

Perbandingan Metode Pembobotan dalam Perhitungan Nilai Kompleksitas Dies Panel Roof dan Pengaruhnya Terhadap Tingkat Perubahan Disain

Hendri DS. Budiono, Roy Wicaksono Agung Sulistiyanto, Gandjar Kiswanto.

Departemen Teknik Mesin FTUI
Fakultas Teknik Kampus UI, Depok, 16424
hendri@eng.ui.ac.id

Abstrak

Dies drawing adalah suatu cetakan dalam proses stamping yang digunakan untuk proses pembentukan sheet metal yang dalam dan konturnya kompleks sehingga memerlukan blank holder dan air cushion/ spring untuk mengontrol aliran dari material serta diperlukan bead untuk menahan aliran material yang terlalu cepat. Dies drawing terdiri dari 3 bagian utama yaitu *Punch*, *Blank holder* dan *Upper die*.

Punch, *Blank holder* dan *Upper die* merupakan suatu produk yang dihasilkan dari proses manufaktur. Suatu produk yang dihasilkan dari suatu sistem manufaktur, mempunyai suatu indeks kompleksitas yang menggambarkan bahwa produk tersebut dibuat dengan kompleksitas atau kerumitan tertentu.

Pada penelitian ini dilakukan penilaian kompleksitas produk dan kompleksitas proses pemesinan terhadap *Punch* dari *dies drawing panel roof*. Selanjutnya produk ini akan dianalisa seberapa besar perubahan nilai kompleksitas produk dan nilai kompleksitas proses pemesinannya apabila ada perubahan desain pada produk *panel roof*nya yaitu produk *panel roof* yang pada awalnya dengan permukaan atas rata kemudian ditambah dengan fitur tonjolan yang memanjang kearah belakang.

Penilaian dilakukan terhadap variabel kompleksitas produk dan proses pemesinan berdasarkan aspek *feature* (*shape*, *geometri*, *tolerance*) dan spesifikasi (kekasaran dan kekerasan). Metode yang digunakan adalah metode yang diperkenalkan oleh ElMaraghy dan Urbanic dimana penilaian dilakukan berdasarkan atas jumlah informasi, variasi informasi dan isi informasi suatu produk dan untuk pembuatan nilai pembobotan dilakukan dengan 2 metode pembobotan yaitu multitier ranking dan normalisasi.

Berdasarkan analisa yang dilakukan pada punch dengan metode pembobotan menggunakan normalisasi, persamaan yang didapat untuk setiap penambahan fitur adalah $y = 257.95x - 0.385$ (CI_{produk}), $y = 261.18x - 0.681$ (Total pc_x) dan $y = 260.46x - 0.614$ (PI).

Keywords: Kompleksitas produk, Kompleksitas proses pemesinan, Dies, Stamping Press, Panel Roof.

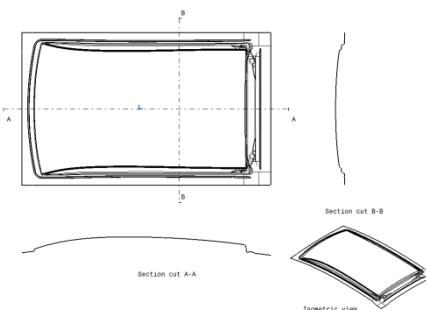
1. Pendahuluan

Agar produk Industri manufaktur dapat bersaing di pasar bebas, maka harus mampu menjawab tantangan kecepatan menghadirkan produk dengan harga yang dapat diterima konsumen dan produk mempunyai kualitas yang baik. Agar industri bisa dengan cepat memperkirakan biaya produksi dari rancangan yang berbeda pada tahap awal disain diperlukan perhitungan kompleksitas produk dan proses yang harus dilakukan berdasarkan pengalaman sebelumnya agar didapat suatu acuan untuk proses perancangan berikutnya

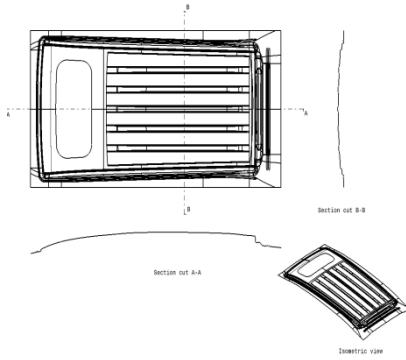
Suatu produk yang dihasilkan dari suatu sistem manufaktur, mempunyai suatu indeks kompleksitas yang menggambarkan bahwa produk tersebut dibuat dengan kompleksitas atau kerumitan tertentu, penilaian dilakukan berdasarkan atas jumlah informasi, variasi informasi dan isi informasi suatu produk dan untuk pembuatan nilai pembobotan dilakukan dengan 2

metode pembobotan yaitu multitier ranking dan normalisasi.

