

**APLIKASI MODEL SEMI OTOMATIS PERHITUNGAN INDEK KOMPLEKSITAS PRODUK
MELALUI IDENTIFIKASI DAN REKOGNISI INFORMASI FITUR GEOMETRI
(Application of Semi Automatic index complexity products calculation through identification and
recognition of information features geometry)**

Hendri D.S. Budiono, Mochamad Sholeh, Gandjar Kiswanto, Tresna P. Soemardi

*Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia
Kampus Baru UI Depok 16424, Indonesia
e-mail: hendri@eng.ui.a.id, masshool@yahoo.com*

Abstrak

Untuk menghasilkan produk yang memiliki tingkat kompetisi yang tinggi dipasar bebas, industri manufaktur saat ini ditantang untuk bisa menghasilkan produknya dengan biaya yang rendah, waktu singkat, dan kualitas tinggi. Peluang untuk memecahkan masalah dapat tercapai bila proses otomatisasi proses disain dengan memanfaatkan perhitungan kompleksitas produk, proses dan perakitan melalui identifikasi dan informasi fitur geometri bentuk standar bisa dilakukan dengan cepat pada tahap awal proses perancangan. Penelitian ini bertujuan melakukan identifikasi bentuk fitur standar yang sudah diklasifikasikan berdasar proses permesinan oleh Jong-Yun Jung dalam penelitian sebelumnya untuk selanjutnya dilakukan rekognisi informasi fitur geometri yang kemudian akan dipergunakan untuk menghitung nilai indeks kompleksitas produk suatu rancangan. Hasil yang didapatkan selanjutnya dapat dijadikan sebagai model pengembangan dalam menentukan kompleksitas relatif suatu produk sesuai dengan metode yang dikembangkan oleh ElMaraghy dalam menghitung kompleksitas produk. Proses pengembangan diawali dengan penggambaran fitur produk dengan piranti bantu catia, solidwork, mastercam, atau software yang lain model solid bentuk stp atau step file kemudian dilakukan proses ekstraksi menggunakan notepad sehingga diperoleh entity Advance Face dan Edge Curve yang diolah menjadi koefisien relatif produk. Hasil identifikasi dan rekognisi bentuk fitur diperoleh bahwa Advance Face dan Edge Curva untuk setiap fitur akan bertambah berbanding lurus dengan jumlah fiturnya. Perhitungan Indeks kompleksitas fitur produk standar menghasilkan nilai kompleksitas tertinggi untuk fitur rotasional adalah bentuk Neck yaitu 6,30, nilai kompleksitas tertinggi untuk fitur prismatic bentuk slot yaitu 6,05, nilai kompleksitas tertinggi untuk fitur slab yaitu bentuk pocket yaitu 5,66 dan nilai kompleksitas tertinggi untuk fitur revolving sebesar 4,94. Sebuah contoh perhitungan kompleksitas produk komponen sepeda (bracket) disampaikan selain perhitungan kompleksitas seluruh model bentuk fitur sesuai yang diklasifikasikan oleh Jong-Yun Jung dalam penelitiannya. Perhitungan yang dilakukan bisa dijadikan acuan untuk perhitungan kompleksitas produk, sehingga akan mempercepat proses perancangan. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai indeks kompleksitas fitur produk, maka didapatkan semakin sulit desain bentuk fitur

Keywords : fitur, identifikasi, rekognisi, informasi geometri, indeks kompleksitas

1. Pendahuluan

Suatu kenyataan yang menarik jika seorang *mechanical / design engineer* yang telah bekerja bertahun-tahun mendesain berbagai macam *mechanical parts*, masih terus belajar mengenai desain proses, sepantasnyalah bila seseorang telah lama menekuni suatu pekerjaan, maka dia menjadi pakar / mahir dalam bidang tersebut. Di bidang desain proses hal tersebut tidak sepenuhnya berlaku, karena desain adalah proses yang berkelanjutan.

