

MODEL ESTIMASI TERINTEGRASI BIAYA LANGSUNG PELAKSANAAN KONSTRUKSI DENGAN JADWAL PELAKSANAAN

I Gusti Agung Adnyana Putera

Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Denpasar.
E-mail : adnyanaputera@civil.unud.ac.id

Abstrak : Estimasi durasi dan biaya suatu proyek merupakan dua masalah klasik yang selalu muncul dalam pelaksanaan proyek konstruksi. Dalam praktik, biaya dan waktu biasanya dianalisa secara terpisah oleh estimator proyek. Kenyataannya, waktu dan biaya suatu proyek konstruksi tergantung pada jenis konstruksi, bagaimana cara melaksanakan, dimana dan kapan konstruksi itu dilaksanakan. Semua ini saling berhubungan dan tidak dapat dipisahkan pada saat menganalisisnya. Apabila jadwal pelaksanaan suatu aktifitas berubah, biaya pelaksanaan proyek dapat berubah pula. Model biaya proyek yang ada tidak mempertimbangkan kedua hal ini secara bersamaan. Biaya proyek diestimasi berdasarkan harga satuan sumberdaya yang digunakan dan volume pekerjaan, tanpa mempertimbangkan bagaimana kegiatan tersebut dilaksanakan. Artikel ini menyajikan model biaya proyek yang mengintegrasikan estimasi jadwal pelaksanaan aktifitas dan biaya langsung proyek berdasarkan metode pelaksanaan konstruksi dan kebutuhan harian sumberdaya yang terkait dengan metode pelaksanaan dan jadwal pelaksanaan aktifitas. Hasil simulasi model ini juga ditampilkan pada bagian akhir artikel ini. Model ini sangat bermanfaat untuk membuat simulasi biaya langsung proyek berdasarkan berbagai alternatif jadwal pelaksanaan sebelum mulai melaksanakan proyek. Akurasi hasilnya sangat tergantung kepada keakuratan jadwal pelaksanaan dan database yang terkait dengan estimasi waktu dan biaya elemen kegiatan.

Kata kunci : Konstruksi, biaya langsung, rencana, estimasi, model biaya

AN INTEGRATED ESTIMATION MODEL OF PLANNING AND CONSTRUCTION DIRECT COST

Abstract: Estimation of duration and cost of a project are two classical problems that always arise in the real world construction project. In the current practice, the cost is analyzed separately from a planning by estimators. In fact, time and cost of the construction project depend on what kind of product to be constructed, how to realize it, when and where it has to be constructed. They have an intimate interrelationship and can not be separated while analyzing them. When a planning of activities is changed, the project cost would change as well. The existing cost model does not integrate this relation. The project cost is estimated based on the assumed rates of construction resources and gross quantity of works without taking into account how the activities will be performed. This paper proposes a cost model that can integrate the planning and the construction direct cost based on the daily necessary resources of the related planning. It presents also some examples of its application. This model is very useful to simulate the real project direct cost from an estimated planning before executing the project. The accuracy of the result depends completely on the accuracy of estimated planning and the basic information corresponding to time and cost estimation of an elementary activity.

Keywords : Construction direct cost, planning, estimation, cost model.

PENDAHULUAN

Pada fase persiapan pelaksanaan proyek, pertanyaan yang sering muncul adalah : berapa biaya dan waktu real yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek tersebut. Pertanyaan ini sangat sulit dijawab sebelum proyek berakhir. Dalam praktek, biaya proyek dan penjadwalan pekerjaan sering dibuat secara terpisah. Padahal keduanya sangat erat kaitannya. Perubahan pada penjadwalan pekerjaan mengakibatkan perubahan biaya pelaksanaan. Masalahnya bagaimana mengetahui biaya pelaksanaan apabila penjadwalan pekerjaan diubah.

