

**PENGARUH URUTAN KOMPONEN TERHADAP
TINGKAT KESULITAN PROSES PERAKITAN
(Influence order components against the rate
of difficulty assembling process)**

Nelce D Muskita

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Katolik Saint Paul Sorong
Jl. RA. Kartini No.10 Kampung Baru, Sorong 98411
Email : nelcemuskita779@gmail.com

Abstrak

Tujuan dari Design for Assembly (DFA) adalah melakukan sebuah pengembangan terhadap elemen-elemen yang mempengaruhi proses perakitan (assembly) sehingga waktu perakitan menjadi singkat atau berkurang. Guna mengurangi atau mengoptimalkan waktu perakitan, disamping material yang digunakan oleh setiap komponen urutan komponen ketika proses handling maupun insertion sangat berpengaruh terhadap besarnya pembentukan sudut alfa (α) dan beta (β). Dimana kedua unsur tersebut merupakan landasan atau acuan untuk menentukan alokasi waktu dari setiap komponen pada saat proses perakitan. Dalam melakukan proses perhitungan terlebih dahulu dilakukan identifikasi jumlah komponen (N) dan keragaman dari komponen (n) dari sebuah produk yang akan dirakit. Prosedur yang kedua adalah melakukan identifikasi kemungkinan atau peluang urutan komponen dari sebuah produk pada saat proses perakitan. Prosedur yang ketiga adalah menentukan aspek-aspek yang sangat mempengaruhi urutan komponen pada saat proses handling, insertion maupun fastening. Adapun aspek yang mempengaruhi proses handling (C_h) antara lain; shape, geometry, thickness, symmetry, size. Sementara aspek yang mempengaruhi proses insertion (C_i) adalah; holding down, alignment, insertion resistance, accessibility and vision, mechanical fastening processes, non-mechanical fastening processes, non-fastening processes. Selanjutnya dapatlah dihitung indeks kompleksitas (tingkat kesulitan) dari produk yang akan dirakit (CI_{produk}) dari hasil tersebut dapat dihitung kompleksitas proses perakitan ($C_{\text{proses assembly}}$) dari setiap kemungkinan yang ada. Nilai indeks kompleksitas dan kompleksitas proses assembly yang diperoleh selanjutnya diranking berdasarkan nilai yang terkecil, dengan asumsi bahwa semakin kecil nilai kompleksitas proses perakitan maka proses perakitan akan relatif mudah dan waktu perakitan akan menjadi singkat. Dengan demikian maka peringkat yang diperoleh dapat dijadikan sebagai bahan rekomendasi atau usulan kepada pihak-pihak yang sangat membutuhkan yang dalam hal ini adalah industry assembling, unit atau divisi assembling guna melakukan penataan terhadap line assembly agar lebih efektif, sehingga proses coba-coba (trial and error) dalam penyusunan dan penataan line tidak perlu untuk dilakukan guna meminimalkan waktu serta cost/biaya untuk proses perakitan.

Keywords: Kompleksitas, Urutan Komponen, Assembly, Handling, Insertion

Pendahuluan

Proses perakitan (*assembly process*) merupakan bagian terpenting dari rangkaian proses manufaktur, yang mana tahapan ini mengambil bagian sebesar 53% dari total waktu produksi dan 20% dari total biaya produksi. Apabila kita lebih mendalami lagi untuk permasalahan biaya produksi, maka akan terdistribusi menjadi 20% untuk biaya proses perakitan dan 80% untuk biaya material dan proses lainnya [1].

Desain untuk perakitan (*Design for Assembly*) haruslah mempertimbangkan semua tahap proses desain, tetapi yang terutama yakni pada tahap awal. sebagai desain yang mengkonseptualisasikan solusi

alternatif, maka haruslah memberikan pertimbangan serius terhadap kemudahan perakitan atau sub-perakitan dari produk. Kebutuhan akan efektifitas DFA dalam menganalisis kemudahan perakitan atau sub-perakitan dari desain produk, yang mana dapatlah memberikan hasil yang cepat dan sederhana serta mudah digunakan. Ini juga harus dapat memastikan konsistensi dan kelengkapan dalam evaluasi atas kemampuan perakitan dari produk [2].

