

Pengembangan Model Penilaian Kompleksitas Proses Manufaktur Produk *Pressed Part*

Riky Adhiharto; Henky S. Nugroho; Gandjar Kiswanto

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

Kampus Baru UI Depok 16424, Jawa Barat, Indonesia

Email: riky.adhi@gmail.com; gagah@eng.ui.ac.id; gandjar_kiswanto@eng.ui.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi parameter-parameter penting yang berkaitan dengan proses manufaktur produk *pressed part* dan menganalisa pengaruh parameter bebas terhadap parameter terikat untuk memilih parameter mana yang paling mempengaruhi kompleksitas proses manufaktur *pressed part*. *Sheet metal forming* adalah salah satu klasifikasi dari proses manufaktur yang membentuk sebuah lembaran logam yang bertindak sebagai benda kerja hingga menjadi produk *pressed part* yang diinginkan melalui serangkaian proses *cutting* bahan (*shearing, blanking, punching*) dan/atau pembentukan material (*bending, drawing, deep drawing, dll.*).

Dalam proses manufaktur *pressed part* terdapat kesulitan-kesulitan yang terdiri dari parameter-parameter proses yang harus dikurangi untuk mendapatkan efektifitas waktu proses produksi dan efisiensi biaya produksi untuk meningkatkan kuantitas produksi. Faktor kesulitan yang diwujudkan dalam bentuk angka disebut dengan Indeks Kompleksitas. Model kompleksitas merupakan fungsi dari jumlah informasi (H), variasi dari informasi (D_R) dan isi dari informasi yaitu koefisien kompleksitas relatif(c_j). Indeks kompleksitas proses (PI_{proses}) merupakan indikator tingkat kompleksitas suatu proses manufaktur sebuah produk, yang didapat dari penjumlahan faktor kesulitan yang terdapat dalam langkah proses individu (Σpc_x) dengan kompleksitas produk (CI_{produk}) (El Maraghy, 2003). Model kompleksitas proses individu terdiri dari *environment, inprocess feature, and inprocess specification*.

Untuk mengetahui ranking parameter bebas dan parameter terikat yang paling berpengaruh pada proses manufaktur *pressed part* digunakan sebuah metode Analytic Hierarchy Process (AHP). Dari hasil pembobotan dengan metode AHP didapatkan ranking terbaik parameter proses *sheet metal forming*, untuk parameter bebas ($pc_{in\ process, feature}$) terdiri dari parameter material, geometri awal, geometri *dies* dan jumlah deformasi. Untuk parameter terikat ($pc_{in\ process, specification}$) terdiri dari gaya dan aliran material.

Kompleksitas produk dan kompleksitas proses dilakukan perhitungan secara terpisah. Untuk menghitung kompleksitas proses *pressed part* dikembangkan sebuah model penilaian kompleksitas proses manufaktur produk *pressed part* dan model tersebut digunakan untuk menguji tingkat kompleksitas proses produk *pressed part* yang sudah diproduksi di industri. Dan nilai kompleksitas proses dari produk *panel roof, front door* dan *rear door*, kemudian diverifikasi dengan produk *pressed part* jika setiap parameter diasumsikan memiliki nilai pembobotan "0", "0,5" dan "1". Dari hasil uji model penilaian kompleksitas proses manufaktur *pressed part*, didapat produk *rear door* memiliki nilai kompleksitas proses (PI_{proses}) lebih besar dari produk lainnya, nilai ini terutama dipengaruhi parameter gaya, aliran material, jumlah deformasi, geometri *in process* dan material yang digunakan.

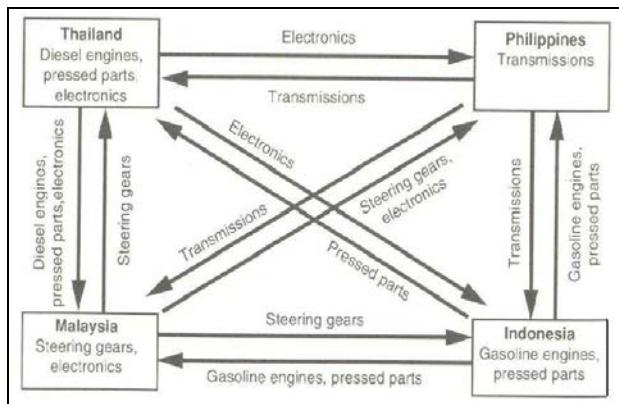
Keywords: *press part, pembobotan, metode AHP, model penilaian, kompleksitas proses.*

Pendahuluan

Industri otomotif merupakan salah satu industri manufaktur andalan Indonesia masa depan. Hal ini diperkuat dengan keluarnya Peraturan Presiden No. 28 tahun 2008 tentang kebijakan Industri Nasional. Target akhir tahun 2025 industri manufaktur saat ini dan kedepan dalam hal ini industri otomotif diharapkan terjadi peningkatan produksi komponen lokal, desain dan *engineering* komponen maupun kendaraan utuh, serta menjadi faktor pendorong pertumbuhan ekonomi Indonesia.