Dalam penelitian ini dilakukan perhitungan kompleksitas untuk 2 jenis panel roof yang berbeda seperti diperlihatkan pada gambar 1 dan 2.

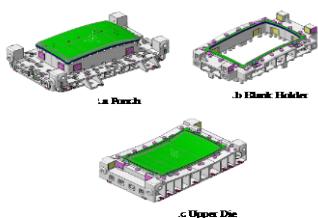


Gambar 1 Panel roof tanpa fitur menonjol di permukaan atas



Gambar 2 Panel roof dengan fitur menonjol pada permukaan atas

Untuk dapat menghasilkan produk panel roof diperlukan dies dalam proses pembentukan lembaran logam yang terdiri dari 3 macam dies, yaitu *dies drawing* (untuk pembentukan) seperti diperlihatkan pada gambar 3, *dies trimming* (untuk pemotongan material yang tidak dipakai) dan *dies bending* dan *piercing* (untuk membengkokkan material dan membuat lubang).



Gambar 3 Dies Drawing-Punch

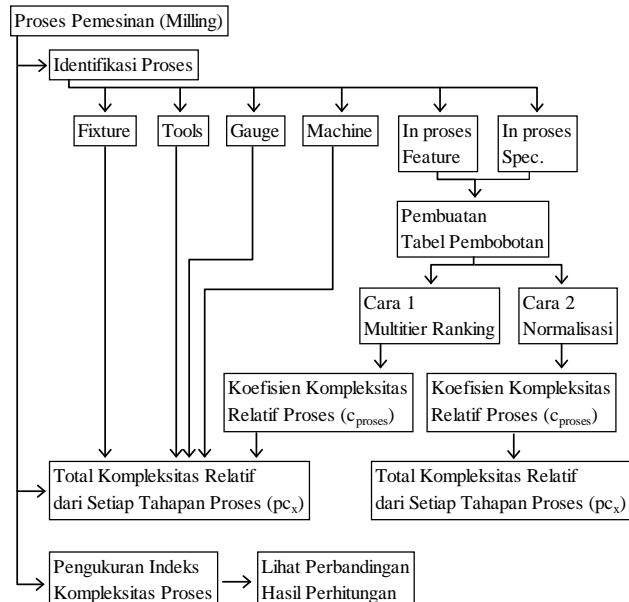
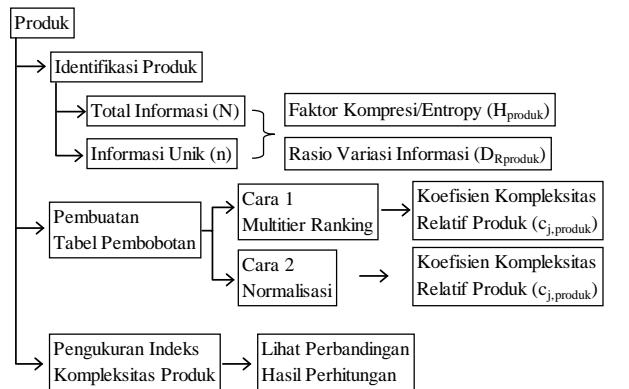
Berdasarkan pengalaman dari industri diketahui bahwa tingkat kerumitan *dies drawing* lebih besar dibandingkan dengan 2 jenis dies yang lain, maka dalam penelitian ini peneliti hanya memfokuskan perhitungan kompleksitas baik produk maupun proses pada *dies drawing* maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian yang berhubungan dengan kompleksitas produk dan kompleksitas proses pemesinan dari *dies drawing* panel roof.

2. Tujuan

Mencari keakurasi perhitungan kompleksitas dengan membandingkan dua metode pembobotan, yaitu metode pembobotan multitier ranking dan metode pembobotan normalisasi.