Secara umum, biaya proyek dapat dikelompokkan menjadi : biaya langsung, biaya tak langsung, biaya khusus dan keuntungan. Biaya langsung meliputi biaya bahan, peralatan dan tenaga yang secara langsung diperlukan untuk mewujudkan proyek secara fisik. Sedangkan biaya tak langsung adalah biaya yang berkaitan dengan pengorganisasian proyek seperti biaya perencanaan, konsultasi, administrasi dan kantor. Biaya khusus meliputi pajak, biaya tak terduga seperti biaya tambahan akibat kesalahan pelaksanaan dan biaya yang berkaitan dengan risiko dari pekerjaan.

Dalam praktik, biaya langsung dan waktu pelaksanaan proyek biasanya dianalisa secara terpisah oleh estimator proyek. Kenyataannya, waktu dan biaya suatu proyek konstruksi tergantung kepada jenis konstruksi, bagaimana cara melaksanakan, dimana dan kapan konstruksi itu dilaksanakan. Semua ini saling berhubungan dan tidak dapat dipisahkan pada saat menganalisisnya. Apabila jadwal pelaksanaan suatu aktifitas berubah, biaya pelaksanaan proyek dapat berubah pula. Model biaya proyek yang sering dipraktikan saat ini

tidak mempertimbangkan kedua hal ini secara bersamaan. Biaya proyek diestimasi berdasarkan harga satuan sumberdaya yang digunakan dan volume pekerjaan, tanpa mempertimbangkan bagaimana kegiatan tersebut dilaksanakan. Artikel ini menyajikan model perhitungan biaya langsung yang didasarkan pada kebutuhan material, peralatan dan tenaga harian sesuai dengan penjadwalan pekerjaan yang dipilih untuk melaksanakan proyek. Perkiraan biaya langsung ini sangat penting karena disamping paling mudah diperkirakan dibandingkan dengan komponen biaya lainnya, dalam praktik, biaya langsung ini juga dipakai sebagai dasar untuk memperkirakan biaya proyek dengan menambahkan komponen biaya lainnya yang diperkirakan berdasarkan persentase tertentu terhadap biaya langsung.

MODEL BIAYA LANGSUNG PROYEK KONSTRUKSI

Biaya langsung dari suatu proyek terdiri atas tiga bagian penting yaitu biaya bahan, tenaga dan peralatan. Berikut ini disajikan rumusan dari masing-masing komponen biaya langsung dari suatu proyek.

Biaya material

Apabila jadwal pelaksanaan pekerjaan sudah dibuat, urutan pelaksanaan pekerjaan dan waktu yang diperlukan untuk merealisasikan masing-masing pekerjaan dapat diketahui. Material yang dibutuhkan setiap hari dapat diperkirakan berdasarkan volume pekerjaan dan rasio kebutuhan material per satuan volume pekerjaan yang dimiliki oleh perusahaan. Biaya bahan dari proyek yang bersangkutan dapat dihitung dengan persamaan (1) berikut

$$C^{ma} = \sum_{x=1}^X \left[\sum_{t=1}^D \left\{ UP_x^n \sum_{i=1}^{E_t} (DQ_{it} \times f_{ix}) + \alpha (UP_x^s - UP_x^n) \left(\sum_{i=1}^{E_t} DQ_{it} \times f_{ix} - LR_x \right) \right\} \right] \dots\dots\dots (1)$$

$$\alpha = 1 \text{ jika } \sum_{i=1}^{E_t} DQ_{it} \times f_{ix} > LR_x \text{ dan } \alpha = 0 \text{ jika } LR_x \geq \sum_{i=1}^{E_t} DQ_{it} \times f_{ix} \dots\dots\dots (2)$$

C^{ma} = biaya material dari proyek; D = waktu penyelesaian proyek (hari);

- X = banyaknya jenis material yang digunakan;
- Et = banyaknya jenis kegiatan yang dilaksanakan pada hari t;
- UP_x^n = harga satuan material x dalam kondisi normal;
- DQ_{it} = volume kegiatan i yang harus diselesaikan pada hari t;
- f_{ix} = kuantitas material x yang diperlukan per satuan pekerjaan i;
- α = 0 atau 1
- UP_x^s = harga satuan material x apabila pekerjaan tetap dilaksanakan pada saat kuantitas material yang diperlukan melampaui kuantitas material yang tersedia;
- LR_{ix} = Volume material x yang tersedia pada hari i.