Secara garis besar industri manufaktur Indonesia memiliki kesiapan sebagai pendukung jaringan industri perakitan kendaraan bermotor roda empat, dalam hal ini terutama untuk mensuplai komponen-komponen *pressed part*, sedangkan komponen-komponen lain untuk memenuhi produksi perakitan kendaraan di Indonesia dapat memanfaatkan komponen yang di produksi dari negara-negara ASEAN lainnya. Dalam mendukung jaringan kerjasama produksi komponen kendaraan bermotor roda empat secara global khususnya Toyota di ASEAN, maka Indonesia dipandang kompeten dan

unggul dibidang industri *metal forming*. Dengan demikian terdapat peluang peningkatan kebutuhan ekspor jenis komponen kendaraan bermotor khususnya roda 4 dengan jenis industri pendukung otomotif yaitu produk *pressed parts* seperti pada gambar 1



Gambar 1 Jaringan Industri Otomotif Toyota di ASEAN
(Sumber: Dassy Irawati (2008) dari Toyota Motor Corp.)

Teknologi dan bisnis di industri manufaktur *pressed part* terus mengalami evolusi dalam memenuhi segala tantangan. Saat ini industri manufaktur *pressed part* sudah dituntut untuk selalu mengikuti kemajuan di bidang teknologi guna memenuhi target memenuhi kebutuhan industri otomotif saat ini. Dalam proses manufaktur dalam hal ini industri *pressed part* terdapat kesulitan-kesulitan yang terdiri dari parameter-parameter proses yang harus dikurangi untuk mendapatkan efektifitas waktu proses produksi dan efisiensi biaya produksi untuk meningkatkan kuantitas produksi.

Kompleksitas selalu identik dengan kerumitan atau kesulitan, dan dipandang sebagai tantangan utama untuk saat ini dan masa depan di setiap industri manufaktur. Dalam proses manufaktur, biaya perakitan dan kualitas akhir dari sebuah produk sangat di perhatikan, sehingga kompleksitas akan memainkan peran yang sangat penting dalam pencapaian desain produk terbaik yang tidak hanya memperhitungkan perencanaan perakitan, tetapi juga pemilihan proses manufaktur yang paling sesuai. Penelitian yang telah dilakukan untuk mengukur nilai/indeks kompleksitas ada yang menggunakan pendekatan entropi/informasi konten atau pendekatan heuristik dan indeks. Semakin banyak informasi yang teridentifikasi, maka model/komponen yang diidentifikasi itu akan lebih kompleks.

Makalah ini menyajikan sebuah metodologi perhitungan kompleksitas proses manufaktur *pressed part*. Penilaian kompleksitas proses hanya dilakukan pada proses produksi *pressed part* dan tidak dilakukan penilaian terhadap desain *dies* dan kompleksitas *assembly*. Untuk obyek yang akan

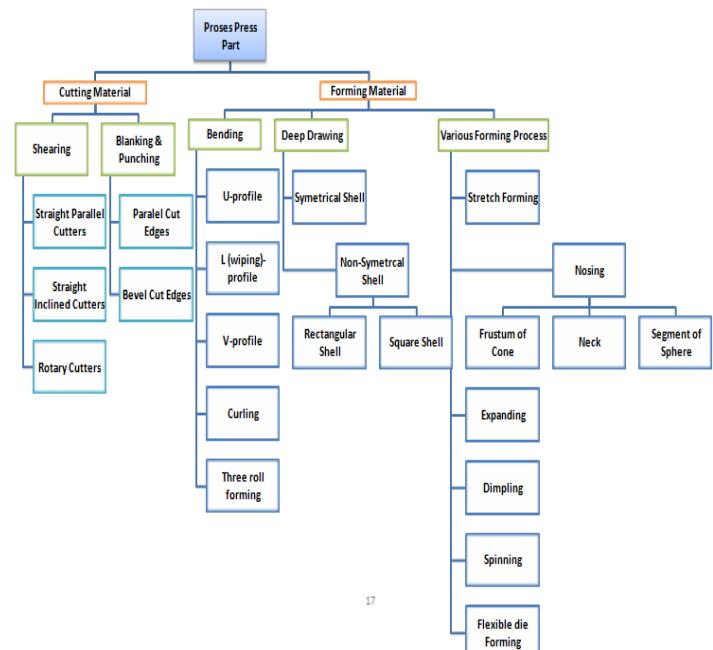
diteliti di fokuskan pada produk *pressed part* untuk komponen otomotif.