Pengukuran kompleksitas perakitan telah banyak dilakukan hanya saja metode yang digunakan berdasarkan kesulitan pemodelan perakitan dengan menggunakan data yang diambil dari sejumlah besar pengamatan empiris terhadap orang dan mesin. Metode ini tidak termasuk kompleksitas perakitan

secara actual hanya didasarkan pada estimasi waktu perakitan secara umum. Indeks kompleksitas disajikan untuk mengkuantifikasi kelincahan dan waktu yang dibutuhkan untuk merakit produk tetapi tidak termasuk efek dari bagian geometri dalam perhitungan, dan konsumsi waktu untuk membandingkan sistem perakitan dan strategi yang berbeda [3]. Kompleksitas perakitan juga dapat diukur dengan menggunakan parameter waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perakitan. Dalam mengukur kompleksitas waktu dianggap sebagai fungsi linear dari isi informasi untuk memperkirakan total waktu perakitan [4]. Gagasan dan ide tentang kompleksitas dipresentasikan sebagai metodologi dari segi DFA dalam dua tingkat yaitu kompleksitas produk dan kompleksitas perakitan [5] [6] [7].

$$C_{proses\ assembly} = \left[\frac{n_p}{N_p} + C_{I_{product}} \right] [\log_2(N_p + 1)] + \left[\frac{n_s}{N_s} \right] [\log_2(N_s + 1)]$$

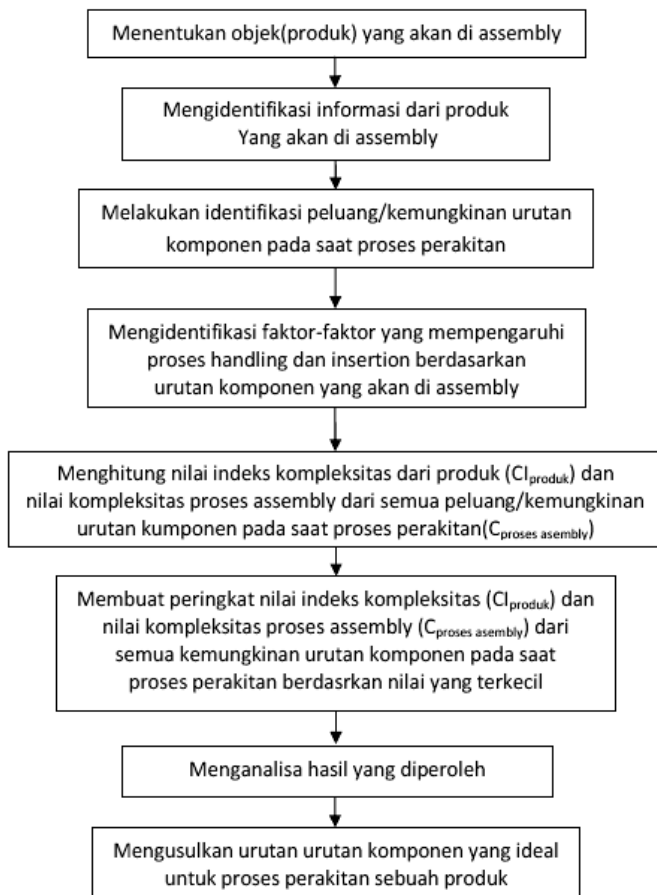
Dimana :

$$C_{I_{product}} = \sum_{p=1}^n x_p C_{part}$$

$$C_{part} = \frac{C_h \sum_1^J C_{h,f} + C_i \sum_1^K C_{i,f}}{\sum_1^J C_{h,f} + \sum_1^K C_{i,f}}$$

$$C_i = \frac{\sum_1^K C_{i,f}}{K} \quad \text{dan} \quad C_h = \frac{\sum_1^J C_{h,f}}{J}$$

