ waktu senggang/ waktu mengambang antara awal tercepat (penyelesaian) dan awal terakhir (penyelesaian) dari kegiatan kritis [2].

3 Metode

Tujuan dari penelitian ini adalah mendesain penjadwalan proyek dengan melibatkan optimasi waktu dan biaya berjangka yang diterapkan pada kasus proyek pembangunan perumahan tipe 65 pada penelitian [4]. Metode yang digunakan adalah metode CPM dengan perhitungan dibantu oleh aplikasi POM QM *for windows*. Perhitungan dengan CPM menghasilkan jadwal pengerjaan proyek dengan waktu paling awal (*Earliest*) dan waktu paling akhir (*Latest*), yang terdiri dari berbagai kegiatan kritis dan non kritis. Dengan memanfaatkan kelonggaran waktu pada kegiatan-kegiatan non kritis, hasil penjadwalan proyek dioptimasi kembali dengan fungsi objektif biaya berjangka seperti pada persamaan 1.

$$\text{Min } P = \frac{1}{t} \sum_{i=1}^t |c_i - d_i| \quad (1)$$

dengan P : rata-rata penyimpangan biaya pertermin

t : jumlah termin keseluruhan

c_i : biaya proyek pada termin ke- i

d_i : pencairan dana termin ke- i

Penjadwalan proyek dengan biaya berjangka dikatakan optimal ketika rata-rata penyimpangan biaya pertermin terhadap pencairan dana tiap terminnya adalah minimal.

Hasil optimasi penjadwalan proyek dengan biaya berjangka kemudian dikonversi ke dalam rata-rata penyimpangan biaya harian untuk dibandingkan dengan sub hasil optimasi penelitian [4], yaitu optimasi penjadwalan proyek harian dengan metode CPM. Konversi ini dilakukan agar perbandingan yang dilakukan seimbang. Efektifitas antara kedua desain penjadwalan proyek (biaya harian dan biaya berjangka) dilihat dari besarnya rata-rata penyimpangan biaya terhadap realita pencairan dana. Semakin kecil rata-rata penyimpangan biaya yang dihasilkan, maka penjadwalan proyek semakin optimal.

4 Hasil dan Pembahasan

Data terkait proyek perumahan tipe 65 yang meliputi jenis kegiatan, durasi, kegiatan pendahulu, biaya per kegiatan, hingga hasil pengolahan data menggunakan metode CPM dengan bantuan aplikasi POM-QM For Windows diambil dari hasil studi dokumen pada penelitian sebelumnya [4]. Pengerjaan proyek perumahan tipe 65 dapat diselesaikan dengan waktu tercepat 174 hari dengan total biaya Rp 219.427.715, 00.

Data tambahan yang dibutuhkan untuk perhitungan selanjutnya adalah data pembagian termin pencairan dana berdasarkan progress pembangunan beserta ketentuan persentasenya. Data ini diambil berdasarkan studi kasus pada perusahaan yang sama pada penelitian sebelumnya [4,6]. Adapun data pembagian termin proyek perumahan tipe 65 disajikan pada tabel 1.

Tabel 1: Pembagian Termin Proyek Perumahan Tipe 65

No	Termin	Progres Pembangunan	Konstanta Pencairan Dana (q)
1	I	35%	30%
2	II	55%	20%
3	III	75%	20%
4	IV	100%	30%

berdasarkan data pada tabel 1, pengerjaan proyek dibagi dalam empat termin yang didasarkan pada persentase progres pembangunan. Data tersebut memiliki pengaruh terhadap besarnya

pencairan dana proyek per terminnya. Sebagai contoh, termin I tercapai ketika progress pembangunan mencapai 35%, yang mana pada termin I nantinya akan dicairkan dana sebesar 30% dari total biaya proyek.

Perhitungan kemudian dilanjutkan dengan mencari durasi termin yang terdiri titik awal dan titik akhir kegiatan pada setiap termin. Total kegiatan yang diamati pada penelitian ini adalah 28 kegiatan. Termin I dikatakan berakhir ketika tercapai progres pembangunan sebesar 35%. Sehingga termin I akan berakhir pada kegiatan ke-10 (35% dari 28 kegiatan, dengan pembulatan ke atas). Sedangkan termin II, III, dan IV akan selesai pada kegiatan ke-15, 21, dan 28. Rincian durasi termin dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2: Durasi Termin Proyek Perumahan Tipe 65

Termin	Progres	Durasi Termin		Konstanta Pencairan Dana (q)
		Awal (kegiatan ke-)	Akhir (kegiatan ke-)	
I	35%	1	10	30%
II	55%	10	15	20%
III	75%	15	21	20%
IV	100%	21	28	30%

Selanjutnya dilakukan perhitungan penyimpangan biaya pertermin menggunakan dengan menghitung mutlak selisih biaya proyek dan pencairan dana proyek per termin. Perhitungan diterapkan pada hasil penjadwalan proyek menggunakan CPM, baik *Earliest* maupun *Latest*. Hasil dari perhitungan disajikan pada tabel 3.