3. Metode Penelitian

Rancangan Penelitian pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 4 di bawah ini :



Gambar 4 Metode Penelitian

3.1. Kompleksitas Produk

3.1.1. Identifikasi Produk

Tahap ini merupakan tahapan persiapan berupa pengumpulan seluruh variabel yang berhubungan dengan produk. serta pengumpulan informasi yang terdapat dalam produk tersebut yang nantinya digunakan untuk menghitung faktor kompresi/entropy informasi dan rasio informasi.

3.1.2. Pembuatan Tabel Pembobutan Tingkat Kompleksitas Produk

Pembobotan digunakan untuk menghitung koefisien kompleksitas relatif ($c_{j,produk}$). Metode pembobotan dalam makalah ini menggunakan 2 metode pembobotan yaitu Multitier ranking (nilai pembobotan hanya terdiri dari 3 nilai pembobotan yaitu 0, 0,5 dan 1) dan Normalisasi (nilai pembobotan tidak hanya terdiri dari 3 nilai tetapi nilai pembobotan akan lebih teliti lagi yaitu diantara 0 s/d 1).

3.1.3. Pengukuran Indeks Kompleksitas Produk

Langkah-langkah untuk mengukur indeks kompleksitas produk dies adalah sebagai berikut :

1. Melakukan identifikasi variabel produk untuk menentukan :
 - ✓ Jumlah informasi (N)
 - ✓ Jumlah informasi yang dianggap unik (n)
2. Hitung nilai faktor kompresi / entropy produk (H)
3. Hitung nilai rasio variasi informasi ($D_{R\text{produk}}$)
4. Melakukan pembobotan terhadap variabel-variabel kompleksitas produk berdasarkan tabel pembobotan yang telah dibuat sebelumnya untuk menghitung nilai koefisien kompleksitas relatif ($c_{j,\text{produk}}$)
5. Hitung indeks kompleksitas produk (CI_{produk})

Persamaan :

$$CI_{\text{produk}} = (D_{R\text{produk}} + c_{j,\text{produk}}) * H_{\text{produk}}$$

Karena menggunakan 2 metode pembobotan maka Hasil indeks kompleksitas produk juga mendapatkan 2 nilai.

3.2. Kompleksitas Proses Pemesinan

3.2.1. Identifikasi Proses

Disini Peneliti mengumpulkan data-data dari proses pemesinan punch tersebut yang meliputi :

1. Fixture merupakan alat untuk pencekaman (clamp) dari dies tersebut
2. Tools merupakan alat yang digunakan untuk memakan atau memproses dies tersebut sehingga terbentuk bentukan yang diinginkan.
3. Gauge merupakan alat ukur yang digunakan dalam pembuatan dies tersebut.
4. Machine
5. In proses feature merupakan tahapan proses permesinan dari dies tersebut
6. In proses spec. merupakan spesifikasi yang diinginkan dari dies tersebut, sehingga dies tersebut bisa berfungsi sebagaimana mestinya.

3.2.2. Pembuatan Tabel Pembobotan Tingkat Kompleksitas Proses Pemesinan

Dalam Kompleksitas proses pemesinan juga dibutuhkan pembobotan. Pembobotan juga dilakukan dengan menggunakan 2 metode pembobotan yaitu multitier ranking dan normalisasi.

3.2.3. Pengukuran Indeks Kompleksitas Proses Pemesinan

Langkah-langkah untuk mengukur indeks kompleksitas proses pemesinan punch adalah sebagai berikut :

1. Dari hasil pembobotan diatas digunakan untuk menghitung koefisien kompleksitas relatif proses ($c_{\text{proses},x}$) untuk inproses fitur dan inproses spek. dan selanjutnya digunakan untuk menghitung kompleksitas relatif (pc_x). dari inproses fitur dan inproses spek.
2. Dari segi environment seperti fixture, tools, gauge dan mesin, hitung faktor kompresi/entropy (H) dan rasio variasi informasi (D_R) dari nilai tsb digunakan untuk menghitung kompleksitas relatif (pc_x) dari environment.
3. Menghitung Total kompleksitas relatif dari masing-masing tahapan proses pemesinan (Σpc_x).
4. Hitung indeks kompleksitas proses (PI_{proses}) dengan persamaan sebagai berikut:

$$PI_{\text{proses}} = \sum pc_x + CI_{\text{produk}}$$

dengan:

$$pc_x = (D_{R\text{proses},x} + c_{\text{proses},x}) * H_{\text{proses},x}$$

Dimana:

$c_{\text{proses},x}$ = koefiesien kompleksitas relatif per tiap jenis proses pemesinan terhadap keseluruhan total jenis proses yang digunakan untuk membuat dies tsb.

pc_x = kompleksitas per tahapan proses.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Kompleksitas Produk

4.1.1. Metode Multitier Ranking

Pengolahan data dilakukan dengan melihat hasil observasi dan hasil kuesioner penilaian tingkat kompleksitas produk yang akan menggambarkan kecenderungan dari masing-masing variabel kompleksitas produk. Setelah itu, dilanjutkan dengan memberikan bobot tingkat kompleksitas masing-masing variabel dengan mengacu pada hasil observasi. Jika hasil kuesioner pada salah satu variabel menujukkan angka 1 berarti tingkat kesulitan variabel tersebut adalah tinggi dan jika hasil kuesioner pada salah satu variabel menujukkan nilai 0,5 berarti tingkat kesulitan variabel tersebut adalah sedang serta hasil kuesioner pada salah satu variabel menujukkan nilai 0 berarti tingkat kesulitan variabel tersebut adalah rendah. Untuk menentukan interval antara nilai rendah sedang dan tinggi, Penulis menentukan berdasarkan kuesioner. Berdasarkan hasil pengolahan data, maka dapat dibuat tabel nilai pembobotan tingkat kompleksitas produk. Tabel nilai pembobotan tersebut dapat dilihat pada tabel 1 dan tabel 2 dibawah ini.

Tabel 1 Nilai Pembobotan Tingkat Kompleksitas Produk Variabel Aspect Punch.

Jenis shape		
0	0.5	1
Silinder	Prisma segitiga	Tidak beraturan
Kubus	Prisma segilima	Segi empat salah satu sisinya melengkung
	Prisma segienam	
	Prisma segiempat tidak beraturan	
	Ulir	

Geometri		
Note : a = ukuran terkecil dalam feature tsb		
0	0.5	1
a < 100	100 ≤ a < 200	a ≥ 200

Toleransi		
0	0.5	1
Bagian yang tidak dimachining	Bagian yang hanya sbg clearance	Bagian yang butuh presisi

Tabel 2 Nilai Pembobotan Tingkat Kompleksitas Produk Variabel spec. Punch.

Kekerasan		
0	0.5	1
Tidak diproses	Flame hardening	Heat treatment
		Hard chrome Coating

Kekasaran permukaan		
0	0.5	1
Dari hasil castingan	Dari proses milling	Dari proses gerinda
	Dari proses bubut	Dipoles Dikikir Diampelas

Hasil dari nilai pembobotan tersebut akan digunakan untuk menghitung koefisien kompleksitas relatif ($c_{j,produk}$)

Tabel 3 Perhitungan Kompleksitas Produk (CI_{produk}).

	Feature	% Feature	Feature kompleksity	Relative kompleksity
1	Corner mounting	0.009	0.083	0.001
2	Dudukan Hook	0.019	0.000	0.000
3	Dudukan Stopper bolt	0.014	0.417	0.006
4	Ulir	0.014	0.417	0.006
.				
.				
31	Pocket corner	0.009	0.000	0.000
32	Check hole	0.005	0.417	0.002
Total		1		0.192
$C_{j,produk}$				0.192
N				2695
n				551
H				11.4
D_R				0.2
CI_{produk}				4.47

Dari hasil penilaian dengan metode multiter ranking dapat dilihat bahwa produk Punch ini mempunyai nilai indeks kompleksitas produk (CI_{produk}) sebesar 4.47. Nilai ini didapat dari faktor kompresi/entropy informasi (H_{produk}) sebesar 11.4, rasio variasi informasi ($D_{Rproduk}$) sebesar 0.2 dan koefisien kompleksitas relatif ($c_{j,produk}$) sebesar 0.192.