Industri otomotif diharapkan menjadi salah satu faktor pendorong pertumbuhan ekonomi Indonesia pada tahun 2025. Hal tersebut ditunjukkan oleh perusahaan riset Frost & Sullivan yang memperkirakan tahun ini penjualan mobil di

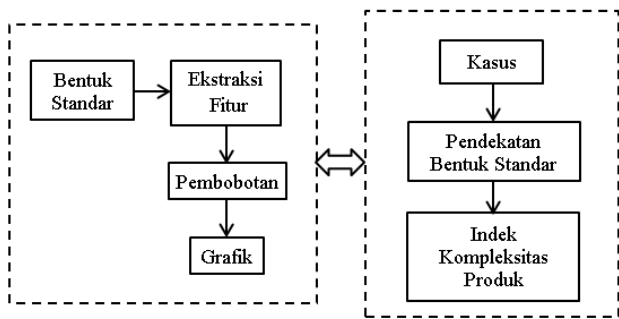
Indonesia akan naik moderat sebesar 6,5 persen dari tahun sebelumnya menjadi 948.500 unit dan kenyataan angka penjualan mobil di Indonesia mengalami kenaikan hingga 43% pada bulan April 2012. Perkembangan tentu akan lebih meningkat karena pemerintah memberikan fasilitas kepada industri yang melakukan penelitian, pengembangan dan inovasi. Oleh karenanya proses desain sampai produksi diharapkan bisa cepat dan produk segera bisa dinikmati oleh masyarakat. Untuk mempercepat proses produksi, maka proses desain harus lebih cepat, dan dah memperhitungkan bagaimana proses selanjutnya yaitu produksinya.

Penelitian ini menggunakan bentuk fitur yang biasa dikerjakan dengan empat buah proses permesinan yang banyak dipergunakan didunia industri

komponen mekanik. Proses turning sekitar 24,9 %, milling 20,2 % dan drilling 28,2 % yang secara keseluruhan berarti 73,3 % dari porsi proses permesinan (survey yang dilakukan oleh PERA).

Agar produksi menjadi singkat maka kesulitan-kesulitan dalam proses itu sendiri haruslah dikurangi sehingga selain waktu proses berkurang, biaya juga akan berkurang. Faktor kesulitan yang ada dapat diwujudkan kedalam bentuk angka ,yang dikenal dengan sebutan Indeks Kompleksitas. Berkaitan dengan keadaan tersebut, muncul pertanyaan : bagaimana mengaplikasikan model semi otomatis perhitungan indek kompleksitas produk agar dapat digunakan sebagai dasar perhitungan kompleksitas produk mekanik.

2. Metoda Penelitian



Penelitian ini mengacu pada penelitian sebelumnya, yaitu yang berjudul “ Perhitungan indek kompleksitas fitur produk mekanik melalui identifikasi dan rekognisi informasi geometri “ yang dalam penelitian dilakukan ekstraksi STEP file sehingga dikenali Advance_Face dan Edge_Curve yang selanjutnya dibuat grafik hubungan antara bobot dengan Advance_Face dan hubungan bobot dengan Edge_Curve dari masing-masing fitur yang diklasifikasi oleh Jong-Yun Jung. Dari grafik ini menjadi dasar perhitungan koefisien relatif (C_f fitur) indek kompleksitas fitur dalam perhitungan indek kompleksitas fitur.

Mengacu hasil penelitian sebelumnya, maka penelitian ini merupakan aplikasi dari penelitian sebelumnya yang dapat dipergunakan menghitung indek kompleksitas bentuk aplikasi mekanik.

Metoda yang dipergunakan adalah studi pustaka dan observasi yang menghasilkan data selanjutnya diolah menjadi hasil.

Sebagai dasar dipergunakan teori yang berkaitan dengan masalah geometri (Kunwoo Lee, 1999) Geometri adalah bagian matematika dan selalu berkaitan dengan matematika yang menerangkan sifat-sifat garis, sudut, bidang, dan ruang.

