

ESTIMASI BIAYA PARAMETRIK BERBASIS ACTIVITY-BASED COSTING UNTUK PEMESINAN PRODUK BERBENTUK PRISMATIK

PARAMETRIC COST ESTIMATION USING ACTIVITY BASED COSTING FOR PRISMATIC PRODUCT MACHINING

Indah Widiastuti, Subagyo, Janu Pardadi

Jurusan Teknik Mesin dan Industri Universitas Gadjah Mada

ABSTRAK

Penelitian ini mengembangkan suatu model biaya parametrik yang dapat digunakan untuk melakukan estimasi biaya pada tahap awal pengembangan produk berbentuk prismatic yang dikerjakan dengan proses pemesinan. Tahap awal pengembangan model diawali dengan penentuan biaya berbasis Activity-based costing (ABC) melalui alokasi biaya-biaya overhead pada beberapa varian produk. Semua sumber daya yang diperlukan dalam proses pemesinan dikelompokkan dalam pusat-pusat biaya yang sejenis kemudian ditentukan tarif pusat biayanya (cost center rate). Kebutuhan sumber daya tersebut diperoleh dari laporan keuangan berdasarkan biaya yang dikeluarkan selama periode waktu tertentu. Biaya aktivitas dihitung berdasarkan jumlah konsumsi dan tarif pusat-pusat biaya yang dibutuhkan masing-masing aktivitas. Aktivitas utama pada proses pemesinan, dikembangkan suatu model biaya dengan parameternya pemicu biaya aktivitas (activity cost driver) yang memperhitungkan jumlah produksi dan ukuran batch. Untuk menentukan waktu proses pemesinan sebagai salah satu parameter model, dibuat suatu persamaan matematis berbasis dimensi feature. Feature yang digunakan pada penelitian ini diklasifikasikan dalam 4 (empat) kelompok yaitu slot/pocket, hole, drill dan chamfer yang kemudian dijadikan sebagai variabel input untuk menghitung waktu pemesinan. Sehingga parameter yang menjadi input persamaan biaya merupakan informasi yang sudah tersedia pada tahap desain, yaitu: jumlah pahat, berat produk, dimensi (ukuran) dan jenis feature produk.

Kata Kunci: estimasi biaya parametrik, activity-based costing, pemesinan, feature based costing.

ABSTRACT

The study is focuses on a parametric cost model to estimate cost at the early stages of prismatic product development by machining process. The initial phase of model development begins with the determination of cost based on Activity-based costing (ABC) method of through the overhead costs allocation of some product variants. All the resources required in the machining process are grouped into cost centers similar rates in order to determine the cost center (cost center rate). The Resources are derived from financial statements based on costs incurred during the period of time. Cost Activity is calculated based on the amount of consumption and tariff cost centers required of each activity. Main activity the machining process, which developed a cost model with its parameters is the cost driver activity (activity cost driver) concerning on the amount of production and batch sizes. Mathematical equation based feature dimension has been created to determine machining process time as one of the parameters of the model, created a. Feature were classified into 4 (four) groups of slots / pockets, holes, drill and chamfer. They are used as input variables to

calculate the machining time. Thus, input parameters into the cost equation are the available information at the design stage, namely: the number of tools, product weight, dimensions (size) and the type of product features.

Keywords: parametric cost estimation, activity-based costing, machining, feature based costing.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Estimasi biaya merupakan aktivitas kritis yang memberikan informasi penting dalam pengembangan suatu produk. Kemampuan perusahaan untuk dapat secara akurat mengestimasi biaya-biaya yang diperlukan akan memudahkan perusahaan untuk menentukan fokus perbaikan dalam meningkatkan daya saingnya. Untuk meningkatkan daya saing, perusahaan dituntut untuk meningkatkan kualitas produk dan menciptakan produk yang inovatif dalam waktu yang singkat dengan tetap konsisten untuk mampu mengurangi biaya (Roy, 2003; Ben-Arieh and Qian, 2003; Bargeis and Rimasuskas, 2007; Rojo, 2007).

