PENGEMBANGAN METODE *ACTIVITY BASED TIME STUDY* UNTUK SISTEM PRODUKSI *ENGINEERING TO ORDER* (ETO) DENGAN TIPE ALIRAN *JOB SHOP*

Ahmad Fatih Fudhla^{1,*}, Anda Iviana Juniani²⁾, Liris Windyaningrum³⁾

1) Jurusan Teknik Industri STT YPM, Raya Ngelom, Taman, Sepanjang, Sidoarjo
e-mail: fudhla04@yahoo.co.id

2) Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS), ITS Surabaya
e-mail: andahome@gmail.com

3) Program Studi Teknik Industri, Universitas Katolik Widya Mandala Madiun
e-mail: liriswindya@yahoo.com

ABSTRAK

Waktu Standard setiap aktivitas operasi merupakan hal dasar yang sangat penting dalam operasi suatu perusahaan, keberadaannya dibutuhkan dalam melakukan perencanaan operasi, control hingga evaluasi terutama bagi perusahaan yang berbasis *Engineering to Order* yang menggunakan waktu standard untuk menentukan nilai suatu project dalam proses tender. perusahaan-perusahaan besar yang memiliki variasi jenis proses yang sangat tinggi mengalami kesulitan dalam melakukan proses pengukuran waktu standar. Metode-metode yang sudah ada, seperti *stopwatch time study* dan *work sampling* dan lain-lain kurang bisa diaplikasikan secara cepat dikarenakan variasi operasi yang sangat tinggi. Karena tipe produksinya adalah *job shop* dan setiap *project* memiliki desain dan spesifikasi yang berbeda, maka dalam penelitian ini dibuat suatu metode dan standardisasi/formula waktu baku dan *standard manhours* yang memiliki fleksibilitas tinggi untuk mengakomodir setiap jenis *project*. Dikembangkanlah metode yang men-develop metode pengukuran waktu standar untuk perusahaan *Engineering to Order* (EtO) dengan tipe aliran proses *job shop* dengan variasi dan jumlah proses yang tinggi. Hasil yang didapat dari pengukuran dan perancangan ini adalah berupa formulasi waktu baku dan formulasi *standard manhours* serta suatu metode baru dalam pengukuran waktu standard yang disebut *Activity Based Time Study*.

Kata Kunci : *Activity Based Time Study*, waktu baku, *manhours*, ETO, *Job Shop*

PENDAHULUAN

Job shop merupakan salah satu dari tiga tipe desain proses produksi (*flow shop*, *job shop* dan *fixed site manufacturing*). Pada desain proses produksi ini, penempatan peralatan/fasilitas produksi diletakkan berdasarkan fungsinya. Perbedaan tipe operasi muncul di setiap *work center* atau departemen karena *job* mengalir antar *work center*, atau antar departemen (Fogarty at al., 1991). Dalam setiap operasi yang ada dalam tipe *job shop*, produk yang diproses memiliki variasi *part* yang tinggi, artinya *part* yang berbeda bisa diproduksi pada waktu yang singkat tanpa perubahan dengan skala luas dalam operasi produksi dan dalam pergantian tool (Kalpakjian, 1995).

Menurut Fogarty at al. (1991), terdapat 9 karakteristik yang menonjol yang dimiliki oleh *job shop process*:

1. Produksinya *multipurpose*, dan peralatan *material handling* bisa disesuaikan dan dimodifikasi untuk mengakomodir banyaknya perbedaan pada setiap produk.
2. Banyak produk yang berbeda berjalan dalam *lot* atau *batch* di dalam *plant*.

3. Pemrosesan *order* membutuhkan perencanaan dan kontrol yang detil sesuai dengan variasi dari pola aliran dan pemisahan antar *work center*.
4. Kontrol membutuhkan detil kerja dan *shop information*, termasuk urutan proses, *order priority*, waktu yang dibutuhkan dalam tiap-tiap *job*, status *job* yang sedang dalam proses, kapasitas *work center*, dan kapasitas yang dibutuhkan dari *work center* kritis oleh periode waktu.
5. Perbedaan beban kerja setiap *work center* cukup besar. Masing-masing memiliki persen kapasitas utilisasi yang berbeda.
6. Ketersediaan *resource*, termasuk material, personal, perkakas (*tools*), harus dikoordinasikan dengan *order planning*.
7. Jumlah *Work in Process* (WIP) material cenderung tinggi relatif terhadap aliran proses, antrian dan lama waktu proses.
8. Menggunakan teknik penjadwalan produksi tradisional.
9. Tenaga kerja langsung (*direct labor*) biasanya terlatih dan memiliki *skill* yang tinggi.