Berbicara tentang geometri pasti menyinggung masalah bangun geometri itu sendiri, garis, segi tiga, segi empat, balok, lingkaran, bola dan lain sebagainya, selanjutnya sistem geometri modelling diklasifikasikan sebagai sistem wireframe modelling ,

surface modelling system, solid modelling system dan nonmanifold modelling system (Kunwoo Lee) sistem geometri modelling diklasifikasikan sebagai model sistem wireframe modelling system , surface modelling system, solid. Dalam penelitian ini diteliti berkaitan dengan sistem wireframe modelling.

2.1. Model Boundari.

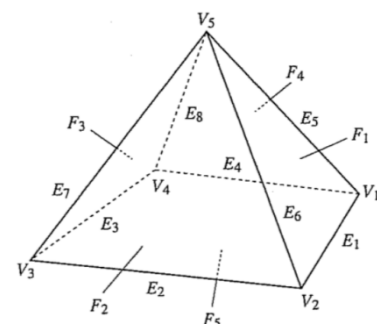
Model sistem Boundari digunakan untuk menambah, mengurangi atau memodifikasi bentuk padat, sebagaimana vertek, edge dan face dengan tujuan untuk memanipulasi secara langsung. Titik dibentuk, kemudian edge dibentuk dengan menghubungkan titik, selanjutnya permukaan (surface) didefinisikan dengan batas edge.

2.2. Struktur data B-Rep.

Elemen dasar komposisi batas dari bentuk solid adalah vertex, edges dan faces. Dengan demikian struktur data B-Rep adalah kesatuan dengan informasi tentang bagaimana keterhubungannya. Salah satu bentuk paling sederhana seperti pada tabel 1, yang merupakan struktur data solid yang ditunjukkan pada gambar 1.

Tabel 1. Tiga Tabel Peletakan B-Rep

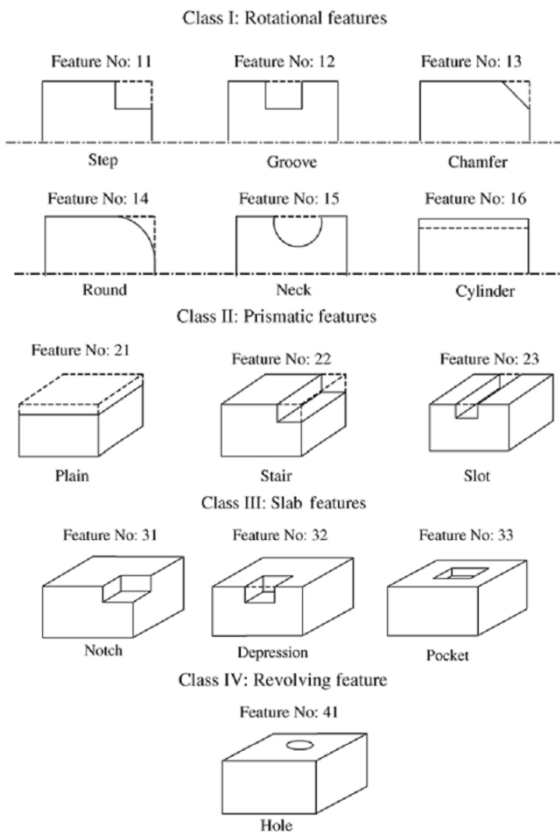
Face Table		Edge Table		Vertex Table	
Face	Edges	Edge	Vertices	Vertex	Coordinates
F ₁	E ₁ , E ₅ , E ₆	E ₁	V ₁ , V ₂	V ₁	x ₁ , y ₁ , z ₁
F ₂	E ₂ , E ₆ , E ₇	E ₂	V ₂ , V ₃	V ₂	x ₂ , y ₂ , z ₂
F ₃	E ₃ , E ₇ , E ₈	E ₃	V ₃ , V ₄	V ₃	x ₃ , y ₃ , z ₃
F ₄	E ₄ , E ₈ , E ₅	E ₄	V ₄ , V ₁	V ₄	x ₄ , y ₄ , z ₄
F ₅	E ₁ , E ₂ , E ₃ , E ₄	E ₅	V ₁ , V ₅	V ₅	x ₅ , y ₅ , z ₅
		E ₆	V ₂ , V ₅	V ₆	x ₆ , y ₆ , z ₆
		E ₇	V ₃ , V ₅		
		E ₈	V ₄ , V ₅		