Industri Manufaktur Pressed Part

Manufaktur adalah suatu cabang industri yang mengaplikasikan peralatan dan suatu medium proses untuk transformasi bahan mentah menjadi barang jadi untuk dijual. Upaya ini melibatkan semua proses antara yang dibutuhkan untuk produksi dan integrasi komponen-komponen suatu produk. Beberapa industri, seperti produsen semikonduktor dan baja, juga menggunakan istilah fabrikasi atau pabrikasi. Sektor manufaktur sangat erat terkait dengan rekayasa atau teknik.

Sheet metal forming adalah salah satu klasifikasi dari proses manufaktur yang membentuk sebuah lembaran logam yang bertindak sebagai benda kerja hingga menjadi produk *pressed part* yang diinginkan melalui serangkaian proses *cutting* bahan dengan memanfaatkan gaya geser dan/atau proses pembentukan material (*forming*) dimana gaya yang diterapkan menyebabkan material yang plastis berubah bentuk, tetapi tidak sampai gagal (terpotong atau sobek/cracking).

Pengelompokan proses *sheet metal forming* untuk *pressed part* dapat diklasifikasikan seperti pada gambar 2.



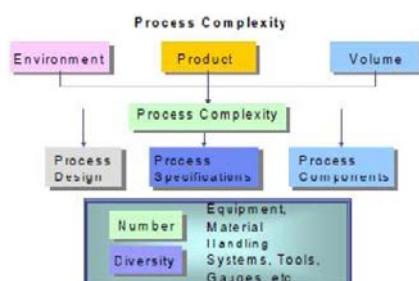
Gambar 2 Klasifikasi Proses Manufaktur Pressed Part

Kompleksitas

Faktor kesulitan dalam industri manufaktur yang diwujudkan kedalam bentuk angka disebut dengan Indeks Kompleksitas. Model kompleksitas merupakan fungsi dari jumlah informasi (H), variasi dari informasi (D_R) dan isi dari informasi yaitu

koefisien kompleksitas relatif (c_j). Indeks kompleksitas proses ($PI_{process}$) merupakan indikator tingkat kompleksitas suatu proses manufaktur sebuah produk, yang didapat dari penjumlahan faktor kesulitan yang terdapat dalam langkah proses individu (Σpc_x) dengan kompleksitas produk ($CI_{product}$) yang dihitung secara terpisah (El Maraghy[2]). Model kompleksitas proses individu (Σpc_x) terdiri dari *environment*, *inprocess feature*, dan *inprocess specification*.

Kompleksitas proses merupakan fungsi dari desain produk, volume produksi yang diinginkan, perencanaan alur proses, dan lingkungan kerja. Kompleksitas proses dilambangkan dengan $PI_{process}$.



Gambar 3 Elemen kompleksitas proses
(Sumber:El-Maraghy [3])

Indeks kompleksitas proses ($PI_{process}$) adalah jumlah dari nilai kompleksitas masing-masing proses dan kompleksitas produk, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$PI_{process} = \Sigma pc_x + CI_{product} \quad (1)$$

$$pc_x = (D_{R_{process,x}} + c_{process,x}) * H_{process,x} \quad (2)$$

Dimana :

$PI_{process}$ = Indeks kompleksitas proses

pc_x = Indeks kompleksitas proses individu

$CI_{product}$ = Indeks kompleksitas produk

$D_{R_{process,x}}$ = Rasio keragaman informasi proses

$c_{process,x}$ = Koefisien kompleksitas relatif proses

$H_{process}$ = Faktor entropi jumlah informasi (aspek) proses

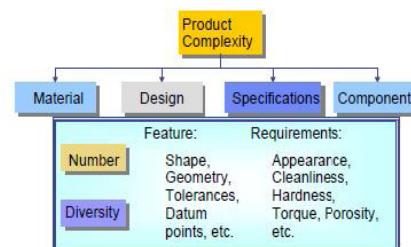
Langkah proses untuk menghasilkan indeks kompleksitas proses ($CI_{process}$), sebagai berikut:

1. Menentukan sistem peringkat multi-tingkat untuk menilai bobot dari komponen kompleksitas suatu proses.
2. Menentukan total jumlah (N) dari seluruh informasi yang berhubungan dengan fitur secara individu, komponen, sub-komponen, dan lainnya kemudian hitung entropy informasi.
3. Menentukan jumlah informasi yang dianggap unik (n) dari setiap variasi fitur dari langkah 2, kemudian hitung rasio variasi proses ($D_{R_{process}}$).