Atas dasar itulah terdapat kebutuhan untuk melakukan estimasi biaya pada tahap awal pengembangan produk. Penentuan biaya pada fase konsep desain produk memungkinkan optimasi desain produk melalui pemilihan alternatif produksi dengan tujuan meminimasi biaya produksi (Lapinleimu and Totterstrom, 1999; Tjitro, 2001). Identifikasi faktor-faktor yang berpengaruh terhadap biaya manufaktur seperti material, proses, *fixture* dan *tooling* dapat dilakukan untuk membuat keputusan perubahan desain pada waktu yang tepat. Perubahan desain pada tahap produksi biasanya dianggap terlambat untuk mampu menurunkan biaya produksi (Jung, 2002).

Ketersediaan estimasi biaya produksi pada tahap awal pengembangan produk merupakan hal yang sangat penting karena sebagian besar biaya yang akan timbul pada tahap berikutnya ditentukan oleh keputusan yang diambil pada fase desain produk baru. Banyak penulis menyatakan bahwa 70-80% biaya akhir produk ditentukan pada tahap awal pengembangan produk (Duverli, 1999 dalam Ben-Arieh dan Qian, 2003; Roy, 2003).

Permasalahan yang dihadapi dalam estimasi biaya produksi pada pengembangan produk baru adalah masih terbatasnya informasi yang tersedia pada tahap desain. Pada umumnya, biaya per unit suatu produk jadi dapat dihitung berdasarkan konsumsi sumber daya (bahan baku, tenaga kerja, energi, mesin) yang digunakan. Namun identifikasi penggunaan sumber daya tersebut cukup sulit dilakukan pada tahap awal pengembangan produk.

Padahal akurasi estimasi biaya sangat diperlukan untuk meminimisi terjadinya kesalahan yang menyebabkan terjadinya *over estimating* ataupun *under estimating* yang dapat menimbulkan kehilangan daya saing dan kerugian finansial bagi perusahaan. Adanya distorsi biaya *overhead* pada sistem alokasi biaya tradisional yang hanya mempertimbangkan sumber daya langsung seperti jam kerja menyebabkan estimasi biaya yang kurang akurat (Ben-Arieh dan Qian, 2003).

Pemesinan merupakan salah satu proses manufaktur yang banyak digunakan dalam pengerjaan logam. Hal ini didukung oleh survei yang dilakukan oleh Lapinleimu and Totterstrom (1999) pada industri pesawat terbang di Finlandia. Industri manufaktur di Amerika Serikat mengeluarkan biaya trilyunan dollar per tahun untuk melakukan tahapan proses yang membutuhkan aktivitas pemesinan pada proses produksinya.

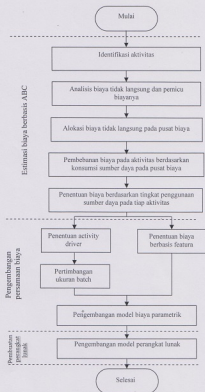
Ben-Arieh dan Qian (2008) telah mengembangkan model estimasi biaya yang akurat dan cepat untuk proses pemesinan dengan proses *turning* pada benda kerja yang berbentuk rotasional. Survei yang dilakukan oleh PERA (Jung, 2002) menunjukkan bahwa proses pemesinan yang sering dilakukan adalah *turning*, *milling* dan *drilling*. Sehingga penelitian ini merupakan lanjutan penelitian sebelumnya dengan fokus pada estimasi biaya per unit produk untuk proses pemesinan *milling* dan *drilling* pada benda kerja berbentuk prismatic.

METODE

Estimasi biaya merupakan suatu metodologi yang digunakan untuk memprediksi biaya suatu aktivitas kerja atau produk (Stewart *et al.*, 2005 dalam Roy, 2003). Lapinleimu and Totterstrom (1999) menghitung biaya pemesinan sebagai perbandingan antara luasan/volume yang dipotong dengan parameter pemesinan yaitu *feed* (f), kecepatan potong (v) dan kekuatan potong (P_c). Biaya manufaktur yang dihitung sebagai penjumlahan biaya pemesinan dan biaya *setup* diintegrasikan dengan *software* CAD (Ou-Yang dan Lin (1997)) untuk memberikan informasi biaya dalam evaluasi desain produk. Model penentuan biaya manufaktur berbasis *feature* lainnya adalah yang dikembangkan oleh Jung (2002) dengan mengelompokkan *feature* ke dalam 4 kelas, yaitu *rotational*, *prismatic*, *slab* dan *revolving*. Dibandingkan penelitian sebelumnya penelitian ini memasukkan juga komponen biaya *overhead* dalam perhitungan biaya manufaktur walaupun perhitungannya hanya berdasarkan perkiraan semata.