4.1.2. Metode Normalisasi

Untuk mendapatkan nilai pembobotan yang lebih pasti yang berada diantara nilai 0 sampai dengan 1. terlebih dahulu haruslah diseragamkan, untuk menyeragamkan nilai tsb dapat dilakukan dengan :

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

dimana :

- N = Nilai pembobotan yang diseragamkan
- n = Data nilai yang diambil
- n min = Batasan terkecil dari data nilai
- n max = Batasan terbesar dari data nilai

Tabel pembobotan dengan metode normalisasi dapat dilihat pada tabel 4 dan tabel 5 dibawah ini.

Tabel 4 Nilai Pembobotan Tingkat Kompleksitas Produk Variabel Aspect Punch.

No	Description	Shape					Geometry (dlm cm ³)					Toleransi								
		Jumlah Face	n min	n max	log (n/n min)	log (n max/n min)	N	Volume	n min	n max	log (n/n min)	log (n max/n min)	N	Range	n min	n max	log (n/n min)	log (n max/n min)	N	
1	Corner mounting	6	3	832	0.30	2.44	0.12	18720	2	633344	3.97	5.50	0.72	-	0.02	2	-	-	0.00	
2	Dudukan Hook	3	3	832	0.00	2.44	0.00	1039	2	633344	2.72	5.50	0.49	-	0.02	2	-	-	0.00	
3	Dudukan Stopper bolt	3	3	832	0.00	2.44	0.00	-	28	2	633344	1.15	5.50	0.21	0.2	0.02	2	1.00	2.00	0.50
4	Tap Dudukan Stopper bolt	-	-	-	-	-	0.10	-	6	2	633344	0.48	5.50	0.09	0.2	0.02	2	1.00	2.00	0.50
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
30	Clearance cushion profil	6	3	832	0.30	2.44	0.12	1312	2	633344	2.82	5.50	0.51	-	2	0.02	2	2.00	2.00	0.00
31	Pocket corner	3	3	832	0.00	2.44	0.00	-	905	2	633344	2.66	5.50	0.48	-	0.02	2	-	-	0.00
32	Check hole	3	3	832	0.00	2.44	0.00	-	2	2	633344	0.00	5.50	0.00	0.02	0.02	2	0.00	2.00	1.00

Tabel 5 Nilai Pembobotan Tingkat Kompleksitas Produk Variabel Spec. Punch

No	Description	Kekasaran						Kekerasan					
		dlm Ra μm	n min	n max	log (n/n min)	log (n max/n min)	N	dlm HRc	n min	n max	log (n/n min)	log (n max/n min)	N
1	Corner mounting	-	-	1.5	25	-	-	0.00	-	30	55	-	-
2	Dudukan Hook	-	-	1.5	25	-	-	0.00	-	30	55	-	-
3	Dudukan Stopper bolt	-	7	1.5	25	0.67	-	1.22	0.45	-	30	55	-
4	Tap Dudukan Stopper bolt	-	7	1.5	25	0.67	-	1.22	0.45	-	30	55	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	Clearance cushion profil	-	-	1.5	25	-	-	0.00	-	30	55	-	-
31	Pocket corner	-	-	1.5	25	-	-	0.00	-	30	55	-	-
32	Check hole	7	1.5	25	0.67	1.22	0.45	-	30	55	-	-	-

Hasil Pengolahan data Kompleksitas produk dapat dilihat pada tabel 6 dibawah ini.

Tabel 6 Perhitungan Kompleksitas Produk (CI_{produk}).

	Feature	% Feature	Feature kompleksitas	Relative kompleksitas
1	Corner mounting	0.009	0.142	0.001
2	Dudukan Hook	0.019	0.083	0.002
3	Dudukan Stopper bolt	0.014	0.345	0.005
4	Ultrir	0.014	0.343	0.005
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
31	Pocket corner	0.009	0.082	0.001
32	Check hole	0.005	0.392	0.002
Total	1	-	0.165	
$CI_{j,produk}$			0.165	
N			2695	
n			551	
H			11.4	
D_R			0.2	
Cl_{produk}			4.16	

Dari hasil penilaian dengan metode normalisasi dapat dilihat bahwa produk Punch ini mempunyai

nilai indeks kompleksitas produk (CI_{produk}) sebesar 4.18. Nilai ini didapat dari faktor kompresi/entropy informasi (H_{produk}) sebesar 11.4, rasio variasi informasi ($D_{Rproduk}$) sebesar 0.2 dan koefisien kompleksitas relatif ($c_{j,produk}$) sebesar 0.165.