4. Menetapkan jumlah dari jenis aspek yang mempengaruhi fitur (j) dan spesifikasi (k), yang diasosiasikan dengan proses manufaktur.
5. Membuat matrik $F \times j$ untuk fitur dan $F \times k$ untuk spesifikasi lalu nilai tingkat kompleksitasnya pada setiap bagian.
6. Hitung koefisien kompleksitas proses ($C_{j, process}$).
7. Hitung indeks kompleksitas masing-masing proses (pc_x), kemudian dijumlahkan dengan indeks kompleksitas produk ($CI_{product}$) untuk mendapatkan indeks kompleksitas proses ($PI_{process}$).

Kompleksitas produk merupakan fungsi dari material, desain, spesifikasi khusus dari setiap komponen dari suatu produk. Untuk mengukur nilai indeks kompleksitas produk berdasarkan jumlah absolut dari informasi, variasi dari informasi, dan isi dari informasi tentang produk tersebut. Dalam kompleksitas proses terdiri dari *environment*, *inprocess feature*, dan *inprocess specification* (ElMaraghy dan Urbanic[2]).

Kompleksitas produk dipengaruhi oleh informasi dan volume. Informasi yang mempengaruhi kompleksitas produk dipengaruhi oleh material dasar yang digunakan untuk membuat produk, desain dari produk, spesifikasi produk, dan komponen atau bagian dari produk, kemudian dipersempit menjadi dua kelompok yaitu: fitur dan spesifikasi.



Gambar 4 Elemen kompleksitas produk
(Sumber:El-Maraghy[2])

Indeks kompleksitas produk ($CI_{product}$) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini:

$$CI_{product} = (D_{R_{product}} + c_{j, product}) * H_{product} \quad (3)$$

Dimana:

$CI_{product}$ = Indeks kompleksitas produk

$D_{R_{product}}$ = Rasio keragaman informasi

$c_{j, product}$ = Koefisien kompleksitas relative

- Rasio keragaman informasi (D_R), didefinisikan

sebagai:
$$D_R = \frac{n}{N} \quad (4)$$

Dimana:

n = Info yang unik (contoh : jumlah part yang tidak sama)

N = Total jumlah informasi (contoh : total jumlah part)

- Koefisien kompleksitas relatif (c_j), adalah rata-rata yang terkait dengan kompleksitas relatif dari berbagai aspek spesifikasi dan fitur yang diberikan dan diwakili oleh:

$$c_{j,product} = \sum_{f=1}^F x_f * c_{f,feature} \quad (5)$$

Dimana:

x_f = Nilai rata – rata pembobotan faktor kompleksitas

C_f = Presentase dari bagian yang berbeda

$$c_{f,feature} = \frac{F_N * F_{CF} + S_N * S_{CF}}{F_N + S_N} \quad (6)$$

Dimana:

F_N = Jumlah dari fitur (contoh : handling)

F_{CF} = Faktor kompleksitas fitur (rata-rata)

S_N = Jumlah dari spesifikasi (contoh : insertion)

S_{CF} = Faktor kompleksitas spesifikasi (rata-rata)

$$F_{CF} = \frac{\sum_{j=1}^J factor_level_j}{J} \quad (7)$$

Dimana:

F_{CF} = Faktor kompleksitas fitur (rata-rata)

J = jumlah dari kategori

$factor_level_j$ = faktor untuk kategori j^{th}

$$S_{CF} = \frac{\sum_{k=1}^K factor_level_k}{K} \quad (8)$$

Dimana:

S_{CF} = Faktor kompleksitas spesifikasi (rata-rata)