Gambar 1. Peletakan Data pada geometri Solid

2.3. Fitur.

Dalam *Journal of Intelligent Manufacturing* berjudul “ *Manufacturing cost estimation for machined parts based on manufacturing features*” (Jong-Yun Jung, 2002), menunjukkan kelas fitur dan contoh.



Gambar 2. Klasifikasi fitur (Jong-Yun Jung, 2002) *Step, neck, chamfer, round, cylinder* dan *groove* semua masuk kelas 1. Kesemuanya ini dibentuk menggunakan operasi *turning*. *Step* memiliki dua ukuran diameter berbeda pada bagian ujung batang. *Groove* mirip dengan *step* tetapi lokasi perbedaan ukuran dibagian tengah batang, *Neck* juga terletak dibagian tengah batang. *Chamfer* dan *round* terletak dibagian ujung dari masing-masing batang. Contoh *fitur prismatic* adalah *plain, stair* dan *slot*. *Noch, depression* dan *pocket* masuk ke kelas tiga yang memiliki bentuk geometri lebih kompleks dari kelas dua. Pengerjaan mesin utamanya dengan menggunakan *end mill* dengan diameter umumnya lebih kecil dari *face mill* atau *slab mill*. Dengan demikian pengoperasian *end mill* memiliki kecepatan pembuangan material (MRR) lebih rendah sehingga meningkat waktu permesinan dan biaya permesinannya. Lobang (Hole) diklasifikasikan kelas ke empat yang pengoperasiannya menggunakan pengboran dan *reaming*.

2.4. STEP file dan stp file.

STEP (STandard for EXchange of Product model data) adalah standart Internasional yang baru (ISO 10303) untuk mempresentasikan dan mengubah informasi *product model*, sedangkan stp adalah berbasis pada STEP. Hal ini mencakup data objek yang diungkapkan secara khusus menggunakan bahasa tersirat, untuk memrepresentasi data. STEP juga mendefinisikan metode pelaksanaan, misalnya, perpindahan fisik file, dan menawarkan sumber yang berbeda, seperti geometris dan menyatakan penguraian system logika

dalam penafsiran (*topological*).

STEP adalah spesifikasi bahasa data resmi yang digunakan untuk mempresentasikan informasi produk. Sebagai fasilitator dalam pengembangan implementasinya. Hal ini juga memungkinkan konsistensi pernyataan. STEP menentukan metode pelaksanaan yang digunakan untuk pertukaran data yang mendukung penyajian informasi produk.

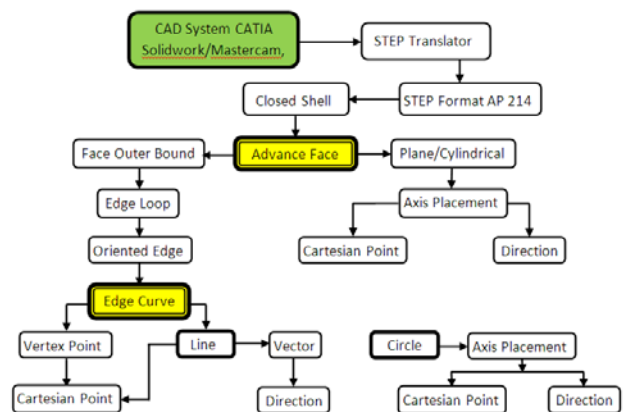
Sebuah deskripsi singkat dari beberapa elemen STEP data penting diberikan di bawah ini:

Face_Surface adalah suatu jenis face dimana geometri didefinisikan oleh surface dan vertex.