4.2. Kompleksitas Proses Pemesinan

Proses pengolahan data untuk membuat tabel pembobotan untuk kompleksitas proses pemesinan sama seperti proses pengolahan data untuk membuat tabel pembobotan pada kompleksitas produk.

4.2.1. Metode Multitier Ranking

Hasil Pengolahan data Kompleksitas proses pemesinan untuk Punch dengan metode multitier ranking dapat dilihat pada tabel 7 dan 8 dibawah ini.

Tabel 7 Nilai Pembobotan Tingkat Kompleksitas Proses Variabel Aspect

Shape		
0	0.5	1
Face cutting	Pocket	Surface
Side cutting	Slot	Profil
Hole (center drill)	Hole (reamer)	
Hole (drilling)	Ulir (Taping)	
Geometri (Luas area (dlm mm ²))		
0	0.5	1
x < 100,000	100,000 ≤ x < 1,000,000	x ≥ 1,000,000
Toleransi		
0	0.5	1
range > 0,5	0.15 < range ≤ 0,5	range ≤ 0.15

Tabel 8 Nilai Pembobotan Tingkat Kompleksitas Proses Variabel Spec.

Kekasaran permukaan		
0	0.5	1
▽ (8 - 25 Ra μm)	▽▽ (1.6 - 8 Ra μm)	▽▽▽ (0.025 - 1.6 Ra μm) ▽▽▽▽
Ulir kasar		Ulir halus (< 0.025 Ra μm)
Kekerasan		
0	0.5	1
Tidak ada	Flame hardening	Hard chrome Heatreatment Coating

Tabel 10 Nilai Pembobotan Tingkat Kompleksitas Proses Variabel Aspect

Shape		Description	Geometri						Toleransi					
Jenis Pemakanan	N		Luas area (dlm mm ²)	n min	n max	log (n/n min)	log (n max/n min)	N	Range	n min	n max	log (n/n min)	log (n max/n min)	N
Face cutting	0	Bottom face	4,288,000	79	4,288,000	4.73	4.73	1.0		0	1			0.00
Side cutting	0	Key block	9,800	79	4,288,000	2.09	4.73	0.4	0.05	0	1	0.40	1.70	0.77
		Tap Key block	288	79	4,288,000	0.56	4.73	0.1						0.00
Pocket	0.5	Pilot block	9,499	79	4,288,000	2.08	4.73	0.4	0.05	0	1	0.40	1.70	0.77
		Tap Pilot block	288	79	4,288,000	0.56	4.73	0.1						0.00
Surface	1	V-block	3,000	79	4,288,000	1.58	4.73	0.3	0.2	0	1	1.00	1.70	0.41
Profil	1	U slot	6,800	79	4,288,000	1.93	4.73	0.4	1	0	1	1.70	1.70	0.00
Hole (drilling)	0	Datum face	4,000	79	4,288,000	1.70	4.73	0.4	0.02	0	1	0.00	1.70	1.00
Hole (reamer)	0.5	Dudukan cover	3,600	79	4,288,000	1.66	4.73	0.4		0	1			0.00
		Tap Dudukan cover	200	79	4,288,000	0.40	4.73	0.1						0.00
Hole (center drill)	0	Stopper bolt	2,826	79	4,288,000	1.55	4.73	0.3	0.2	0	1	1.00	1.70	0.41
		Tap Stopper bolt	1,152	79	4,288,000	1.16	4.73	0.2						0.00
Slot	0.5	Distance face	2,826	79	4,288,000	1.55	4.73	0.3	0.2	0	1	1.00	1.70	0.41
Ulir (Taping)	0.5	Dudukan Sliding	28,900	79	4,288,000	2.56	4.73	0.5	0.05	0	1	0.40	1.70	0.77
		Tap Sliding	288	79	4,288,000	0.56	4.73	0.1						0.00
		Surface	1,807,650	79	4,288,000	4.36	4.73	0.9	0.1	0	1	0.70	1.70	0.59
		Profil	167,100	79	4,288,000	3.33	4.73	0.7	0.06	0	1	0.48	1.70	0.72
		Check Hole	79	79	4,288,000	0.00	4.73	0.0	0.02	0	1	0.00	1.70	1.00
		DDH	1,963	79	4,288,000	1.40	4.73	0.3	0.02	0	1	0.00	1.70	1.00

Hasil Pengolahan data untuk menghitung nilai kompleksitas proses pemesinan dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9 Perhitungan Kompleksitas Proses (PI_{proses}).