Tabel 3: Rincian Penyimpangan Biaya Pertermin Jadwal *CPM Earliest* dan *CPM latest*

Termin	Biaya Proyek (c)		Pencairan Dana (d)	Penyimpangan Biaya	
	<i>Earliest</i>	<i>Latest</i>		<i>Earliest</i>	<i>Latest</i>
I	140.443.047	99.923.769,8	65.828.314,5	74.614.732,5	34.095.455,3
II	41.820.681	60.616.181	43.885.543	2.064.862	16.730.638
III	28.341.025	37.437.850	43.885.543	15.544.518	6.447.693
IV	8.822.969	21.449.918,2	65.828.314,5	57.005.345,5	44.378.396,3
Jumlah	219.427.722	219.427.719		149.229.458	101.652.182,6

Rata-rata penyimpangan biaya pertermin dihitung menggunakan persamaan 1 dan didapatkan hasil rata-rata penyimpangan sebesar Rp 37.307.364,5 untuk jadwal *Earliest* dan sebesar Rp 25.413.045,65 untuk jadwal *Latest*. Jumlah penyimpangan biaya dari hasil optimasi penyimpangan biaya pertermin kemudian dikonversi sebagai penyimpangan biaya perhari dengan cara dibagi dengan waktu tercepat penyelesaian proyek (174 hari), untuk dibandingkan hasilnya dengan optimasi penyimpangan biaya harian [4]. Perbandingan hasil optimasi disajikan pada tabel 4.

Tabel 4: Perbandingan Hasil Optimasi Penjadwalan Proyek dengan Biaya Harian dan Berjangka

Jadwal Proyek	Rata-rata Penyimpangan Biaya Harian	Rata-rata Penyimpangan Biaya Pertermin	Selisih penyimpangan
<i>Earliest</i>	863.739	857.641	7.354
<i>Latest</i>	918.878	584.208	334.670

Tabel 4 menunjukkan bahwa rata-rata penyimpangan biaya pertermin lebih kecil dibandingkan dengan rata-rata penyimpangan biaya harian pada jadwal *earliest* maupun jadwal

latest. Dengan kata lain dapat dikatakan bahwa optimasi biaya berjangka lebih efektif dibanding dengan optimasi biaya harian. Selain itu optimasi biaya berjangka juga lebih realistis dibanding optimasi biaya harian mengingat pada kenyataannya pencairan dana dilakukan secara bertahap atau berjangka.

5 Kesimpulan

Penjadwalan proyek dibuat efektif dan realistis untuk meminimalkan keterlambatan proyek. Dari perhitungan data menggunakan metode CPM pada penelitian ini diketahui bahwa optimasi biaya berjangka pada proyek perumahan tipe 65 lebih efektif dan realistis dibandingkan optimasi biaya harian pada proyek yang sama. Pada penelitian ini hanya digunakan metode CPM *earliest* dan CPM *latest* untuk menentukan penjadwalan proyek, pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat menggunakan metode yang lebih *powerfull* dalam penyeimbangan biaya berjangka, seperti kombinasi metode CPM-*Cuckoo Search* atau CPM-*Monte Carlo*.

6 Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih peneliti ucapkan kepada Lembaga Penelitian Universitas PGRI Ronggolawe, Ibu Lilik Muzdalifah selaku dosen pembimbing, dan CV. Granada Property yang telah bersedia memberikan data proyek sebagai objek penelitian.

Daftar Pustaka

- [1] Darsini, 2011. Analisis Network Proyek Rehabilitasi Sekolah Dasar Negeri Combongan 1 Kecamatan Sukoharjo Kabupaten Sukoharjo. *Jurnal WIDYATAMA*. VOL. 20, NO. 1.
- [2] Arifudin, Riza. 2011. Optimasi Penjadwalan Proyek dengan Penyeimbangan Biaya Menggunakan Kombinasi CPM dan Algoritma Genetika. *Jurnal Masyarakat Informatika*. Vol. 2, No. 4, Hal. 1-14.
- [3] Suyatno. 2010. *Analisis Faktor Penyebab Keterlambatan Penyelesaian Proyek Gedung*. Tesis. Semarang: Program Pascasarjana UNDIP.
- [4] Muzdalifah, Lilik, Eriska Fitri Kurniawati, Eryawan Deise Ulul, dan Kris Gular Pamitra. 2019. Penjadwalan Proyek Perumahan Dengan Optimasi Waktu dan Biaya Harian. *Jurnal Riset. & Aplikasi. Matematika*. Vol. 3, No. 2, Hal. 78-87.
- [5] Jannah, Siti Rodlotul, Lilik Muzdalifah, dan Eriska Fitri Kurniawati. 2018. Optimasi Waktu Penjadwalan Proyek Pembangunan Perumahan Menggunakan Critical Path Method (CPM)/ Program Evaluation and Review Technique (PERT) dan Simulasi Monte Carlo (Studi Kasus CV. Granada Property). *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat III*, Tuban: 29 September 2018. Hal. 461-465.
- [6] L. Muzdalifah dan E. F. Kurniawati, “CPM-CS untuk Optimasi Penjadwalan Proyek”, *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat IV*. Universitas PGRI Ronggolawe Tuban, September, 2019.
- [7] Junaidi. 2012. Pengendalian Waktu dan Biaya pada Tahap Pelaksanaan Proyek dengan Menggunakan Metode Nilai Hasil (Studi Kasus: Proyek Lanjutan Pembangunan Gedung PIP2B Kota Manado). *Jurnal Sipil Statik*. Vol. 1, No. 1, Hal. 44-52.
- [8] Sedyanto dan Hidayat, Aris. 2017. Analisis Kinerja Biaya dan Waktu pada Pelaksanaan Proyek Konstruksi dengan Metode Earned Value (Studi Kasus Proyek Konstruksi Mall dan Hotel X di Pekanbaru). *Jurnal Ilmu Teknik dan Komputer*. Vol. 1, No. 1, Hal. 36-51.

- [9] Taha, Hamdy A. 2007. *Operations Research: An Introduction, Eighth Edition*. New Jersey: Pearson Education, Inc.
- [10] Lawrence, J.A. and Pasternack B.A. 2001. *Applied Management Science: Modeling, Spreadsheet Analysis, and Communication For Decision Making*. United States of America, John Wiley and Son.