

## PENENTUAN INDEKS KOMPLEKSITAS PROSES ASSEMBLY UNTUK PRODUK PISTON

Nelce D Muskita<sup>1)</sup>, Rudy Soenoko<sup>2)</sup>, Achmad As'ad Sonief<sup>3)</sup>, Moch. Agus Choiron<sup>3)</sup>

<sup>1), 2), 3)</sup> Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Brawijaya Malang  
Jl. Veteran , Kota Malang 65145  
Email : [nelcemuskita779@gmail.com](mailto:nelcemuskita779@gmail.com)

**Abstrak .** Dalam studi sebelumnya metode yang digunakan untuk pemilihan material dan proses perakitan telah dikembangkan secara terpisah. Dalam penelitian ini, metode tersebut akan dikembangkan bersama-sama menjadi satu kesatuan yang berhubungan dengan kompleksitas proses assembly. Metode pemilihan material dan kompleksitas proses perakitan yang digunakan akan dikombinasikan, sehingga metode yang diusulkan digunakan untuk menganalisis hubungan erat antara proses pemilihan material dengan proses perakitan. Penelitian ini mengacu pada karakteristik bahan yang berkaitan dengan aspek dari proses perakitan; yaitu handling, insertion dan fastening pada produk piston dengan tingkat kesulitan atau kompleksitas, menghasilkan suatu metode baru yang merupakan penggabungan metode untuk menentukan tahap optimalisasi pemilihan bahan dalam proses assembly. Biaya dan waktu perakitan akan diamati untuk menentukan tahap optimasi dengan menggunakan CI (Indeks Kompleksitas). Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa, tingkat kesulitan yang kecil akan berbanding lurus dengan efisiensi waktu serta biaya.