Engineering to Order (EtO) yang juga disebut sebagai *project based manufacturing*, merupakan suatu pendekatan proses produksi, dimana produk didisain dan dibuat sesuai spesifikasi yang diminta oleh *customer* (Chase et al., 2001)

Berdasarkan sembilan karakteristik di atas dengan tipe EtO, sifat dari *task/kerja* yang ada pada *Job Shop* adalah: waktu proses singkat/pendek, non repetitive (*task* bervariasi tinggi), produk juga bervariasi.

Menurut Mundel (1981), waktu standar merupakan sebuah fungsi jumlah kebutuhan waktu untuk menyelesaikan satu unit kerja/*task* yang;

1. menggunakan metode dan peralatan yang diberikan
2. di bawah kondisi kerja tertentu
3. oleh seorang pekerja yang memiliki *skill* yang ditentukan pada *job* dan ketangkasan khusus untuk *job* tersebut, dan/atau
4. bekerja dengan menggunakan kekuatan maksimum tanpa efek yang berbahaya bagi kesehatan.

Waktu standar sangat penting kegunaannya dalam dunia industri. Menjadi elemen dasar dalam perencanaan dan pengoperasian sistem produksi, dari penyusunan jadwal produksi, mengorganisasi para pekerja untuk memproses produk, hingga melakukan kalkulasi dan estimasi waktu pengiriman (Niebel, 1999).

Terdapat banyak cara atau teknik pengukuran waktu standar. Oleh Dosset (1995) dikelompokkan menjadi lima teknik; *motion analysis*, *time study*, *activity sampling*, *historical data*, dan estimasi. Dalam *study* yang dilakukan olehnya (*Work-measured labor standards - The state of the art*, 1995), didapatkan karakteristik masing-masing teknik dilihat dari sifat *task/kerja* yang dijadikan obyek, yakni:

- *Motion analysis* : sangat pendek, repetitif
- *Time study* : pendek, repetitif and *task* bervariasi
- *Activity sampling* : lebih panjang, *task* bervariasi
- *Historical data* : panjang, repetitif dan *task* bervariasi
- Estimasi : jarang dilakukan, *task* bervariasi

Pada kajian literatur di atas tentang *job shop* EtO didapatkan bahwa sifat *task/kerja* pada tipe disain proses produksi ini adalah waktu prosesnya singkat/pendek, non-repetitif, *task* bervariasi. Jika dibandingkan dengan hasil kajian oleh Dosset (1995), maka terdapat *gap* di sini, dalam artian bahwa teknik pengukuran waktu standar yang sudah ada tidak bisa langsung diaplikasikan untuk perusahaan yang bertipe *job shop* EtO dengan variasi produk dan proses yang tinggi. Maka perlulah dibuat suatu teknik pengukuran baru yang mengakomodir karakteristik ini.

PEMBAHASAN METODE YANG DIKEMBANGKAN

Langkah-langkah metode yang telah berhasil disusun adalah sebagai berikut

1. Deskripsi operasi

berisikan tentang identifikasi dan pendeskripsian tentang operasi yang akan diukur standar waktunya. Operasi di-breakdown hingga level *sequence* elemen kerja. Misalkan, operasi yang diamati adalah operasi penyambungan *pipe* yang memiliki *sequence* elemen kerja: *fitting and tuck weld* yang dilanjutkan *butt joint welding pipe*. Pada tahapan ini, juga diidentifikasi spesifikasi teknis dari masing-masing elemen kerja.

2. Identifikasi *trigger activity* dan *driver parameter*

Trigger activity merupakan sesuatu hal dalam elemen kerja yang sangat mempengaruhi lama tidaknya elemen kerja diselesaikan, semakin besar *trigger activity* semakin lama elemen kerja diselesaikan, begitu juga sebaliknya. Sedangkan *driver parameter* merupakan suatu parameter standar yang ada dalam elemen (baik spesifikasi teknik pada material, alat kerja atau pada operator) yang secara langsung mempengaruhi besar kecilnya *trigger activity*.