Biaya bahan dihitung berdasarkan akumulasi biaya bahan harian sejak proyek dimulai sampai berakhir. Biaya bahan ini terdiri dari dua bagian yaitu biaya bahan dalam keadaan normal dan biaya tambahan apabila pekerjaan harus dilaksanakan walaupun bahan yang diperlukan melampaui kuantitas bahan yang tersedia. Bila bahan yang dibutuhkan per hari melampaui bahan yang tersedia (LR_x), $\alpha = 1$ dan bila tidak $\alpha = 0$. Biaya tambahan dihitung berdasarkan kuantitas bahan tambahan yang diperlukan dikalikan perbedaan harga satuannya.

$$C^{tr} = \sum_{r=1}^R \sum_{t=1}^D \{ (N \times UP_r^{hn} \times T) + \delta_{rt} \times UP_r^{hs} \times T (QR_{rt} - N_{rt}^a) \} \dots\dots\dots (3)$$

$$QR_{rt} = \sum_{i=1}^{Et} \left\{ \frac{Q_i}{R_{ri}^h \times T \times d_i} \right\} \quad \delta_{rt} = 1 \text{ dan } N = N_{rt}^a, \text{ jika } QR_{rt} > N_{rt}^a$$

$$\delta_{rt} = 0 \text{ and } N = QR_{rt}, \text{ Jika } QR_{rt} \leq N_{rt}^a \dots\dots\dots (4)$$

$$C^{cr} = \sum_{m=1}^{CR} UP_m \times d_m \dots\dots\dots (5)$$

- C^{tr} = biaya tenaga atau peralatan yang digunakan oleh satu jenis pekerjaan;
- R = banyaknya jenis peralatan atau tenaga kerja yang dipakai;

Biaya peralatan dan tenaga

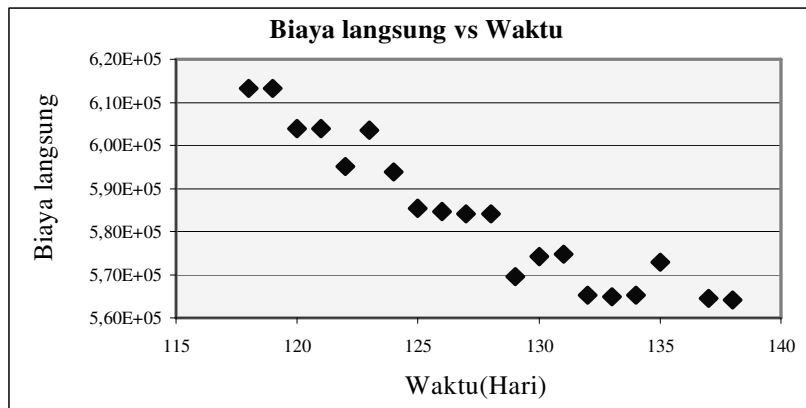
Biaya peralatan dan tenaga dibedakan menjadi dua bagian yaitu biaya tenaga dan peralatan yang hanya dipakai oleh satu jenis pekerjaan dan biaya peralatan yang dipakai bersama-sama oleh beberapa jenis pekerjaan. Hal ini dibedakan karena pada kenyataannya peralatan yang digunakan bersama-sama tidak selalu digunakan secara efektif seratus persen keberadaannya di lokasi proyek. Sedangkan secara praktis biaya peralatan ditentukan oleh sewa peralatan itu per satuan waktu dan sama sekali tidak terkait dengan volume pekerjaan yang diselesaikan, tetapi tergantung dari berapa lama peralatan ini disewa atau berada di proyek. Pada metode perhitungan tradisional, biaya peralatan ini dihitung berdasarkan rasio yang mana biayanya tergantung dari volume pekerjaan. Dalam model ini, biaya peralatan dihitung berdasarkan sewa peralatan per satuan waktu dan lamanya peralatan berada di lapangan, sehingga biaya peralatan sudah termasuk biaya peralatan pada saat peralatan ini tidak digunakan (waktu yang tidak efektif). Persamaan (3) dan (4) berikut ini menunjukkan rumusan biaya peralatan yang dipakai oleh satu jenis pekerjaan saja. Sedangkan biaya peralatan yang digunakan bersama-sama oleh beberapa aktifitas, dihitung berdasarkan persamaan (5)