**Kata kunci :** pemilihan material, assembly, complexity .

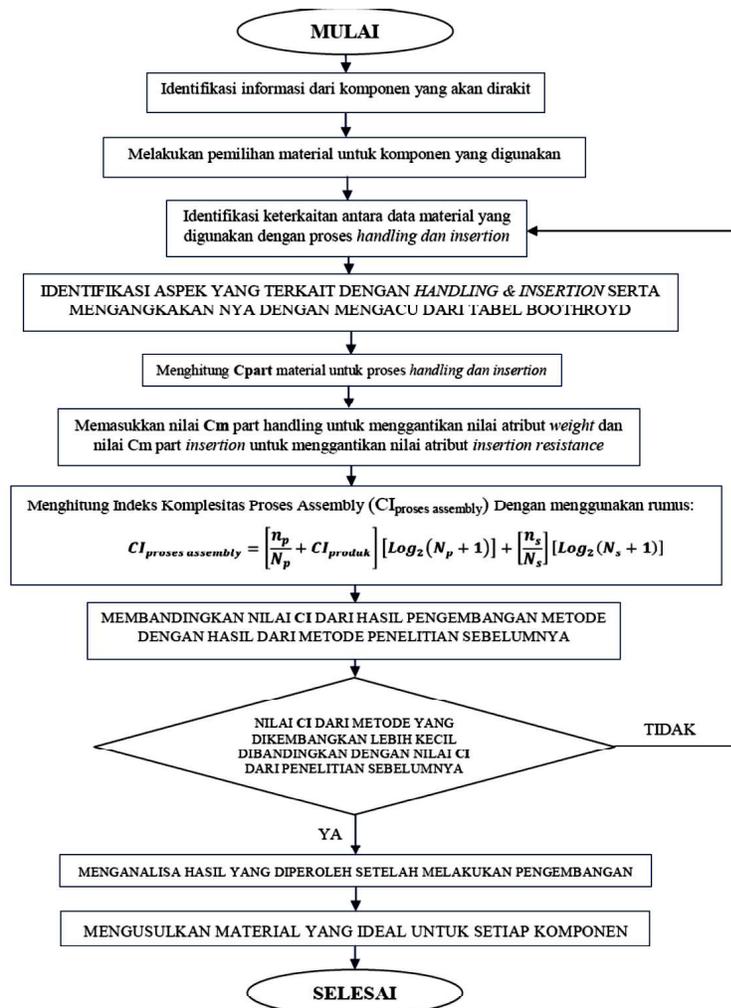
### 1. Pendahuluan

Dalam menghasilkan suatu produk pada industri manufaktur terdapat beberapa fase yang harus dilalui. Salah satunya adalah perencanaan proses (*Process Planning*) dan mekanisme *assembling* (perakitan) produk pada bagian yang berlainan, merupakan proses yang sangat penting. Proses perakitan mengambil bagian sebesar 53% dari total waktu produksi dan 20% dari total biaya produksi, yang mana total biaya produksi terdistribusi menjadi 20% untuk biaya proses perakitan dan 80% untuk biaya material dan proses lainnya [1]. Proses perakitan menjadi relatif singkat jika kesulitan-kesulitan dalam proses tersebut haruslah dikurangi, sehingga waktu dan juga biaya akan berkurang. Penentuan karakteristik suatu produk sangatlah penting dilakukan, untuk dapat mengurangi waktu perakitan dan karakteristik suatu produk digambarkan sebagai kesulitan yang ditemui ketika melakukan proses perakitan [2]. Faktor kesulitan yang ada dapat kita wujudkan kedalam bentuk angka, lebih dikenal dengan istilah Indeks Kompleksitas (CI). Dalam lingkungan manufaktur kompleksitas dipengaruhi oleh; material, desain, spesifikasi dan komponen, dimana keempat unsur tersebut saling terkait satu dengan lainnya . Penelitian yang telah dilakukan untuk mengukur nilai atau indeks kompleksitas menggunakan pendekatan entropi atau isi dari informasi itu sendiri dengan pendekatan heuristik dan indeks [3,4]. Pemilihan material merupakan salah satu kegiatan yang paling menonjol dalam proses desain, pilihan yang tidak tepat akan mengakibatkan kerusakan atau kegagalan perakitan dan secara signifikan akan menurunkan kinerja [5,6,7,8,9,10]. Peneliti sebelumnya telah melakukan kajian terhadap metode yang optimal maupun sederhana untuk pemilihan material, pemahaman yang jelas tentang persyaratan fungsional untuk setiap individu komponen yang diperlukan dan berbagai kriteria penting atau atribut perlu dipertimbangkan dalam pemilihan material [12,13,16,17,19]. Sehingga mengukur kompleksitas proses assembly adalah suatu langkah penting dalam pengembangan produk secara keseluruhan [11,20,21].

Keterkaitan proses pemilihan material dengan proses assembly pada produk piston akan dianalisa , sehingga dapat menentukan tingkat kesulitan (kompleksitas) untuk proses pemilihan material dalam kaitannya dengan proses assembly dan dapat mengintegrasikan unsur - unsur yang berpengaruh pada kompleksitas proses assembly mulai dari tahapan pemilihan material .

**Metodologi**

Penentuan nilai kompleksitas proses assembly dari produk piston menggunakan 3 varian ; varian 1 material yang umum digunakan, Varian 2 material yang menempati peringkat 1 dalam pemilihan material, varian 3 material yang ideal atau ekonomis. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

**b. Pembahasan**

Dengan melakukan pemilihan material akan diperoleh kandidat material untuk tiap komponen dari satu produk yang dalam penelitian ini adalah produk piston. Hasil indentifikasi *shape* (bentuk) dari masing-masing komponen yang mengacu dari klasifikasi bentuk dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Bentuk dari komponen pada produk piston

Nama komponen	Gambar komponen	Bentuk
<i>Compression ring</i>		<i>Circular prismatic</i>
<i>Oil ring</i>		<i>Circular prismatic</i>
<i>Piston</i>		<i>Circular prismatic</i>
<i>Piston pin</i>		<i>Circular prismatic</i>
<i>Snap ring</i>		<i>Circular prismatic</i>
<i>Connection rod shaft</i>		<i>Solid 3-dimensional</i>

Connection rod cap		Solid 3-dimensional
Bearing		Circular prismatic

Sebelum menghitung indeks kompleksitas proses *assembly* dari produk piston, terlebih dahulu dihitung kompleksitas bagian atau part dari produk ( $C_{part}$ ), yang dihitung dengan menggunakan rumus :

$$C_{part} = \frac{C_h \sum_1^J C_{h,f} + C_i \sum_1^K C_{i,f}}{\sum_1^J C_{h,f} + \sum_1^K C_{i,f}} \quad (1)$$