K = jumlah dari kategori

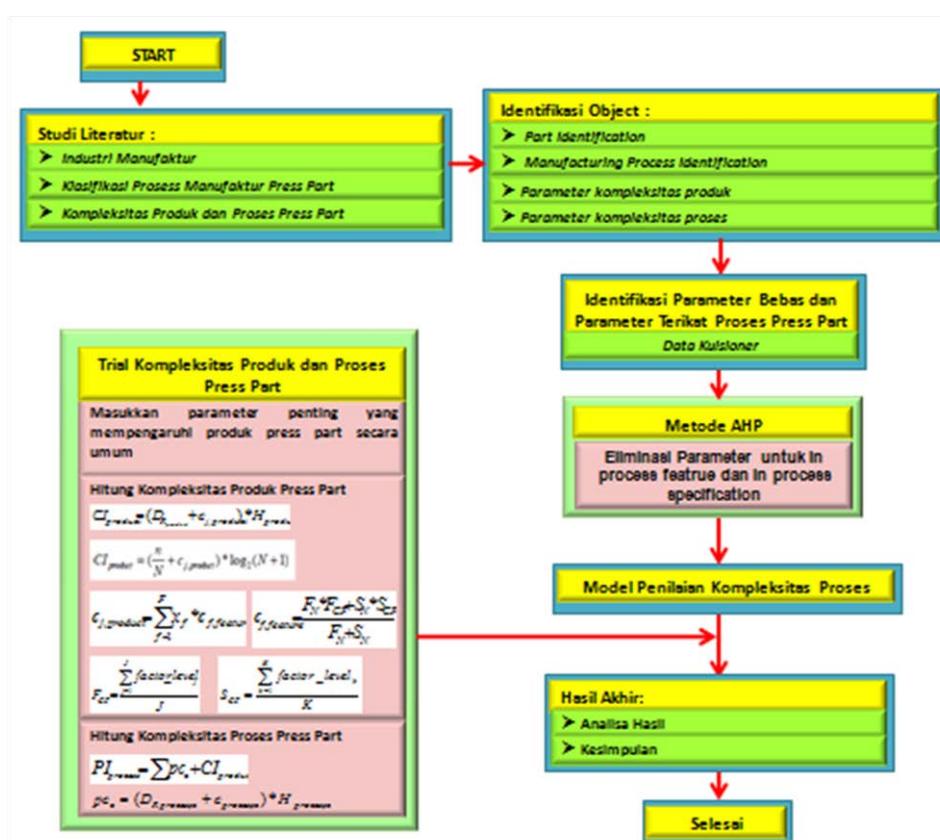
$factor_level_k$ = faktor untuk spesifikasi k^{th}

Metode Penelitian 5

Untuk mencapai tujuan penelitian yang diharapkan, maka penelitian ini dirancang dengan metode dan alur sebagai berikut:

- Identifikasi parameter-parameter penting yang berkaitan dengan proses manufaktur produk *press part*,
- Analisis pengaruh parameter bebas terhadap parameter terikat, untuk memilih parameter mana yang paling mempengaruhi kompleksitas proses.
- Pengembangan model penilaian kompleksitas proses manufaktur produk *press part*.
- Uji coba model penilaian kompleksitas proses manufaktur produk *press part*.

Dari tahapan/prosedur diatas, maka dapat dibuat diagram alir tahapan penelitian seperti terlihat pada gambar 5 berikut ini :

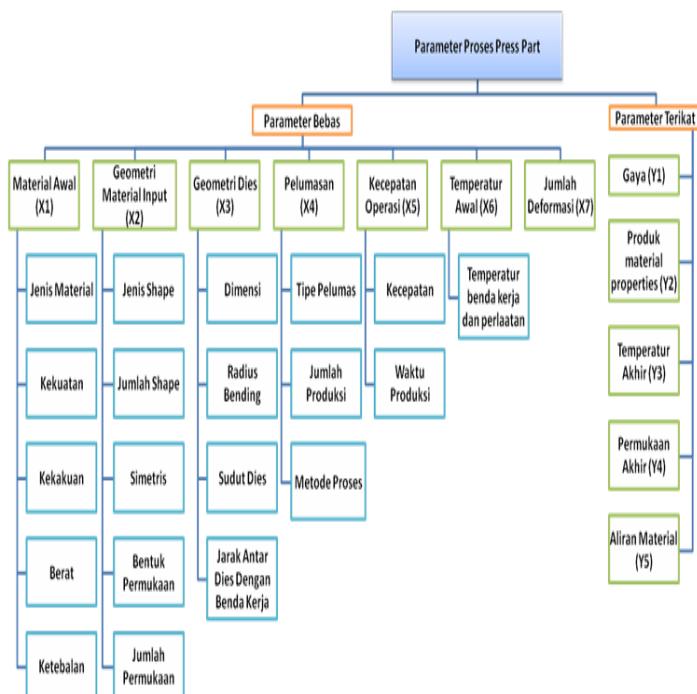


Gambar 5 Bagan Metodologi Penelitian

Hasil dan Pembahasan

Identifikasi Parameter Bebas dan Parameter Terikat Proses Produksi Pressed Part

Dalam penentuan parameter yang mempengaruhi proses produksi *pressed part* sebelumnya dilakukan studi literatur. Proses *sheet metal forming* merupakan suatu sistem kompleks yang terdiri dari parameter bebas dan parameter terikat. Parameter bebas adalah aspek dari proses dimana *engineer* atau operator memiliki kontrol langsung dan mereka umumnya dipilih atau ditentukan ketika mengatur proses. Sedangkan parameter terikat adalah parameter yang terjadi karena ada hubungan dengan parameter bebas. Identifikasi parameter dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6 Identifikasi Parameter Proses Sheet Metal Forming

Analisis Pembobotan Parameter Bebas dan Terikat Proses Produksi Pressed Part

Dari data verifikasi 7 responden ahli produksi produk *pressed part* tersebut, kemudian diolah untuk mendapatkan prioritas dengan mengasumsikan masing-masing parameter bebas dan parameter terikat memiliki bobot (nilai) yang menyatakan prioritasnya dibandingkan dengan parameter lainnya yang termasuk parameter bebas dan parameter terikat.