Misalkan untuk elemen kerja *butt joint welding pipe*, penyambungan dua pipa kembar secara horizontal, pada prinsipnya adalah mengisi *filler welding* pada suatu volume melingkar berbentuk cincin pada bagian sambungan sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 1.

Gambar 1. Ilustrasi sambungan dua pipa horizontal

Pengisian volume inilah yang disebut *trigger activity*.

Volume cincin *filler* dihitung dengan rumusan sebagai berikut;

Jika diketahui variabel-variabel sebagaimana gambar 1(c), maka dengan menggunakan aplikasi integral untuk volume benda putar didapatkan volume *filler* sebagai berikut:

Volume 2:

$$V_2' = 2 \times f \int_0^{a1} \left[x + \left(\frac{OD}{2} + e \right) \right]^2 dx \quad (1)$$

$$V_2'' = 2 \times f \int_0^{a1} \left(\frac{OD}{2} + e \right)^2 dx \quad \text{dimana } a1 = (t - b) \tan r \quad (2)$$

$$V_2 = V_2' - V_2'' \quad (3)$$

Volume 3:

$$V_3 = 2 \times f \int_0^{a3} \left[\left(\tan \left(\frac{f}{2} - r \right) \right) x + \left(\frac{OD}{2} - t + b \right) \right]^2 dx \quad (4)$$

Dimana $a3 = a1$

Volume 4:

$$V_3 = 2 \times f \int_0^{a4} \left[\left(\tan \left(\frac{f}{2} - s \right) \right) x + \left(\frac{OD}{2} - t + c \right) \right]^2 dx \quad (5)$$

Dimana $a_4 = (b - c) \tan S$

Volume 5:

$$V_5 = f \int_0^{a_5} \left(\frac{OD}{2} - t \right)^2 dx \quad (6)$$

Dimana $a_5 = \frac{d}{2}$

Volume 1:

$$V_1 = 2 \times f \int_0^a \left(\frac{OD}{2} + e \right)^2 dx \quad (7)$$

Dimana $a = (t - c) \times \tan(S) + \frac{d}{2}$ atau $a = a_1 + a_4 + a_5$ dan $e = \text{reinforcement}$; $d = \text{root gap}$;

OD = Outer diameter

Sehingga volume *filler* total adalah:

$$V_{tot} = V_1 - (V_2 + V_3 + V_4 + V_5) \quad (8)$$

Dengan menggunakan formulasi di atas, untuk *Outer diameter* 5 inchi didapatkan *volume filler* sebesar 1.23 inchi³.

Pipa merupakan material standar yang memiliki ukuran-ukuran standar di wilayah neagara manapun. Spesifikasinya adalah diameter dan jenis material. Ketebalannya pun standar dan mengikuti dua hal tersebut. Dimanapun berada pipa berdiameter 10 inchi memiliki ketebalan yang sama. Dari 2 spesifikasi standar pipa tadi, yang sangat berpengaruh pada *trigger activity* adalah diameter, karena volume cincin *filler* sangat dipengaruhi oleh diameter dari pipa yang disambung (volume *filler* tergantung pada keliling penampang pipa, dan keliling penampang pipa tergantung pada Diameter penampang pipa). Sehingga yang menjadi *driver parameter* adalah diameter pipa.

3. Pengukuran waktu kerja elemen

Pengukuran waktu elemen mengadopsi metode *sopwatch time study*. Pada tahap ini juga dilakukan uji homogenitas dan kecukupan data dari jumlah data waktu yang diambil.

Misalkan, setelah diambil data, uji homogenitas dan kecukupan data didapatkan waktu elemen *butt joint welding pipe*:

Tabel 1. Data waktu elemen kerja *butt joint welding pipe*

No	waktu elemen (detik)
1	937
2	839
3	923
4	958
5	969
6	925
7	816
8	894
9	797
10	934
11	837
12	953
13	899
mean	898.54

4. Penentuan *allowance* dan *performance* rating

Penentuan *allowance* dan *performance* rating menggunakan *Westinghouse table*. Misalkan untuk elemen kerja ini didapatkan *allowance* dan *performance* sebesar:

Tabel 2. *performance* rate dan *allowance*

Skill	average	0%	tenaga	Ringan	5%
effort	average	0%	gerakan kerja	Bebas	2%
total		0%	kelelahan mata	Focus	15%
			temperatur kerja	Sedang	10%
			keadaan lingkungan	kurang	6%
			kebutuhan pribadi	pria	2%
			total		40%

5. Penyusunan formula

Dasar perhitungan waktu standar menggunakan rumusan:

waktu standar = *waktu amatan* × (1 + %*allowance*) × (1 + % *performance*)

Waktu standar ini dikonversikan kedalam formula dengan membaginya dengan *trigger activity* yang kemudian disusun formulasi yang didalamnya terdapat *driver parameter*.