Dimana ;  $C_h$  adalah kompleksitas rata-rata untuk faktor *handling*,  $C_{hf}$  adalah jumlah faktor kompleksitas relatif proses *handling*,  $C_i$  adalah kompleksitas rata-rata untuk faktor *insertion*,  $C_{if}$  adalah jumlah faktor kompleksitas relatif proses *insertion*,  $J$  adalah banyaknya atribut/aspek *handling* untuk setiap bagian dan  $K$  adalah banyaknya atribut atau aspek *insertion* untuk setiap bagian. Setelah menghitung nilai  $C_{part}$ , dilanjutkan dengan menghitung indeks kompleksitas produk ( $CI_{product}$ )

$$CI_{product} = \sum_{p=1}^n X_p C_{part} \quad (2)$$

Dimana ;  $X_p$  adalah persentase dari bagian-bagian yang berbeda,  $n$  adalah jumlah bagian yang unik. Selanjutnya menghitung indeks kompleksitas proses *assembly* dari produk piston menggunakan rumus :

$$CI_{proses\ assembly} = [[(D_{R(h,i)} + CI_{product}) \times H_{(h,i)}] + [D_{R(f)} \times H_{(f)}]] \quad (3)$$

dimana ;  $D_{R(h,i)}$  adalah rasio keragaman untuk *handling* dan *insertion*,  $H_{(h,i)}$  adalah entropi untuk *handling* dan *insertion*,  $D_{R(f)}$  adalah rasio keragaman untuk *fastening* dan  $H_{(f)}$  adalah entropi untuk *fastening*.

Hasil perhitungan indeks kompleksitas produk dan indeks kompleksitas proses *assembly* pada produk piston dari ketiga varian yang digunakan dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan  $CI_{product}$  dan  $CI_{proses\ assembly}$  dari ketiga varian yang digunakan

	Varian 1	Varian 2	Varian 3
$CI_{product}$	0.663	0.661	0.659
$CI_{proses\ assembly}$	5.777	5.769	5.764

Pada tabel 3 terlihat perbandingan antara hasil yang diperoleh dalam penelitian ini dengan penelitian sebelumnya, dimana adanya perbedaan nilai indeks kompleksitas produk maupun indeks kompleksitas proses *assembly* dari penelitian ini dengan penelitian sebelumnya.

Tabel 3. Perbandingan hasil yang diperoleh dengan penelitian sebelumnya

	Penelitian Sebelumnya	Varian 1	Varian 2	Varian 3
$CI_{product}$	0.73	0.663	0.661	0.659
$CI_{proses\ assembly}$	6.02	5.777	5.769	5.764

Hasil pada tabel 3 memperlihatkan nilai  $CI_{product}$  maupun  $CI_{proses\ assembly}$  dalam penelitian ini lebih kecil dari penelitian sebelumnya. Jenis material yang digunakan dari setiap komponen yang akan dirakit akan mempengaruhi tingkat kesulitan selama proses perakitan berlangsung, sehingga dengan menggunakan nilai koefisien material dalam perhitungan maka tingkat kesulitan dari proses *assembly* akan berkurang.

### 3 Simpulan

Proses pemilihan material akan dapat mempengaruhi proses *assembly* karena :

Penentuan nilai kompleksitas proses *assembly* dengan menggunakan koefisien material ( $C_m$ ) menggabungkan semua unsur yang mempengaruhi proses *assembly* mulai dari tahapan pemilihan

material yang saling terkait satu sama lain. Nilai kompleksitas proses assembly dengan menggunakan koefisien material ( $C_m$ ) lebih kecil dari nilai kompleksitas proses assembly tanpa menggunakan koefisien material, sehingga tingkat akurasi dari model yang dikembangkan lebih baik dari model sebelumnya yang sudah ada

### Ucapan Terima Kasih

Terima kasih yang tak terhingga diucapkan kepada Kementerian RISTEK DIKTI RI yang melalui program beasiswa BPPDN, juga kepada Promotor dan Co-Promotor serta teman-teman PDTM 2014 Universitas Brawijaya Malang sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