Metoda Eksperimen

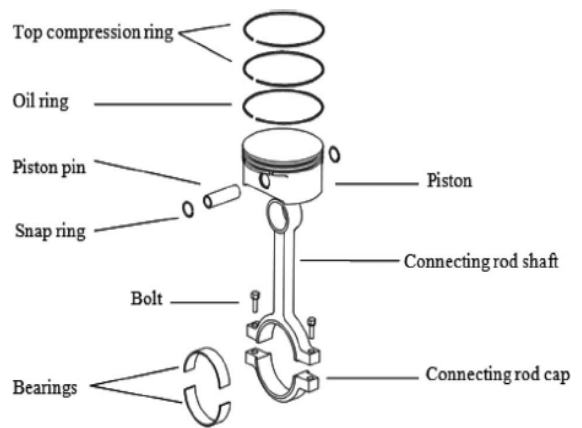


Hasil dan Pembahasan

Untuk menghitung Tingkat kesulitan proses perakitan dapat digunakan rumus :

Contoh kasus : piston

Pada kasus piston selain material, urutan komponen juga turut mempengaruhi tingkat kesulitan proses assembly. Berikut ini adalah hasil perhitungan dan pembahasannya.



Gambar 1. Komponen piston

Dengan menggunakan piston sebagai objek maka diperoleh hasil identifikasi informasi dari produk pada tabel 1.

Tabel 1. Informasi Produk

Part name	jenis material	Number	Nomor urut komponen
compression ring	cast aluminium alloy	2	1
oil ring	cast aluminium alloy	1	2
piston	cast aluminium alloy	1	3
piston pin	cast aluminium alloy	1	4
snap ring	cast aluminium alloy	2	5
connection rod shaft	cast aluminium alloy	1	6
connection rod cap	cast aluminium alloy	1	7
bearing	cast iron	2	8

Setelah informasi dari produk teridentifikasi selanjutnya hasil idendifikasi peluang/kemungkinan urutan komponen untuk proses perakitan dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Peluang urutan komponen untuk process assembly

Part name	jenis material	Number	Nomor urut komponen	peluang 1	peluang 2	peluang 3	peluang 4	peluang 5	peluang 6	peluang 7
compression ring	cast alumunium alloy	2	1	3	3	6	6	7	7	1
oil ring	cast alumunium alloy	1	2	2	6	7	3	6	6	2
piston	cast alumunium alloy	1	3	1	4	8	4	8	8	3
piston pin	cast alumunium alloy	1	4	6	5	3	5	3	3	4
snap ring	cast alumunium alloy	2	5	4	7	4	1	4	4	5
connection rod shaft	cast alumunium alloy	1	6	5	8	5	2	5	5	6
connection rod cap	cast alumunium alloy	1	7	7	1	1	7	1	2	7
bearing	cast iron	2	8	8	2	2	8	2	1	8

Urutan komponen pada proses assembly sangat berpengaruh pada atribut proses handling maupun proses insertion. Atribut handling yang dipengaruhi adalah symmetry, dengan dasar pertimbangan bahwa dengan urutan yang berbeda maka besar sudut α dan β yang dibentuk akan berbeda pula sehingga akan

mempengaruhi tingkat kesulitan proses assembly dan juga lamanya waktu assembly. Hasil perhitungan nilai CI_{produk} (indeks kompleksitas dari produk) dan nilai kompleksitas proses perakitan ($C_{proses assembly}$) dari semua peluang urutan komponen dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Rekap hasil perhitungan nilai CI_{produk} dan $C_{proses assembly}$ dari semua peluang urutan komponen

	peluang 1	peluang 2	peluang 3	peluang 4	peluang 5	peluang 6	peluang 7
CI produk	0.544	0.507	0.107	0.358	0.170	0.113	0.525
CI proses assembly	5.349	5.220	4.011	4.686	4.011	3.808	5.283

Peringkat nilai CI_{produk} dan nilai $C_{proses assembly}$ perlu untuk dibuat agar dapat digunakan sebagai rekomendasi urutan komponen yang relatif efisien untuk proses perakitan dari produk piston dan dapat dilihat pada tabel 4.