Edge_Curve adalah jenis tepi yang memiliki geometri sepenuhnya didefinisikan.

2.5. Struktur data STEP

```
ISO-10303-21;
HEADER;
FILE_DESCRIPTION(('CATIA V5 STEP Exchange'),'2;1');
FILE_NAME('D:\S2-UI\Rev\Revolving-1.stp','2012-09-27T02:56:43
+00:00','none','none','CATIA Version 5 Release 20 GA (IN-10)',
CATIA V5 STEP AP203','none');
FILE_SCHEMA(('CONFIG_CONTROL_DESIGN'));
ENDSEC;
/* file written by CATIA V5R20 */
DATA;
#5=PRODUCT('Revolving','',(#2));
#1=APPLICATION_CONTEXT('configuration
controlled 3D design of mechanical parts and assemblies');
#14=PRODUCT_DEFINITION('','',(#6,#3));
#16=SECURITY_CLASSIFICATION('','',#15);
#15=SECURITY_CLASSIFICATION_LEVEL('unclassified');
#47=CARTESIAN_POINT('',(0.,0.,0.));
.
#153=ADVANCED_FACE('PartBody',(#152),#127,.T.);
#236=EDGE_CURVE('',#206,#235,#233,.F.;
#241=EDGE_CURVE('',#228,#235,#240,.T.);
.
#235=VERTEX_POINT('',#234);
#41=(LENGTH_UNIT()NAMED_UNIT(*)SI_UNIT(MILLI,
METRE.));
#42=(NAMED_UNIT(*)PLANE_ANGLE_UNIT()SI_UNIT($,
RADIAN.));
#44=(NAMED_UNIT(*)SI_UNIT($,.STERADIAN.)SOLID_
ANGLE_UNIT());
#46=(GEOMETRIC_REPRESENTATION_CONTEXT(3)
GLOBAL_UNCERTAINTY_ASSIGNED_CONTEXT((#45))
GLOBAL_UNIT_ASSIGNED_CONTEXT((#41,#42,#44))
REPRESENTATION_CONTEXT(''));
ENDSEC;
END-ISO-10303-21;
```



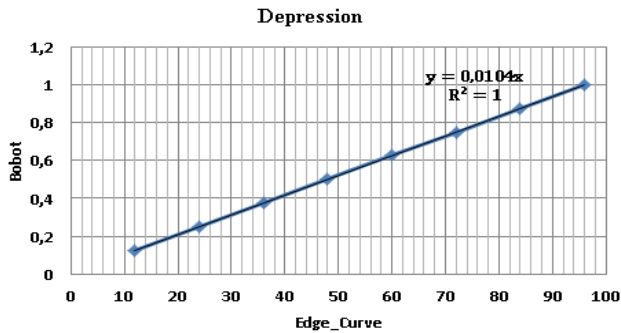
Gambar 3. Aliran Fungsi Bagian dari STEP

2.6. Pembobotan dan Grafik.

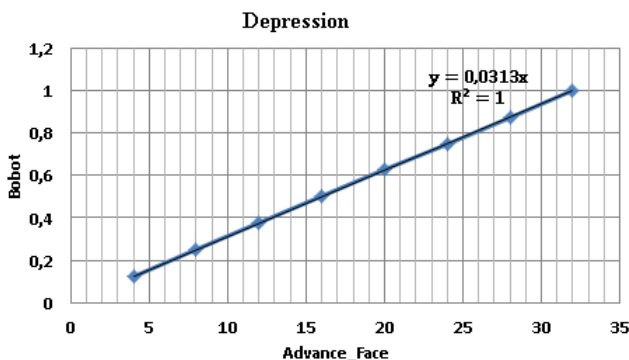
Hasil ekstraksi bentuk standar yang telah diklasifikasikan oleh Jong-Yun Jung disini ditampilkan beberapa fitur.