Tidak seperti penelitian-penelitian sebelumnya yang hanya menghitung biaya pada tahap produksi, Ben-Arieh dan Qian (2008) mengembangkan model estimasi biaya parametrik pada tahapan perancangan dan pengembangan produk berbasis *activity-based costing*. Namun model estimasi biaya tersebut hanya dikembangkan untuk produk berbentuk rotasional yang dikerjakan dengan proses *turning*.

Metode estimasi biaya yang dikembangkan pada penelitian ini merupakan model biaya parametrik karena menurut Roy (2003) model tersebut cukup luas digunakan pada tahap awal pengembangan produk. Kelebihan utama model estimasi biaya parametrik adalah kemudahannya untuk dilakukan replikasi dan kecepatan proses perhitungannya (Rojo, 2007). Model biaya tersebut didasarkan pada perhitungan biaya berbasis aktivitas atau dikenal dengan metode *activity-based costing* (ABC). Metode ABC mampu mengalokasikan biaya *overhead* secara akurat dengan membebankan biaya produk berdasarkan konsumsi sumber daya yang diperlukan pada tiap aktivitas (Kaebernick *et al.*, 1996). Penelitian ini terdiri dari tiga tahap utama, yaitu perhitungan biaya proses dengan metode ABC, pengembangan model parametrik dan pembuatan perangkat lunak pada MS Excel seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

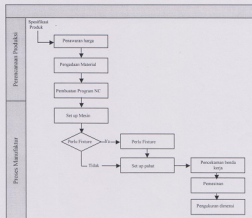


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN DISKUSI

Identifikasi Aktivitas

Proses pemesinan dimulai dari adanya spesifikasi produk dari pelanggan, pengerjaan produk pada mesin sampai dengan *unload* benda kerja dan inspeksi. Pemodelan proses pada Gambar 2 menunjukkan adanya 9 (sembilan) aktivitas dalam pengembangan produk pemesinan. Dari hasil observasi terhadap aktivitas proses pemesinan bentuk prisma tersebut, terlihat tidak adanya perbedaan yang signifikan dengan aktivitas proses pemesinan dengan bentuk rotasional (Ben-Arieh dan Qian, 2003).



Gambar 2. Pemodelan Proses Pemesinan Prismatik

Analisa Biaya Tidak Langsung

Biaya tidak langsung pada studi kasus diperoleh dari Laporan Keuangan bulan Juni – November 2008 merupakan biaya yang tercatat di luar biaya langsung (biaya material) yaitu:

- 1) Biaya Tenaga Kerja
- 2) Biaya Alat Bantu
- 3) Biaya Administrasi dan Umum
- 4) Biaya Operasional Mesin
- 5) Biaya Tooling & Fixturing
- 6) Biaya penanganan material

Biaya sumber daya per unit (*resource rate*), RR , berdasarkan pemicu biayanya dihitung dengan menggunakan persamaan

$$RR_i = \frac{\text{Biaya total sumber daya selama 1 tahun}}{RD_i} \quad (1)$$

dengan RD_i adalah pemicu biaya sumber daya ke- i .

Alokasi Biaya Tidak Langsung pada Pusat Biaya

Tahap selanjutnya adalah membebankan biaya tidak langsung pada pusat-pusat biaya dengan perhitungan sesuai persamaan

$$AC_n = \sum_{i=1}^r RR_i \quad (2)$$

dengan r = jumlah sumber daya tidak langsung yang dibebankan pada pusat biaya ke- n .

Setelah menghitung biaya total pusat biaya, maka langkah berikutnya adalah menentukan nilai pusat biaya (*cost center rate*) ke-n, CCR_n , dengan persamaan sebagai berikut:

$$CCR_n = \frac{AC_n}{RCD_n} \quad (3)$$

dengan RCD_n = pemicu biaya pada pusat biaya ke-n.