Dari hasil pengolahan tersebut didapatkan hasil verifikasi ahli untuk mengetahui rangking dari

parameter bebas yang mempengaruhi parameter terikat. Ranking terbaik dari setiap parameter nantinya dipergunakan dalam penilaian kompleksitas *in process feature* dan *in process specification*. Parameter yang diambil adalah parameter dengan ranking 3 (tiga) besar.

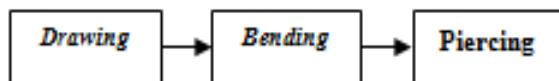
Hasil dari analisa parameter dengan metode AHP adalah sebagai berikut:

- Parameter Bebas : material, geometri material input, geometri dies dan jumlah deformasi.
- Parameter Terikat : produk properties, permukaan akhir, gaya dan aliran material.

Untuk parameter bebas digunakan sebagai parameter *in process feature*, sedangkan parameter terikat yang terdiri parameter gaya dan aliran material digunakan sebagai parameter *in process specification*. Parameter produk properties dan permukaan akhir digunakan sebagai parameter kompleksitas produk, dikarenakan parameter ini digunakan untuk menilai fitur akhir dari produk *press part* itu sendiri.

Model Penilaian Kompleksitas Proses Produk Pressed Part

Proses *sheet metal forming* untuk membuat komponen *outer panel pressed part* hingga jadi, umumnya terdiri dari 3 tahap, yaitu: proses *drawing*, proses *bending* dan proses *peircing*.



Gambar 7 Diagram Proses Manufaktur Produk *Press part*

Perhitungan kompleksitas proses dilakukan pada 3 (tiga) jenis produk *press part* komponen body mobil, diantaranya: *panel roof*, *front door* dan *rear door*. Kompleksitas proses menurut El Maraghy dirumuskan dibawah ini:

$$PI_{process} = \sum pc_x + CI_{product}$$

Dimana :

- PI_{process} = Indeks kompleksitas proses
- pc_x = Indeks kompleksitas proses individu
- CI_{product} = Indeks kompleksitas produk
- D_{Rprocess, x} = Rasio keragaman informasi proses
- c_{process, x} = Koefisien kompleksitas relatif proses
- H_{process} = Faktor entropi jumlah informasi (aspek) proses

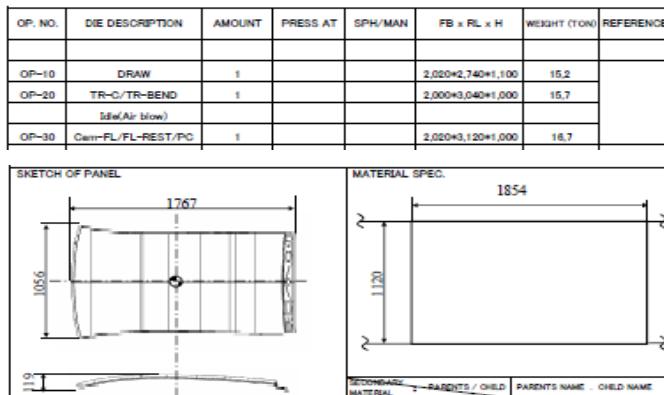
Berdasarkan hasil perhitungan parameter dengan metode AHP didapat model penilaian kompleksitas proses manufaktur produk *press part* yaitu persamaan 10.

$$\sum PC_x = PC_{environment} + PC_{inprocess, feature} + PC_{inprocess, specification} \quad (9)$$

$$\sum PC_x = PC_{environment} + PC_{(material, geometri awal, jumlah deformasi)} + PC_{(gaya, aliran material)} \quad (10)$$

Uji Coba Model Penilaian Kompleksitas Proses Manufaktur Produk Pressed Part

Produk *pressed part* yang dinilai kompleksitas proses (PI), diantaranya *panel roof*, *front door*, dan *rear door*, dibuat dengan material SPC270 dengan ketebalan 0,7 mm. Gambar salah satu produk yang digunakan dapat dilihat dibawah.