Tabel 2. Hasil ekstraksi fitur Depression

No	Info	Depres-1	Depres-2	Depres-3	Depres-4	Depres-5	Depres-6	Depres-7	Depres-8
1	Edge Curve	12	24	36	48	60	72	84	96
2	Bobot	0,125	0,25	0,375	0,5	0,625	0,75	0,875	1
3	Advance Face	4	8	12	16	20	24	28	32
4	Bobot	0,125	0,25	0,375	0,5	0,625	0,75	0,875	1



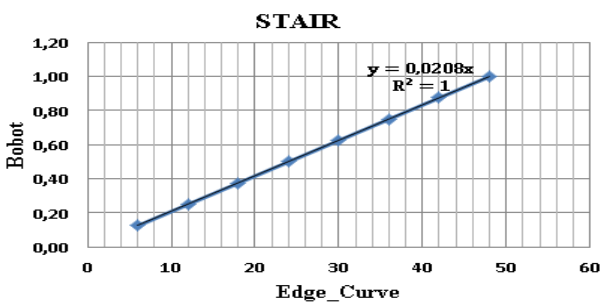
Gambar 3. Grafik Hubungan Bobot dengan E_C fitur Depression



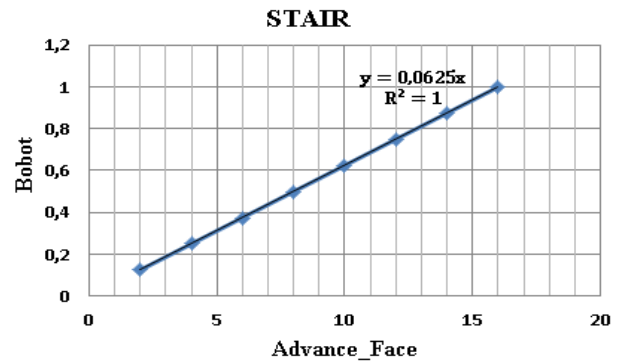
Gambar 4. Grafik Hubungan Bobot dengan A_F fitur Depression

Tabel 3. Hasil ekstraksi fitur Stair

No	Info	Stair 1	Stair 2	Stair 3	Stair 4	Stair 5	Stair 6	Stair 7	Stair 8
1	Edge Curve	6	12	18	24	30	36	42	48
2	Bobot	0,13	0,25	0,38	0,50	0,63	0,75	0,88	1,00
3	Advance Face	2	4	6	8	10	12	14	16
4	Bobot	0,125	0,25	0,375	0,5	0,625	0,75	0,875	1



Gambar 5. Grafik Hubungan Bobot dengan E_C fitur Stair



Gambar 6. Grafik Hubungan Bobot dengan A_F fitur Stair

2.7. Kompleksitas Produk

El Maraghy dalam jurnalnya yang berjudul "Manufacturing cost estimation for machined parts based on manufacturing features" menyatakan bahwa kompleksitas produk diwakili oleh indeks kompleksitas produk ($CI_{product}$) dan merupakan fungsi informasi / entropy produk, ($H_{product}$), rasio keragaman produk ($DR_{product}$) dan koefisien relatif kompleksitas produk ($c_{j, product}$). Nilai dari koefisien kompleksitas produk yang relatif berdasarkan pada prinsip-prinsip umum manufaktur dan bergantung pada jenis proses atau volume. Nilainya semakin meningkat dengan upaya yang diperlukan untuk menghasilkan komponen akhir dari produk. Indeks kompleksitas produk $CI_{product}$ untuk merupakan kombinasi rasio keragaman dan kompleksitas relatif, dan dinyatakan dengan informasinya entropi sebagai:

$$CI_{product} = DR_{product} + c_{j,product} * H_{product} \text{ atau}$$

$$CI_{product} = \frac{n}{N} + c_{j,product} * \log_2 N + 1$$

$$DR = \frac{n}{N}$$

DR adalah ukuran keunikan atau rasio keragaman yang didefinisikan sebagai rasio informasi yang berbeda untuk informasi total.