Dalam perhitungan kompleksitas proses assembly selain pengaruh urutan komponen, pengaruh material juga sudah di masukkan kedalam perhitungan, hanya saja jenis material yang digunakan adalah material yang menempati peringkat pertama berdasarkan hasil seleksi [14].

Tabel 4. Peringkat nilai CI_{produk} dan $C_{proses assembly}$

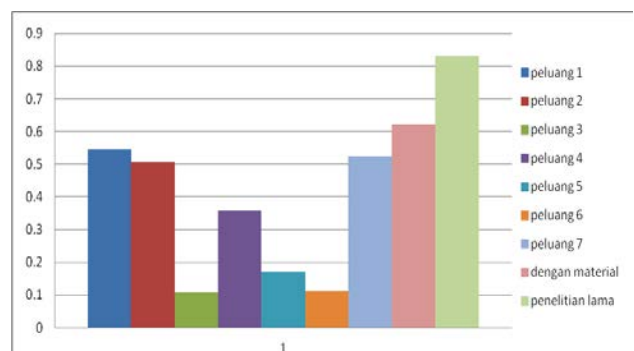
	peluang 1	peluang 2	peluang 3	peluang 4	peluang 5	peluang 6	peluang 7
CI produk	0.544	0.507	0.107	0.358	0.170	0.113	0.525
CI proses assembly	5.349	5.220	4.011	4.686	4.011	3.808	5.283
Peringkat	7	5	2	4	3	1	6

Sebagai bahan perbandingan dengan perhitungan yang pernah dibuat serta perhitungan terdahulu dan belum memasukkan unsur material dan urutan komponen ke dalam perhitungan dapat dilihat pada tabel 5.

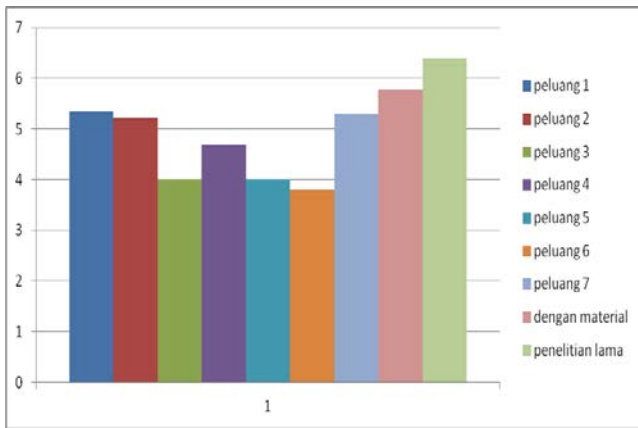
Tabel 5. Perbandingan nilai CI_{produk} dan $C_{proses assembly}$ dengan penelitian terdahulu

	peluang 1	peluang 2	peluang 3	peluang 4	peluang 5	peluang 6	peluang 7	dengan material	penelitian lama
CI produk	0.544	0.507	0.107	0.358	0.170	0.113	0.525	0.622	0.83
CI proses assembly	5.349	5.220	4.011	4.686	4.011	3.808	5.283	5.777	6.39

Untuk lebih jelasnya perbandingan dimaksud dapat dilihat pada gambar 2 dan gambar 3.



Gambar 2. Grafik perbandingan nilai CI_{produk}



Gambar 3. Grafik perbandingan nilai $C_{proses\ assembly}$

Rincian perhitungan indeks kompleksitas produk dan kompleksitas proses assembly untuk peluang urutan komponen piston yang menempati peringkat pertama dapat di lihat pada tabel 6, tabel 7 dan tabel 8.