Misalkan elemen kerja *butt joint welding pipe* 5 inchi OD, waktu amatan didapatkan dari table 1 yakni sebesar 898.54 detik. Dari table 2, *allowance* dan *performance* masing-masing 40% dan 0%, sehingga didapatkan waktu standar;

$$\begin{aligned}\text{Waktu standar} &= 898.54 \times (1 + 40\%) \times (1 + 0\%) \\ &= 1257.95 \text{ detik}\end{aligned}$$

Dengan volume *filler* 1.23 inchi³, maka waktu standar amatan adalah 1257.95 detik per 1.23 inchi³

Standardisasi formula;

Volume *filler* sangat tergantung pada keliling penampang, dan keliling penampang sangat tergantung pada atau bias didekati dengan *Outer diameter* (*driver parameter*), sehingga bias dibuat suatu persamaan sederhana;

$$V_{baru} = \frac{OD_{baru}}{OD_{amatan}} V_{amatan} \quad (9)$$

$$V_{baru} = \frac{OD_{baru}}{5} 1.23$$

Sehingga didapatkan formulasi standar untuk *butt joint welding pipe*(bjwp):

$$bjwp \text{ standard time formula} = \frac{1257.95 \text{ detik}}{1.23 \text{ inchi}^3} \times V_{baru}$$

$$bjwp \text{ standard time formula} = \frac{1257.95 \text{ detik}}{1.23 \text{ inchi}^3} \times \frac{OD_{baru}}{5 \text{ inchi}} \times 1.23 \text{ inchi}^3$$

$$bjwp \text{ standard time formula} = \frac{1257.95 \text{ detik}}{5 \text{ inchi}} \times OD_{baru}$$

$$bjwp \text{ standard time formula} = \frac{1.23 \text{ inchi}^3}{5 \text{ inchi}} \times \frac{1257.95 \text{ detik}}{1.23 \text{ inchi}^3} \times OD_{baru} \quad (10)$$

Perlu diperhatikan bahwa, formula (10) diatas dibentuk oleh operator dengan performansi average (0%) sehingga dengan ditambahkan aspek performansi menjadi

$$251.59 \times \frac{\text{bwtp} \text{ std}}{OD_{baru}} \times (1 + \%_{\text{performance}}) \quad (11)$$

6. Validasi formula

Validasi formula dilakukan dengan membandingkan formulasi yang sudah didapatkan dengan amatan perhitungan langsung dengan stopwatch untuk diameter yang berbeda. Dengan catatan, lokasi dan kondisi stasiun kerja sama.

Tabel 3. Rekapitulasi perbandingan hasil waktu dari formula dan amatan

OD	performansi operator	waktu hasil formula	waktu hasil amatan
7	0%	1761.13	1757.37
7	15%	2025.29	2001.89
9	0%	2264.31	2265.77
10	0%	2515.9	2508.92
3	0%	754.77	759.12

Dengan menggunakan uji statistik 2 sample t test dengan hipesa;

$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$

$H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

didapatkan hasil;

Two-Sample T-Test and CI: waktu hasil formula, waktu hasil amatan

Two-sample T for waktu hasil formula vs waktu hasil amatan

	N	Mean	StDev	SE Mean
waktu hasil form	5	1864	680	304
waktu hasil amat	5	1859	676	302

Difference = mu (waktu hasil formula) - mu (waktu hasil amatan)

Estimate for difference: 5.66600

95% CI for difference: (-1008.72039, 1020.05239)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 0.01 P-Value = 0.990 DF = 7

Karena p-value = 0.99 lebih besar dari alfa 0.05, maka terima H_0 , yakni antara hasil formula dan hasil amatan, secara statistik tidak terdapat bukti adanya perbedaan dan formulasi valid

Sehingga untuk elemen kerja butt joint *welding pipe*, pada stasiun kerja yang sama, berapapun diameter pipa yang disambungkan, maka untuk menentukan waktu standar bisa dengan menggunakan formula;

$$251.59 \times \frac{\text{bwtp} \text{ std}}{OD_{baru}} \times (1 + \%_{\text{performance}}) \quad (12)$$