Tabel 1. Pemicu Biaya dan Tarif Pusat Biaya (*Cost Center Rate*)

No	Pusat Biaya	Pemicu Biaya	Cost Center Rate, CCR (Rp ribu)
1	Programmer CNC	Jam Kerja	9,1
2	Operator	Jam Kerja	7,7
3	Machining Center	Jam Kerja	9,8
4	Tooling Center	Jumlah pahat	608,6
5	Fixturing Center	Jumlah Fixture	240,0
6	Material Handling Center	Jumlah Trip	109,2

Pembebanan Biaya pada Aktivitas

Biaya aktivitas ditentukan dengan cara membebankan biaya-biaya pada pusat biaya yang dikonsumsi oleh masing-masing aktivitas. Tabel 2 menunjukkan penentuan biaya aktivitas pada produk cetakan (*mold*) paving bentuk persegi dengan tebal 75 mm.

Tabel 2. Penentuan Tarif Pemicu Biaya Aktivitas

Aktivitas	Level Aktivitas	Biaya Aktivitas (Rp ribu)	Pemicu Biaya Aktivitas	ACDR (Rp Ribu)
Penawaran harga	Product-level	35,1	Biaya tetap	35,14
Pengadaan material	Product-level	109,2	Berat produk	1,85
Pembuatan program NC	Product-level	4,1	Jumlah pahat	2,05
Set-up mesin	Batch-level	12,2	Biaya tetap	12,20
Fixturing	Product-level	0	Jumlah fixture	240
Setup pahat	Batch-level	1,2	Jumlah pahat	0,58
Setting benda kerja	Unit-level	0,4	Waktu loading	0,13
Pemesinan	Unit-level	777,3	Waktu pemesinan Jumlah pahat	0,29 155,05
Inspeksi	Batch-level	2,1	Jumlah dimensi	0,23

Pengembangan Model Biaya Parametrik

Model estimasi biaya ini dikembangkan dengan parameter pemicu biaya yang mempertimbangkan ukuran *batch* dan berbasis *feature* geometris produk. Dengan adanya asumsi bahwa biaya tiap aktivitas proporsional dengan pemicu biayanya maka pemicu biaya (*activity driver*) menjadi parameter pada model estimasi biaya ini.

Penentuan pemacu biaya pada masing-masing aktivitas dilakukan berdasarkan hasil wawancara dengan pihak terkait, observasi dan studi literatur.

Hasil observasi dan wawancara dengan pihak terkait menunjukkan bahwa lamanya waktu yang diperlukan untuk membuat program CNC sangat tergantung pada kompleksitas produk. Ben-Arieh dan Qian (2003) menggunakan jumlah pahat yang diperlukan sebagai representasi yang menunjukkan kompleksitas produk. Asumsinya adalah semakin banyak jumlah pahat yang digunakan menunjukkan semakin tinggi tingkat kompleksitas produk, yang berarti semakin besar biaya aktivitas pemrograman. Pemacu biaya untuk aktivitas *set up* pahat adalah jumlah pahat sedangkan jumlah dimensi dipilih sebagai pemacu biaya aktivitas inspeksi.

Sehingga persamaan matematis penentuan biaya per unit produk, C_j , dapat ditentukan sebagai:

$$C_j = a + \sum_{i=1}^6 k_i x_i \quad (4)$$

Variabel x_i adalah pemacu biaya aktivitas ke- i , yaitu:

x_1 = Berat produk (kg)	x_2 = Jumlah pahat
x_3 = Jumlah <i>fixture</i>	x_4 = Waktu <i>loading</i> (menit)
x_5 = Waktu pemesanan (menit)	x_6 = Jumlah dimensi

Sedangkan nilai a dan k_i merupakan tarif pemacu biaya aktivitas yang spesifik untuk tiap perusahaan berdasarkan perhitungan biaya dengan prosedur metode ABC yang telah dijelaskan sebelumnya.