Tabel 6. Matriks atribut kompleksity proses handling

Part name	jenis material	Number	HANDLING COMP.FACTOR							J	Ch,f	Ch	Ch * Ch,f	
			SYM	SIZE	THCKNS	WEIGHT	GRPS & MANPL	ASSTNC	NEST/TANG					OPTCL MGNFCTN
cennnection rod cap	cast aluminium alloy	1	0	0.74	0.27	0.22	1	0.34	0.58	0	7	3.145	0.45	1.41
connection rod shaft	cast aluminium alloy	1	0	0.74	0.27	0.22	1	0.34	0.58	0	7	3.145	0.45	1.41
bearing	cast iron	2	0.231	0.74	0.27	0.26	0.91	1	0.58	0	7	3.986	0.57	2.27
piston	cast aluminium alloy	1	0.231	0.74	0.27	0.22	0.91	0.34	0.58	0	7	3.286	0.47	1.54
piston pin	cast aluminium alloy	1	0	0.74	0.27	0.22	0.91	1	0.58	0	7	3.715	0.53	1.97
snap ring	cast aluminium alloy	2	0.5628	0.81	0.5	0.22	1	1	0.58	0	7	4.6678	0.67	3.11
oil ring	cast aluminium alloy	1	1	0.74	0.27	0.22	1	0.34	0.58	0	7	4.1465	0.59	2.46
compression ring	cast aluminium alloy	2	0	0.74	0.27	0.22	1	0.34	0.58	0	7	3.145	0.45	1.41

Tabel 7. Matriks Atribut kompleksity proses Insertion

Part name	jenis material	Number	INSERT COMP.FACTOR						K	C _f ,f	C _i	C _i * C _f ,f	
			HLD.DWN	INSRT REST	ALIGN	MCH FST	NON MCH FST	ACSBLTY&VISN					NON FSTN.PRCs
cennnection rod cap	cast aluminium alloy	1	1	0.61	0	0.29	0	0	0	4	1.90	0.48	0.91
connection rod shaft	cast aluminium alloy	1	1	0.61	0	0	0	0	0	3	1.61	0.54	0.86
bearing	cast iron	2	1	0.63	0.33	0	0	0	0	3	1.96	0.65	1.28
piston	cast aluminium alloy	1	0.54	0.61	0.2838	0	0	0	0	3	1.43	0.48	0.68
piston pin	cast aluminium alloy	1	0.54	0.70	0	0	0	0	0	3	1.24	0.41	0.51
snap ring	cast aluminium alloy	2	0.54	0.70	0.67	0	0	0	0	3	1.91	0.64	1.22
oil ring	cast aluminium alloy	1	0.54	0.70	1	0	0	0	0	3	2.24	0.75	1.67
compression ring	cast aluminium alloy	2	0.54	0.70	0	0	0	0	0	3	1.24	0.41	0.51

Tabel 8. Perhitungan Indeks kompleksitas produk (CI_{produk})

Part name	jenis material	Number	C_{part}	x_p	CI
cennnection rod cap	cast aluminium alloy	1	0.46	0.09	0.04
connection rod shaft	cast aluminium alloy	1	0.48	0.09	0.04
bearing	cast iron	2	0.60	0.18	0.11
piston	cast aluminium alloy	1	0.47	0.09	0.04
piston pin	cast aluminium alloy	1	0.50	0.09	0.05
snap ring	cast aluminium alloy	2	0.66	0.18	0.12
oil ring	cast aluminium alloy	1	0.65	0.09	0.06
compression ring	cast aluminium alloy	2	0.44	0.18	0.08
CI produk					0.113

Dari hasil perhitungan diperoleh CI_{produk} atau indeks kompleksitas dari produk = **0.113**, untuk proses handling dan insertion ; N = 11, n = 8. Untuk proses fastening N = 2, n = 1. Maka dapat diperoleh Kompleksitas proses assembly untuk produk piston dengan urutan komponen yang menempati peringkat pertama adalah :

$$\begin{aligned}
 C_{proses\ assembly} &= [8/11 + 0.113] [\log_2(11 + 1)] + \\
 &\quad [1/2] [\log_2(2+1)] \\
 &= \mathbf{3.808}
 \end{aligned}$$

Kesimpulan

Urutan komponen akan mempengaruhi tingkat kesulitan dari proses perakitan dari sebuah produk, dimana besarnya sudut alpha dan beta yang terbentuk mengacu dari bentuk komponen serta sumbu sejajar dan sumbu tegak lurus terhadap komponen referensi. Semakin besarnya nilai kompleksitas proses perakitan, maka waktu perakitan akan menjadi relatif panjang atau lama. Sehingga urutan komponen yang menempati peringkat pertama berdasarkan nilai CI_{produk} dan $C_{\text{proses assembly}}$ dapat direkomendasikan sebagai urutan yang lebih efisien atau ekonomis untuk proses perakitan dari sebuah produk.