Berikut ini adalah contoh rekapitulasi formula elemen kerja lainnya yang telah dirumuskan;

Tabel 4. Contoh formulasi waktu standard yang dihasilkan dengan metode *Activity Based Time Study*

No	Sequences		Formulasi standard time (second per unit part)
	Suboperasi	Work elements	
1	End plug welding (SO-I)	Grinding preparation	$4.75 \times f \times ID_{header} \times (1 + \% \text{performance})$
		Fitting & tack weld	$26.98 \times f \times ID_{header} \times (1 + \% \text{performance})$
		Root-pass GTAW	$95.69 ID_{header} \times (1 + \% \text{performance})$
		Preheat	$((16 + (5 \times n)) \times 60 + 1) \times (1 + \% \text{performance})$
		flame	$2.24 \times f \times OD_{header} \times (1 + \% \text{performance})$
		FCAW welding	$201 \times (V_{filler_endplug} - (1.79 \times ID_{header})) \times (1 + \% \text{performance})$
2	Fit-up nozzle & lug to header (SO-II)	Nozzle preparation	$7.96 \times f \times OD_{nozzle} \times (1 + \% \text{performance})$
		Lugs preparation	$13.11 \times (2p + 2l) \times (1 + \% \text{performance})$
		Fit up nozzle to header	$19.06 \times f \times ID_{nozzle} \times (1 + \% \text{performance})$
		Fit Up Lugs to Header	$120.07 \times (2p + 2l) \times (1 + \% \text{performance})$
3	Root-pass nozzle to header (SO-III)		$135.4 ID_{nozzle} \times (1 + \% \text{performance})$
4	Flux-cored welding (SO-IV)	preheat	$((16 + (5 \times n)) \times 60 + 1) \times (1 + \% \text{performance})$
		flame	$2.24 \times f \times OD_{header} \times (1 + \% \text{performance})$
		Flux-cored nozzle to header	$1055 \times (V_{fillernozzletoheader} - (0.29 \times ID_{nozzle})) \times (1 + \% \text{performance})$
		Flux-cored lug to header	$366.94 \times (2p + 2l) \times (1 + \% \text{performance})$

KESIMPULAN DAN SARAN

Dengan menggunakan formulasi yang dihasilkan metode *Activity based Time Study* (ABTS), perusahaan yang memiliki tipe EtO dengan aliran job Shop, tidak perlu kesulitan lagi dalam melakukan pengukuran waktu standar di setiap operasinya, tidak perlu lagi kesulitan dalam melakukan penaksiran harga produk dalam manhours. Dengan meng-input-kan *driver parameter* ke dalam formula akan didapatkan proyeksi waktu standar yang dengan mudah bisa dikonversikan ke dalam menhours dengan dibagi angka 3600 untuk setiap operator.

Pengembangan metode ABTS ini, masih berada di tahap awal pengembangan. Masih banyak kelemahan yang perlu untuk diperbaiki. Misalnya dalam penentuan *allowance* dan performansi, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk penentuan besar prosentase di masing-masing kategori.

DAFTAR PUSTAKA

Chase, Aquilano dan Jacobs, F. Robert, 2001, *Operation Management for Competitive Advantage*, International Edition, New York: McGraw Hill.

Dossett, Royal J., 1995, Work-Measured Labor Standards The State of The Art, *Industrial Engineering*, Issue 4, ProQuest Science Journals pg. 21

Fogarty, Blackstone dan Hoffmann, Thomas R., 1991 *Production & Inventory Management*, 2nd edition, Ohio: South-Western Publishing Co.

Iftikar Z Sitalaksana. 1987. *Teknik Tata Cara Kerja*. Institut Teknologi Bandung. Bandung

Kalpakjian, Seroppe, 1995, *Manufacturing Engineering and Technology*, 3rd edition, New York: Addison-Wesley Publishing.

Mundel, Marvin E., 1981, *Motion and Time Study Improving Productivity*, 5th edition, New Delhi: Prentice Hall of India Private Limited.

Niebel, Benjamin dan Freivalds, Andris, 1999, *Method Standard and Work Design*, 10th edition, New York: McGraw Hill

Sritomo Wignjosoebroto (1996), *Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu*, Jakarta, PT Guna Widya.