Model estimasi biaya yang sesuai untuk studi kasus ini berdasarkan tarif pemacu biaya (ACDR) adalah sebagai berikut.

$$C_j = 47,34 + 1,85x_1 + 157,68x_2 + 240x_3 + 0,13x_4 + 0,29x_5 + 0,23x_6 \quad (5)$$

Ukuran *batch* akan sangat mempengaruhi biaya produk per unit karena biaya produksi dibagi rata dengan jumlah produk yang diproduksi dalam satu *batch*. Biaya produksi total terdiri dari biaya tetap untuk satu kali produksi (berkaitan dengan aktivitas yang termasuk *product level*), biaya tetap untuk tiap *batch* (berkaitan dengan aktivitas yang termasuk *batch level*) dan biaya variabel (berkaitan dengan aktivitas yang termasuk *unit level*). Jika N = jumlah total produk, n = ukuran *batch* dan t = umur pahat, maka biaya total produksi, C_T dapat ditentukan sebagai:

$$C_T = \Sigma(\text{Aktivitas } product \text{ level}) + INT\left(\frac{N}{n}\right) \Sigma(\text{Aktivitas } batch \text{ level}) + N\Sigma(\text{Aktivitas } unit \text{ level})$$

$$= \left\{ a + \sum_{j=1}^3 k_j x_j \right\} + \left\{ \left[INT\left(\frac{N}{n}\right) \right] \left[b + \sum_{j=1}^2 k_j x_j \right] \right\} + \left\{ \left(N \right) \left(\sum_{j=1}^3 k_j x_j \right) \right\} \quad (6)$$

dengan:

x_{11} = berat produk	$x_{12} = x_{22} = x_{33}$ = jumlah pahat
x_{13} = jumlah <i>fixture</i>	x_{21} = jumlah dimensi
x_{31} = waktu <i>loading</i>	x_{32} = waktu pemesanan

Dengan mempertimbangkan umur pahat, maka jumlah pahat yang digunakan dapat dinyatakan sebagai:

$$X_{12} = X_{22} = X_{33} = \sum_{i=1}^{\text{jumlah jenis pahat}} INT \left(\frac{NX_{32}}{t_i} \right) \quad (7)$$

dengan t_i adalah umur pahat untuk suatu pahat i tertentu.

Total waktu pemesinan untuk tiap unit produk, T_m , merupakan penjumlahan dari waktu pemesinan setiap *feature* yaitu:

$$\begin{aligned} T_m &= \Sigma T_1 + T_{wt} + \sum_{\text{feature}} \text{jumlah} \cdot \Sigma T_c \\ &= pT_1 + T_{wt} + \Sigma T_{mill} + \Sigma T_{drill} + \Sigma T_{chanfer} \end{aligned} \quad (8)$$

dengan

- T_m = total waktu pemesinan (menit)
- p = jumlah pahat
- T_1 = waktu penggantian pahat (detik)
- T_{wt} = waktu pergantian posisi pengecaman benda kerja (detik)
- T_c = waktu pemotongan (menit)

Waktu penggantian pahat ditentukan sebesar 8 detik untuk *machining center* (Ostwald, 1992 dalam Jung, 2002). Sedangkan waktu pergantian posisi pengecaman benda kerja ditentukan dari eksperimen Lapinleimu dan Totterstrom (1999) terhadap beberapa ukuran benda kerja pada *machining center* Makino A55 yang dinyatakan sebagai:

$$T_{wt} = (13,4 + 0,05L_1)m \quad (9)$$

dimana L_1 adalah panjang benda kerja dalam satuan mm.

Waktu pemotongan untuk tiap jenis *feature* dapat dinyatakan sebagai

$$T_{mill} = T_{drill} = T_{chanfer} = \frac{V}{MRR} \quad (10)$$

dengan

- V = Volume material yang terpotong (mm^3)
- MRR = laju terbentuknya geram/*metal removal rate* (mm^3/menit)
- m = jumlah pergantian posisi pengecaman benda kerja

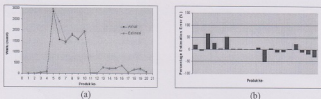
Sehingga persamaan (8) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$T_m = \frac{8p + m(13,4 + 0,05L_1)}{60} + \sum_{i=1}^k \frac{L_{x_i} L_{y_i} L_{z_i}}{k_{m_i}} + \sum_{i=1}^k L_{D_i} L_{N_i} \left| \frac{L_{D_i}}{Z_{D_i}} \right| + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{L_{D_i}} \frac{1}{k_{c_i}} + \sum_{i=1}^n \frac{L_{C_{X_i}} L_{C_{Z_i}}^2}{k_{c_i}} \quad (11)$$

dengan konstanta untuk tiap *feature* adalah

$$k_m = a_p \cdot w \cdot V_f \quad k_n = \frac{\pi}{a_p \cdot V_f} \quad k_d = V_f \quad k_c = a_p^2 \cdot V_f$$