	Total	Distinct	$H_{proses,x}$	$D_{proses,x}$	$C_{J,proses,x}$	PC_x
Fixture	4	1	2	0.25		0.5
Tools	48	28	5.61	0.58		3.27
Gauge	8	8	3.17	1.00		3.17
Machines	2	2	1.58	1.00		1.58
In proses feature	385	67	8.59	0.17	0.14	2.72
In proses spec	149	24	7.23	0.16	0.43	4.27
Total PC _x						15.52
CI_{produk}						4.47
PI_{proses}						19.99

Dari hasil penilaian dapat dilihat bahwa produk Punch ini mempunyai nilai indeks kompleksitas proses (PI_{proses}) sebesar 19.99. Nilai ini didapat dari total kompleksitas relatif dari setiap tahapan proses (pc_x) sebesar 15.52, dan kompleksitas produk (CI_{produk}) sebesar 4.47.

4.2.2. Metode Normalisasi

Hasil Pengolahan data Kompleksitas proses pemesinan untuk Punch dengan metode normalisasi dapat dilihat pada tabel 10 dan 11.

Tabel 11 Nilai Pembobotan Tingkat Kompleksitas Proses Variabel Sec.

Description	Kekasaran						Kekerasan					
	dim Ra μm	n min	n max	log (n/n min)	log (n max/n min)	N	dim HRc	n min	n max	log (n/n min)	log (n max/n min)	N
Bottom face	7	1.5	25	0.67	1.22	0.45		30	55			
Key block	7	1.5	25	0.67	1.22	0.45		30	55			
Tap Key block	20	1.5	25	1.12	1.22	0.08		30	55			
Pilot block	7	1.5	25	0.67	1.22	0.45		30	55			
Tap Pilot block	20	1.5	25	1.12	1.22	0.08		30	55			
V-block	7	1.5	25	0.67	1.22	0.45		30	55			
U slot	7	1.5	25	0.67	1.22	0.45		30	55			
Datum face	7	1.5	25	0.67	1.22	0.45		30	55			
Dudukan cover	20	1.5	25	1.12	1.22	0.08		30	55			
Tap Dudukan cover	20	1.5	25	1.12	1.22	0.08		30	55			
Stopper bolt	7	1.5	25	0.67	1.22	0.45		30	55			
Tap Stopper bolt	20	1.5	25	1.12	1.22	0.08		30	55			
Distance face	7	1.5	25	0.67	1.22	0.45		30	55			
Dudukan Sliding	7	1.5	25	0.67	1.22	0.45		30	55			
Tap Sliding	20	1.5	25	1.12	1.22	0.08		30	55			
Surface	1.5	1.5	25	0.00	1.22	1	55	30	55	0.26	0.26	1.00
Profil	1.5	1.5	25	0.00	1.22	1	55	30	55	0.26	0.26	1.00
Check Hole	7	1.5	25	0.67	1.22	0.45		30	55			
DDH	7	1.5	25	0.67	1.22	0.45		30	55			

Dari hasil penilaian dengan metode pembobotan menggunakan normalisasi dapat dilihat bahwa produk Punch ini mempunyai nilai indeks kompleksitas proses (PI_{proses}) sebesar 18.46. Nilai ini didapat dari total kompleksitas relative dari setiap tahapan proses (pc_x) sebesar 14.3, dan kompleksitas produk (CI_{produk}) sebesar 4.16 seperti diperlihatkan pada table 12

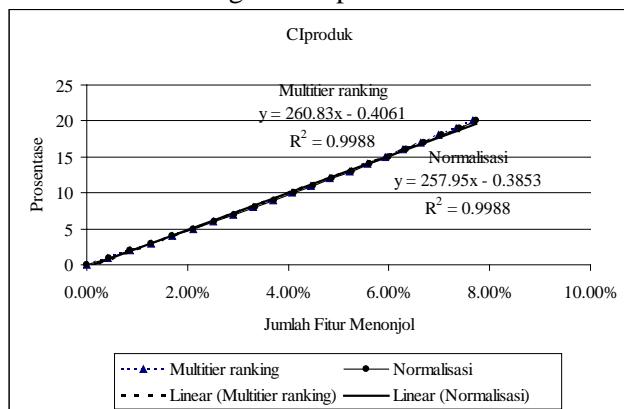
Tabel 12 Perhitungan Kompleksitas Proses (PI_{proses}).