Gambar 8 Produk Panel Roof

Perhitungan Kompleksitas Proses Individu Produk Pressed Part (ΣPC_x)

Perhitungan indeks kompleksitas proses (PI) produk manufaktur diawali dengan menghitung indeks kompleksitas proses peralatan yang digunakan untuk melakukan proses manufaktur produk *press part* (PC_x _{environment}), contoh: *gauge*, *guide*, *punch*, *die*, dsb. Untuk perhitungan PC_x _{environment} untuk setiap proses pada produk *panel roof* dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 1 Tabel Perhitungan Total PC_x _{environment} Proses Produk Press Part

Proses	Roof Panel	Front Door	Rear Door	Blanking
Draw	7,80	8,49	8,49	
Bend	10,09	8,78	9,13	
Cam PC	9,50	10,20	10,20	
Total PC_x _{environment}	27,39	27,48	27,82	7,95

Parameter-parameter dari PC_x _{in process, feature} dan PC_x _{in process, specification} memiliki satuan yang berbeda, sehingga untuk mendapatkan nilai kompleksitas yang lebih pasti yang berada diantara nilai kompleksitas 0 sampai dengan 1 dilakukan normalisasi. Untuk menyeragamkan nilai kompleksitas yang ingin didapat, dapat dilakukan dengan :

$$N = \frac{\log(n/n_{min})}{\log(n_{max}/n_{min})}$$

Dimana :

- N = Nilai kompleksitas yang di seragamkan
- n = Data nilai kompleksitas yang digunakan
- n_{min} = Batasan terkecil dari data parameter

n_{max} = Batasan terbesar dari data parameter

Perhitungan Kompleksitas Produk (CI_{produk})

Parameter-parameter yang digunakan untuk menghitung kompleksitas produk, dipilih berdasarkan penelitian sebelumnya mengenai kompleksitas produk *press part*, diantaranya *material*, *shape*, *geometry*, *tolerance*, *surface finish* dan *hardness*.

Contoh perhitungan CI_{produk} untuk *panel roof*:

- Indeks Kompleksitas Produk

$$CI_{product} = (D_{R,product} + c_{j,product}) * H_{product}$$

- Rasio keragaman informasi (D_R)

$$D_R = \frac{n}{N} = 121/153 = 0,79$$

- Entropi produk *press part* (H_{product})

$$H_{product} = \log_2 (N + 1) = \log_2 (153 + 1) = 7,27$$

- Koefisien kompleksitas relatif (c_j)

$$c_{j,product} = \sum_{f=1}^F x_f * c_{f,feature} = 0,19$$

$$CI_{produk} (\text{panel roof}) = 7,11$$

Tabel 2 Perhitungan kompleksitas (CI_{produk}) pressed part

Nama Produk	H _{product}	D _{R,product}	C _{j,product}	CI _{product} = (D _{R,product} + C _{j,product}) * H _{product}
Roof Panel	7,27	0,79	0,19	7,11
Front Door	7,18	0,97	0,20	8,42
Rear Door	7,19	0,97	0,20	8,43

Blanking (roof panel)	3,81	1,00	0,13	4,28
Verifikasi Produk (babot = 0)	3,81	1,00	0,00	3,81
Verifikasi Produk (babot = 0,5)	3,81	1,00	0,50	5,71
Verifikasi Produk (babot = 1)	3,81	1,00	1,00	7,51

Contoh perhitungan kompleksitas proses produk *press part* (PI) produk *panel roof* dapat dilihat pada tabel dibawah :

Tabel 3 Contoh perhitungan kompleksitas proses produk *press part* (PI) produk *panel roof*

Produk : Roof Panel

Description	Number	Aspect Feature				SUM	SUM/J		
		Material	Geometri In Process	Geometri Tool & Dies	Jumlah Deformasi				
Drawing	1	0,30	0,20	0,65	0,00	1,15	0,29		
Bend	2	0,30	0,30	0,62	0,30	1,53	0,38		
Cam PC	4	0,30	0,30	0,67	0,60	1,87	0,47		

Description	Number	Aspect Specifications		SUM	SUM/K		
		Gaya	Aliran Material				
Draw	1	0,86	0,48	1,35	0,67		
Bend	2	0,32	0,29	0,61	0,30		
Cam PC	4	0,00	0,21	0,22	0,11		

	Feature Complexity	Weighted Feature Complexity
Draw	0,48	0,07
Bend	0,34	0,10
Cam PC	0,29	0,16
Relative Process Complexity	0,33	
ΣPC_x	27,72	
PI = $\Sigma PC_x + CI_{produk}$	34,83	