Ucapan Terima kasih

Terimakasih yang takterhingga diucapkan kepada Bapak Hendri D.S Budiono, Politeknik Katolik Saint Paul Sorong serta FRM yang selalu memberikan dukungan dan bantuan serta motivasi guna terselesaikannya penelitian ini .

Nomenklatur

α	Sudut alpha symmetry
β	Sudut beta symmetry
N_p	Jumlah total komponen untuk proses handling dan insertion
n_p	Jumlah keunikan/keragaman komponen untuk proses handling dan insertion
N_s	Jumlah total komponen untuk proses fastening
n_s	Jumlah keunikan/keragaman komponen untuk proses handling dan insertion
CI_{produk}	Indeks kompleksitas produk
$C_{\text{proses assembly}}$	Kompleksitas proses assembly
H	Entropy
X_p	Presentase dari bagian-bagian yang berbeda
C_{part}	Kompleksitas bagian yang dirakit
C_h	Kompleksitas atribut handling
C_i	Kompleksitas atribut insertion
$C_{h,f}$	Factor kompleksitas relative proses handling
$C_{i,f}$	Factor kompleksitas relative proses insertion
J	Atribut handling
K	Atribut insertion

Referensi

1. Nof, S.Y., Wilhelm, W.E., and Warnecke, H.J., 1997. Industrial assembly. London: Chapman & Hall.
2. Boothroyth. (2001), Product Design for Manufacture and Assembly, Boothroyd Dewhurst Inc. and University of Rhode Island, USA.
3. Sturges, R.H. Jr. and Kilani, M.I., 1992. Towards an integrated design for an assembly evaluation and reasoning system. Computer Aided Design.
4. Braha, D. and Maimon, O., 1998. The measurement of a design structural and functional complexity. IEEE Transactions on Systems, Man & Cybernetics, Part A (Systems & Humans)
5. Rodriguez-Toro, C., Jared, G., and Swift, K., 2004. Productdevelopment complexity metrics: a framework for proactive-DFA implementation. In: International design conference , 18–21 May 2004. Dubrovnik.
6. Rodriguez-Toro, C., Tate, S., Jared, G., and Swift, K, 2002. Shaping the complexity of a design. New Orleans, LA: American Society of Mechanical Engineers.
7. Rodriguez-Toro, C.A., Tate, S.J., Jared, G.E.M., and Swift, K.G., 2003. Complexity metrics for design (simplicity β simplicity $\frac{1}{4}$ complexity). Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B (Journal of Engineering Manufacture).
8. ElMaraghy, W. H. & Urbanic, R. Jill (2003). *Modelling of Manufacturing Systems Complexity*, Intelligent Manufacturing Systems (IMS) Centre, Faculty of Engineering University of Windsor, Windsor, Ontario, Canada,
9. ElMaraghy, W.H, & Urbanic, R. Jill (2006), *Modeling of Manufacturing Process Complexity*, British Library Cataloguing in Publication Data Advances in design, Springer,
10. ElMaraghy & S.N.Samy (2010), *A Model for Measuring Product Assembly Complexity*, Intelligent Manufacturing Systems (IMS) Centre, Faculty of Engineering University of Windsor, Windsor, Ontario, Canada,

11. Michael F. Ashby (2005), *Material Selection in Mechanical Design*, Third edition, Elsevier Butterworth-Heinemann, Oxford
12. Granata Material Inspiration , CES EDUPACK 2005 software.
13. Kalpakjian, Serape (1995). *Manufacturing Engineering and Technology*, 3rd Edition, Prentice Hall, USA
14. Hendri, D.S Budiono, Nelce, D. Muskita, Gandjar Kiswanto, Tresna P. Soemardi., 2011. Pengaruh Material Terhadap Indeks Kompleksitas Proses Assembly pada Komponen Otomotif. Departemen Teknik Mesin Universitas Indonesia, Depok. Proceeding SNTTM X