- UP_r^{hn} = harga satuan peralatan atau tenaga kerja r per hari pada kondisi normal;
- UP_r^{hs} = harga satuan peralatan atau tenaga kerja r per hari pada kondisi lembur;
- Q_i = volume pekerjaan i;

- T = banyaknya jam kerja per hari;
- R_{ri}^h = kapasitas produksi per hari dari peralatan atau tenaga kerja r untuk menyelesaikan pekerjaan i;
- d_i = waktu pelaksanaan kegiatan i;
- N_{rt}^a = kuantitas peralatan atau tenaga kerja yang tersedia pada hari t;
- C^{cr} = biaya peralatan yang dipakai bersama-sama;
- UP_m = harga satuan peralatan per hari;
- d_m = lamanya perlatan berada di lapangan (hari).

CONTOH APLIKASI

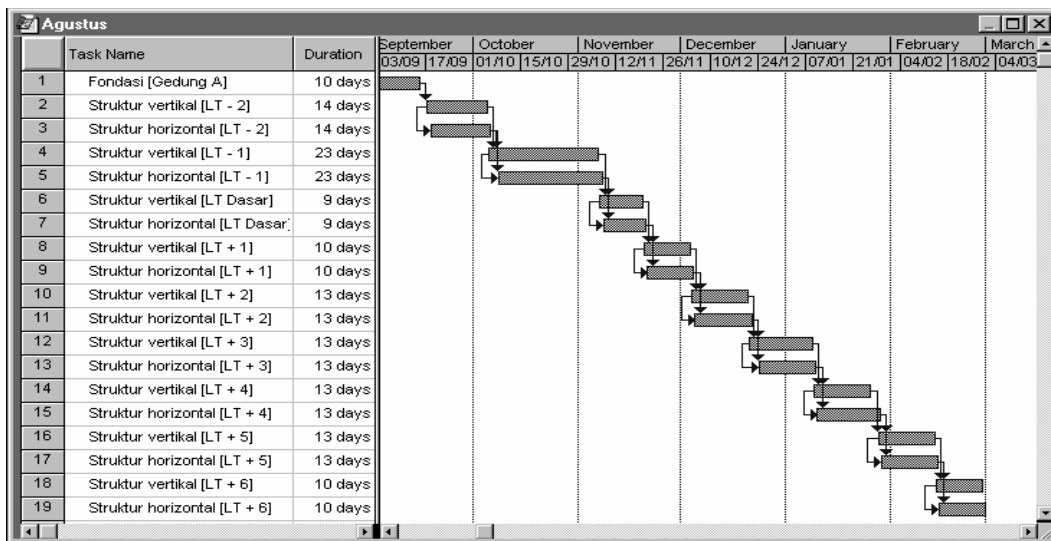
Model biaya langsung yang disajikan pada paragraf sebelumnya dapat diterapkan untuk memperkirakan biaya langsung dari suatu proyek berdasarkan jadwal pelaksanaan yang dipilih. Sebagai contoh jadwal pelaksanaan proyek yang ditunjukkan oleh Gambar 2, berkaitan dengan total biaya langsung sebesar 569566,55 seperti tertera pada Gambar 3. Disamping itu model ini juga dapat digunakan untuk memperkirakan aliran biaya langsung dari waktu ke waktu selama proyek berlangsung.