Tabel 4 Tabel Rangkuman Perhitungan Kompleksitas Produk Press Part

No.	Nama Produk	In Process Feature				In Process Spec		$P_{Cx, environment} + P_{Cx, proses}$	$\Sigma P_{Cx} = (P_{Cx, environment} + P_{Cx, proses})$	Cl_{produk}	$PI = \Sigma P_{Cx} + Cl_{produk}$	
		Material	Geometri In Process	Geometri Tool & Dies	Jumlah Deformasi	Gaya	Aliran Material					
1	Panel Roof	0,30	0,27	0,65	0,30	0,39	0,33	27,39	0,33	27,72	7,11	34,83
2	Front Door	0,38	0,33	0,52	0,36	0,53	0,39	27,48	0,41	27,89	8,42	36,30
3	Rear Door	0,38	0,33	0,46	0,42	0,57	0,39	27,82	0,43	28,26	8,43	36,69
1	Blanking	0,27	0,10	0,65	0,00	0,04	0,39	7,95	0,24	8,19	4,28	12,47
1	Verifikasi (0)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,95	0,00	7,95	3,81	11,76
2	Verifikasi (0,5)	0,50	0,50	0,50	0,48	0,50	0,50	7,95	0,50	8,45	5,71	14,16
3	Verifikasi (1)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	7,95	1,00	8,95	7,61	16,57

Dari tabel 4 perhitungan kompleksitas proses produk-produk *press part* diatas, dapat terlihat parameter yang paling signifikan mempengaruhi nilai kompleksitas proses diantaranya: geometri dies, material properties dan jumlah deformasi. Hasil ini sama dengan analisa awal dengan metode AHP berdasarkan data kuisioner yang didapat dari ahli yang berhubungan langsung dengan proses produksi produk *press part*.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa yang dilakukan terhadap parameter bebas dan parameter terikat untuk menentukan kompleksitas proses manufaktur produk *press part*, maka dapat disimpulkan bahwa:

- Ranking parameter proses *pressed part* yang didapat setelah dilakukan analisa dengan metode AHP berdasarkan kuisioner yang diberikan sebelumnya kepada ahli praktisi dilapangan, sebagai berikut:
 - Parameter bebas : geometri dies, material properties, geometri material inprocess, dan jumlah deformasi.
 - Parameter terikat : produk properties, permukaan akhir, aliran material, dan gaya.
 Untuk parameter bebas digunakan sebagai parameter *in process feature*, sedangkan parameter terikat yang terdiri parameter gaya dan aliran material digunakan sebagai parameter *in process specification*. Parameter produk properties dan permukaan akhir digunakan sebagai parameter kompleksitas produk, dikarenakan parameter ini digunakan untuk menilai fitur akhir dari produk *press part* itu sendiri.
- Model penilaian untuk kompleksitas proses produk *press part* berdasarkan hasil eliminasi parameter dengan metode AHP yang dilakukan sebelumnya didapat persamaan 10.
- Perhitungan kompleksitas proses produk *press part* dengan menggunakan model penilaian kompleksitas proses *press part*

yang dilakukan untuk menghitung produk *press part* didapatkan hasil sebagai berikut:

- PI (panel roof) = 34,83
- PI (front door) = 36,30
- PI (rear door) = 36,69

Dari hasil uji model penilaian kompleksitas proses manufaktur *pressed part*, didapat produk *rear door* memiliki nilai kompleksitas proses (PI_{proses}) lebih besar dari produk lainnya, nilai ini terutama dipengaruhi parameter gaya, aliran material, jumlah deformasi, geometri *in process* dan material yang digunakan.

Ucapan Terima kasih

Nomenklatur

Referensi

Degarmo, E.P., Black, J.T., 2008, "Materials and Process in Manufacturing", Tenth Edition, John Wiley & Sons, USA

Dessy Irawati (2008) Jaringan Industri Otomotif Toyota di ASEAN, Toyota Corp.

ElMaraghy, W. H., R. J. Urbanic., 2003, "Modelling of Manufacturing Systems Complexity", Intelligent Manufacturing Systems (IMS) Centre, Faculty of Engineering University of Windsor, Windsor, Ontario, Canada

Boljanovic, Vukota., 2004, " Sheet Metal Forming Process and Die Design", Industrial Press, New York

Boothroyd, 2004, "Product Design for Manufacture and Assembly", Third edition, Boothroyd Dewhurst Inc. and University of Rhode Island, USA

Kalpakjian, Serope., 1995. "Manufacturing Engineering and Technology", 3rd Edition, Prentice Hall,USA

Sudarmawan, R, T., 2009, " Teknologi Press Dies-Panduan Desain", Kanisius, Yogyakarta