Kecepatan pemakanan, V_c , dapat dinyatakan sebagai $V_c = \frac{V_c \cdot f \cdot n}{\pi D}$. Dimana a_p , w , V_c dan f merupakan parameter yang ditentukan berdasarkan jenis material produk, jenis material pahat, diameter pahat dan akurasi pengerjaan (*roughing* atau *finishing*).



Gambar 3. Perbandingan Waktu Pemesinan Aktual dan Estimasi

Untuk menguji validitas model estimasi waktu pemesinan pada persamaan (11) di atas, dilakukan perbandingan dengan waktu pemesinan aktual dari 20 produk yang diambil dari dua unit produksi di Solo dan Sragen. Gambar 3a menunjukkan perbandingan antara waktu pemesinan aktual dan hasil estimasi sedangkan Gambar 3b memperlihatkan grafik PE (*Percentage Error*) antar keduanya dengan MAPE (*Mean Percentage Error*) sebesar 17,15%. Dari Gambar 3 dan uji hipotesis perbandingan berpasangan, estimasi waktu pemesinan dengan model matematika pada persamaan (11) dinyatakan valid dan dapat digunakan untuk memprediksi waktu pemesinan untuk produk berbentuk prismatic.

KESIMPULAN

Persamaan parametrik yang dapat digunakan dalam memperkirakan biaya per unit produk dapat dinyatakan sebagai

$$C_p = \left\{ a + \sum_{j=1}^3 k_{1j} x_{1j} \right\} + \left[\text{INT} \left(\frac{N}{n} \right) \right] \left\{ b + \sum_{j=1}^3 k_{2j} x_{2j} \right\} + \left\{ (N) \left(\sum_{j=1}^3 k_{3j} x_{3j} \right) \right\}$$

dengan nilai masing-masing variabel merupakan informasi yang sudah tersedia pada tahap awal pengembangan produk.

DAFTAR PUSTAKA

- Bargelis, A. dan Rimasauskas, M. (2007). Cost Forecasting Model for Order-Based Sheet Metalworking. Proc. IMechE Vol. 221 Part C: *J. Mechanical Engineering Science*: 55-65.
- Ben-Arieh, D. dan Qian, L. (2003). Activity-based Cost Management for Design dan Development Stage. *Int. J. Production Economics* 83: 169 – 183.
- Ben-Arieh, D dan Qian, L. (2008). Parametric Cost Estimation Based on Activity-based Costing: A Case Study for Design & Development of Rotational Parts. *Int. J. Production Economics* 83: 169 – 183.

- Hilton, R.W., Maher, M.W. dan Selto, F.H. (2006). *Cost Management: Strategies for Business Decisions*. 3rd edition. Mc-GrawHill Irwin.
- Jung, Y. (2002). Manufacturing Cost Estimation of Machined Parts Based on Manufacturing Features. *Journal of Intelligent Manufacturing* 13: 227 – 238.
- Kaebnick, H., Farmer, L.E. dan Mozar, S. (1996). *Concurrent Product and Process Design*. The University of New South Wales.
- Lapinleimu, I. dan Totterstrom, J. (1999). Modeling of Machining Cost. Tampere University of Technology.
- Ou-Yang, C. dan Lin, T.S. (1997). Developing an Integrated Framework for Feature-based Early Manufacturing Cost Estimation. *The Int. Journal of Advanced Manufacturing Technology* 13: 618-629.
- Rojo, F. J. R. (2007). *Cost Estimating Process Improvement within a Manufacturing Environment*. MSc Thesis. School of Applied Science Cranfield University.
- Roy, R. (2003). *Cost Engineering: Why, What and How*. Cranfield University
- Tjitro, S. F. (2001). E-Technology Sebuah Fenomena Integrasi Informasi Teknologi dengan Product Design and Manufacturing. *Jurnal Teknik Mesin Vol. 3 No 2* : 77 – 84.