### Daftar Pustaka

- [1]. 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,
- [2]. Boothroyth. (2001), *Product Design for manufacture and assembly*, Boothroyd Dewhurst Inc. and University of Rhode Island, USA,
- [3]. El Maraghy, 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,
- [4]. ElMaraghy, W.H, & Urbanic, R. Jill (2006), *Modeling of Manufacturing Process Complexity*, British Library Cataloguing in Publication Data Advances in design, Springer,
- [5]. Michael F. Ashby (2005), *Material Selection in Mechanical Design*, Third edition, Elsevier Butterworth-Heinemann, oxford
- [6]. H. Wang, S.J. Hu , (2010) . *Manufacturing complexity in assembly systems with hybrid configurations and its impact on throughput* , CIRP Annals - Manufacturing Technology Vol. 59 , Page 53–56.
- [7]. He Wang, Xiaowei Zhu, Hui Wang, S. Jack Hu, Zhongqin Lin, Guanlong Chen. (2011). *Multi-objective optimization of product variety and manufacturing complexity in mixed-model assembly systems* .Journal of Manufacturing Systems Vol.30 , Page 16–27
- [8]. Ali Jahan, Faizal Mustapha , Md Yusof Ismail , S.M. Sapuan , Marjan Bahraminasa . (2011) . *A comprehensive VIKOR method for material selection* . Materials and Design Vol.32 page 1215–1221
- [9]. Ali Jahan & Kevin L Edwards (2013), *Multi-criteria analysis for supporting the selection of Engineering Materials in product design* , 1<sup>st</sup> edition, Elsevier Butterworth-Heinemann
- [10]. Prasenjit Chatterjee , Shankar Chakraborty . (2012). *Material selection using preferential ranking methods*. Materials and Design Vol. 35, page 384–393
- [11]. S.N. Samy H.A. ElMaraghy, (2012), "*Complexity mapping of the product and assembly system*", Assembly Automation, Vol. 32 Iss 2 pp. 135 – 151
- [12]. R.V. Rao & B. K. Patel. (2010). *A Subjective and Objective Integrated Multiple Attribute Decision Making Method for Material Selection* . Materials and Design Vol.31 page 4738–4747
- [13]. Natalia S. Ermolaeva, Maria B.G. Castro, Prabhu V. Kandachar. (2004). *Materials selection for an automotive structure by integrating structural optimization with environmental impact assessment*. Materials and Design Vol. 25, Page 689–698
- [14]. Granata Material Inspiration , CES EDUPACK 2005 software.
- [15]. Milani A. S ,Shanian A. (2006). *Gear material selection with uncertain and incomplete data*. Material performance indices and decision aid model. International Journal Mechanical Material and Design Vol. 3, page ; 209 -222
- [16]. Rao RV, Davim JP. A .(2008). *Decision-making framework model for material selection using a combined multiple attribute decision-making method*. International Journal Advance Manufacture Technology Vol. 35, page : 751-760.
- [17]. Chiner M. (1998). *Planning of expert systems for materials selection*. Material and Design Vol. 9. Page : 195-203.

- [18]. Hambali A, Sapuan S. M , Rahim A. S , Ismail N, Nukman Y. (2011). *Concurrent decisions on design concept and material using analytical hierarchy process at the conceptual design stage*. Concurrent Eng. Res.Appl. Vol. 19. Page :111-121.
- [19]. Hambali A,Sapuan M. S, Ismail N, Nukman Y. (2010) *Material selection of polymeric composite automotive bumper beam using analytical hierarchy process*. Journal Central South University Technology (English Edition), Vol: 17: page : 244-256
- [20]. Chatterjee P, Athawale V. M, Chakraborty S. (2009). *Selection of materials using compromise ranking and out ranking methods*. Journal Material and Design Vol ; 30 Page :4043-4053.
- [21]. Opricovic S,Tzeng G. H. (2004). *Compromise solution by MCDM methods : a comparative analysis of VIKOR and TOPSIS*. Europe Journal Operation Research Vol ; 156 Page : 445-455.