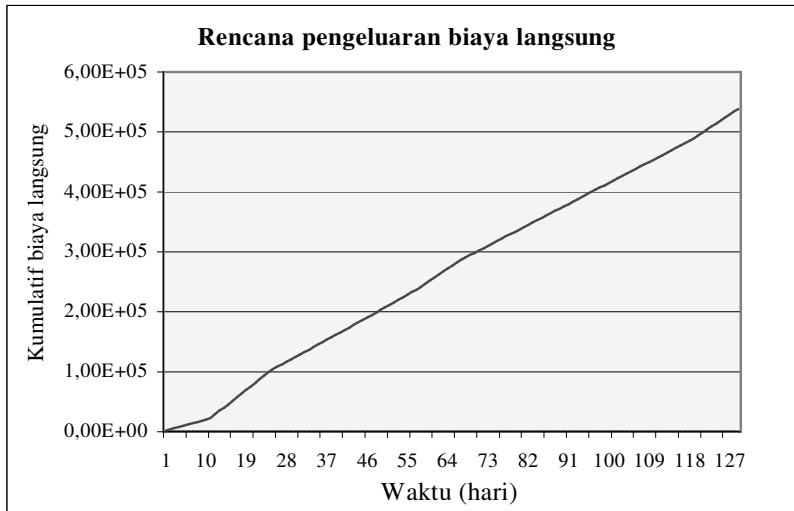
Gambar 1: Biaya langsung vs waktu pelaksanaan

Lebih jauh, model ini dapat dipakai untuk memperkirakan grafik hubungan antara biaya langsung dan waktu pelaksanaan proyek (Gambar 1) pada saat pe-

laku proyek ingin mempercepat pelaksanaan proyek. Grafik ini sangat bermanfaat untuk memperkirakan efek percepatan proyek terhadap biaya yang dibutuhkan.



Gambar 2: Jadwal pelaksanaan



Gambar 3 : Rencana pengeluaran biaya langsung

SIMPULAN

Model perhitungan biaya yang disajikan diatas sangat bermanfaat untuk memperkirakan biaya langsung dari suatu proyek sesuai dengan jadwal pelaksanaan yang dipilih. Karena model ini terkait langsung dengan jadwal pelaksanaan, penjadwalan proyek harus benar-benar direncanakan dengan baik agar hasil yang diberikan sesuai dengan biaya langsung yang sebenarnya. Model ini sangat bermanfaat untuk memperkirakan dampak pembiayaan terhadap perubahan jadwal pelaksanaan baik saat mempercepat maupun memperlambat pelaksanaan proyek.

KEPUSTAKAAN

Clark, G., Mehta, P., Artificial Intelligence and Networking in Integrated Building Management Systems, *Automation in Construction*, Vol.6, 1997, p. 481-498.

Darwiche, A., Levitt, R. E., Hayes-Roth, B., OARPLAN: Generating Project Plans by Reasoning about Object, Actions and Resources, *Artificial Intelligence for Engineering, Design, Analysis and Manufacturing*, Vol.2 No.3, 1988, p 169-81.

Dawood, N., Estimating Project and Activity Duration: A Risk Management Approach Using Network Analysis,

Construction Management and Economic, Vol.16, 1998, p. 41- 48.

Faniran, O.O., Love, P.E.D. and Li, H., Optimal Allocation of Construction Planning Resources, *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, Vol.125, No.5, September/October, 1999, p. 311-319.

Fischer, M. A. and Aalami, F., Scheduling with Computer-Interpretable Construction Method Models, *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, Vol.122, No.4, December, 1996, p. 337-347.

Froese, T., Project Modeling in Construction Applications, *Computing in Civil Engineering: Proc. Of the Third Congress*, ASCE, Anaheim, June 1996, p. 572-578.

Mangin, J-C., Abo Omar, E., Putera, IGAA.(2000), *Un modèle d'évaluation de la planification et de la productivité des chantiers du bâtiment*, Proc. 2nd International Conference on Decision Making in Urban and Civil Engineering, Lyon, 1051-1062.

Mattila, K. G. and Abraham, D. M. (1998), Resource Leveling of Linear Schedules Using Integer Linear Programming, *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, 124(3), 232-244.