	Total	Distinct	$H_{proses,x}$	$D_{proses,x}$	$C_{J,proses,x}$	PC_x
Fixture	4	1	2	0.25		0.5
Tools	48	28	5.61	0.58		3.27
Gauge	8	8	3.17	1.00		3.17
Machines	2	2	1.58	1.00		1.58
In proses feature	385	67	8.59	0.17	0.16	2.90
In proses spec	149	24	7.23	0.16	0.24	2.87
Total PC _x						14.30
CI_{produk}						4.16
PI_{proses}						18.46

4.3. Perbandingan hasil perhitungan

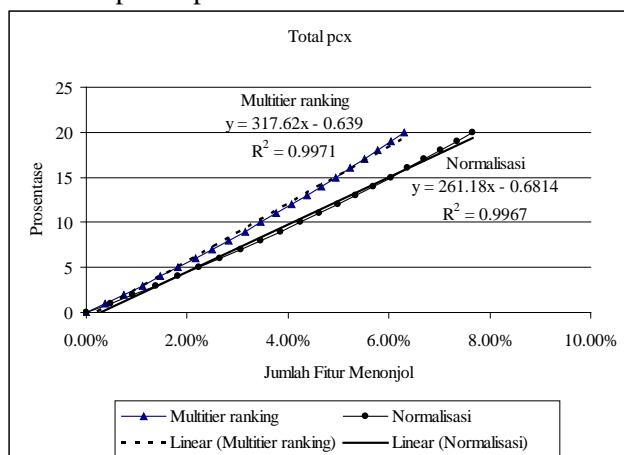
Persentase kenaikan kompleksitas apabila jumlah fitur tonjolan ditambah.

Grafik 1 Perbandingan Kompleksitas Produk



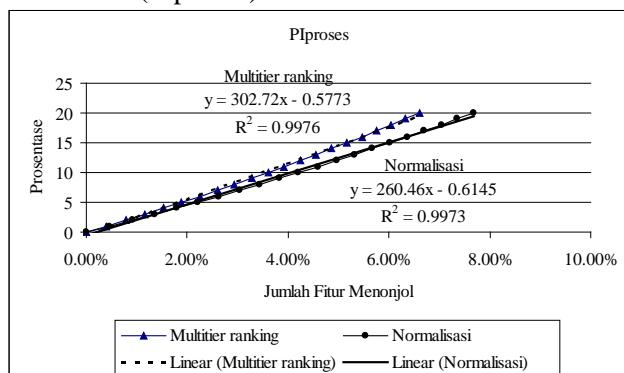
Berdasarkan grafik 1 persentase kenaikan kompleksitas produk sama.

Grafik 2 Perbandingan Total Kompleksitas Relatif dari Setiap Tahapan Proses



Berdasarkan grafik 2 persentase kenaikan total kompleksitas relatif dari setiap tahapan proses dengan metode pembobotan menggunakan metode normalisasi, grafik menurun.

Grafik 3 Perbandingan Kompleksitas Proses Pemesinan (PIproses)



Berdasarkan grafik 3 persentase kenaikan kompleksitas proses dengan metode pembobotan menggunakan metode normalisasi, grafik juga menurun.

5. Kesimpulan

1. Kita bisa membuktikan bahwa skala pembobotan dengan metode multitier ranking sudah benar.
2. Secara ilmiah yang dipakai yang menggunakan skala normalisasi, akan tetapi grafik menurun hal ini dimungkinkan karena pembobotan shape masih menggunakan pola pembobotan kuantitatif (0, 0,5 dan 1).

Referensi

- 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,
 Boothroyd. (2001), *Product Design for manufacture and assembly*, Boothroyd Dewhurst Inc. and University of Rhode Island, USA,
 Rony Sudarmawan Th. *Teknologi Press Dies*,