$c_{j,product}$ didefinisikan sebagai koefisien pembuatan produk

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

c_f = Koefisien kompleksitas feature relatif

x_f = Persentase bentuk kesekian x_{th} yang tidak sama

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

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

dimana :

F_N = Jumlah feature

F_{CF} = Faktor kompleksitas feature

S_N = Jumlah aspek yang mempengaruhi spesifikasi

S_{CF} = Faktor kompleksitas spesifikasi

H_{produk} merupakan entropy produk yang nilainya dinyatakan dengan

$$H = \log_2 N + 1$$

3. Hasil dan Pembahasan

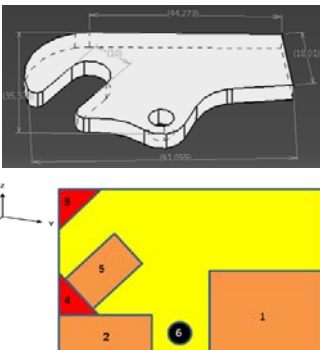
Dalam contoh aplikasi perhitungan, diambilkan kasus untuk Bracket dan Track End yang merupakan bagian dari part sepeda

Untuk merekognisi produk, dilakukan pendekatan dengan bentuk fitur standar seperti yang dibahas terdahulu, sehingga memungkinkan ada beberapa pendekatan yang sudah barang tentu akan menghasilkan nilai yang berbeda pula.

Pendekatan ini juga menjadi unsur dalam menghitung koefisien relatif produk, sehingga dengan demikian penelitian nini merupakan aplikasi dari penelitian sebelumnya.

Tabel 4. Perhitungan indek kompleksitas produk bracket.

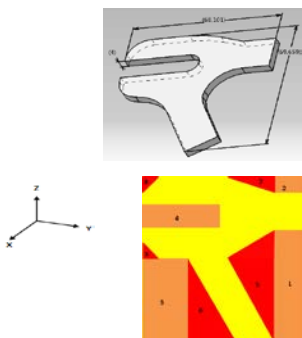
Bracket		
Description	Number	Diversity
Panjang	1	1
Toleransi	2	2
Lebar	1	1
Toleransi	2	2
Tinggi	1	1
Toleransi	2	2
Lobang	1	1
Toleransi	2	2
Depression	1	1
Toleransi	2	1
Nilai X	2	1
Nilai Y	6	1
Nilai Z	1	1
SUM	24	17
H	4,58	
$D_{Product}$	0,7083	



Description	Feature	J = 3						
		Number	Aspect		SUM D	D/J	D/J	
		Shape	Geometr	Tolerances				
			y					
Notch	Advance_Face	2	0,03	0,07	0,64	0,2	0,91	0,30
	Edge_Curve	7	0,10					
Notch	Advance_Face	2	0,03	0,07	0,5	0,2	0,77	0,26
	Edge_Curve	7	0,10					
Stair	Advance_Face	1	0,06	0,07	0,73	0,2	1	0,33
	Edge_Curve	4	0,08					
Stair	Advance_Face	1	0,06	0,07	0,73	0,2	1	0,33
	Edge_Curve	4	0,08					
Depression	Advance_Face	3	0,09	0,10	0,64	0,2	0,94	0,31
	Edge_Curve	10	0,10					
Revolving	Advance_Face	2	0,08	0,10	0,67	0,2	0,97	0,32
	Edge_Curve	6	0,12					
Sum		49						
Feature	% Features	D/J	Complexity					
Notch	0,18	0,30	0,06					
Notch	0,18	0,26	0,05					
Stair	0,10	0,33	0,03					
Stair	0,10	0,33	0,03					
Depression	0,27	0,31	0,08					
Revolving	0,16	0,32	0,05					
Bracket	1,00		0,31					
C_j produk			0,61					
C_I Bracket		6,06						

Tabel 4. Perhitungan indek kompleksitas produk Track End.

Track end		
Description	Number	Diversity
Panjang	1	1
Toleransi	2	2
Lebar	1	1
Toleransi	2	2
Tinggi	1	1
Toleransi	2	2
Lobang		
Toleransi		
Depression	2	2
Toleransi	2	1
Nilai X	6	1
Nilai Y	5	1
Nilai Z	1	1
SUM	25	15
H	4,64	
$D_{Product}$	0,6000	



Description	Feature	J = 3						
		Number	Aspect		SUM D	D/J	D/J	
		Shape	Geometr	Tolerances				
			y					
Notch	Advance_Face	2	0,03	0,07	0,23	0,19	0,49	0,16
	Edge_Curve	7	0,10					
Notch	Advance_Face	2	0,03	0,07	0,71	0,2	0,98	0,33
	Edge_Curve	7	0,10					
Notch	Advance_Face	2	0,03	0,07	0,52	0,19	0,78	0,26
	Edge_Curve	7	0,10					
Depression	Advance_Face	3	0,09	0,10	0,25	0,19	0,54	0,18
	Edge_Curve	10	0,10					
Stair	Advance_Face	1	0,03	0,04	0,6	0,19	0,83	0,28
	Edge_Curve	4	0,04					
Stair	Advance_Face	1	0,04	0,06	0,6	0,19	0,85	0,28
	Edge_Curve	4	0,08					
Stair	Advance_Face	1	0,06	0,07	0,4	0,2	0,67	0,22
	Edge_Curve	4	0,08					
Stair	Advance_Face	1	0,03	0,04	1	0,2	1,24	0,41
	Edge_Curve	4	0,04					
Stair	Advance_Face	1	0,04	0,06	1	0,2	1,26	0,42
	Edge_Curve	4	0,08					
Sum		65						
Feature	% Features	D/J	Relative Complexity					
Notch	0,14	0,16	0,02					
Notch	0,14	0,33	0,05					
Notch	0,14	0,26	0,04					
Depression	0,20	0,18	0,04					
Stair	0,08	0,28	0,02					
Stair	0,08	0,28	0,02					
Stair	0,08	0,22	0,02					
Stair	0,08	0,41	0,03					
Stair	0,08	0,42	0,03					
Bracket	1,00		0,26					
C_j produk			0,53					
C_I Track end		5,23						

Kesimpulan

1. Metoda perhitungan nilai kompleksitas untuk bentuk standart dapat diaplikasikan kedalam bentuk-bentuk tertentu sesuai kebutuhan.
2. Perlu adanya pendekatan bentuk, karena bentuk standar belum bisa memenuhi kebutuhan aplikasi.
3. Dalam contoh aplikasi dihitung untuk bentuk bracket nilai kompleksitasnya sebesar 6,06 sedang untuk bentuk Track end sebesar 5,23

Nomenklatur

- A_F Advance_Face
- E_C Advance_Curve
- B-Rep Boundary Representation
- MRR Material Removal Rate
- STEP STandard for Exchange of Product model data
- D_R Diversity Ratio

Referensi

- Jong-Yun Jung, Manufacturing cost estimation for machined parts based on manufacturing features. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 13, 227-238, 2002
- M. Liang, S. Ahmamed, B. Van den Berg, A STEP based tool path generation system for rough machining of planar surfaces. *Journal Computer in Industry* 32 (1966) 219-231
- Kunwoo Lee., *Principle of CAD/CAE system* (United States of America, 1999)
- 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