



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH PERUBAHAN DESAIN PADA NILAI
KOMPLEKSITAS DIES PANEL ROOF**

SKRIPSI

**ROY WICAKSONO AGUNG SULISTIYANTO
0906605132**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
DEPOK
JUNI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH PERUBAHAN DESAIN PADA NILAI
KOMPLEKSITAS DIES PANEL ROOF**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik

ROY WICAKSONO AGUNG SULISTIYANTO

0906605132

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

DEPOK

JUNI 2012

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : ROY WICAKSONO AGUNG S.

NPM : 0906605132

Tanda Tangan : 

Tanggal : 2012

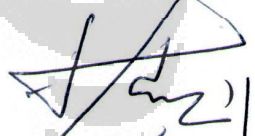
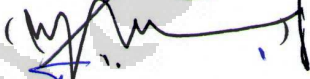



HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Roy Wicaksono Agung Sulistiyanto
NPM : 0906605132
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Pengaruh perubahan desain pada nilai kompleksitas dies panel roof

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Hendri DS. Budiono, MEng. ()
Penguji : Ir. Henky S. Nugroho, MT. ()
Penguji : Prof. Dr. Ir. Tresna P. Soemardi, SE,MSi. ()
Penguji : Dr. Ir. Gandjar Kiswanto, Meng ()
Penguji : Jos Istiyanto, ST, MT, PhD. ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 12 Juli 2012

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. yang telah memberikan nikmat serta karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul “ Pengaruh perubahan desain pada nilai kompleksitas dies panel roof.”

Penulis menyadari, bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai masa penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ir. Hendri Dwi Septioratri Budiono, M.Eng sebagai dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, memberikan pemikiran-pemikiran yang mencerahkan dalam penyusunan skripsi ini.
2. Tim penguji skripsi, atas koreksi perbaikan dan sarannya.
3. Bp. Sholeh dan Mas Riky yang telah membantu dan memberi masukan tentang cara menghitung nilai kompleksitas.
4. Seluruh dosen dan karyawan Departemen Teknik Mesin FTUI yang telah banyak membantu selama masa perkuliahan.
5. Bapak saya, Ibu saya, saudara-saudara, serta teman-teman pabrik tempat saya bekerja yang telah luar biasa mendukung dan banyak membantu dalam berbagai hal.
6. Teman-teman mahasiswa PPSE 2009 atas semangat dan kekompakan kalian serta *Wahyu Ranti Santoso* sebagai motivasi dalam keseharian penulis.
7. Semua pihak yang telah membantu namun tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Depok, Juni 2012

Penulis

(Roy Wicaksono Agung S.)

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sabagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Roy Wicaksono Agung Sulistiyanto
NPM : 0906605132
Program Studi : Teknik Mesin
Departemen : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**PENGARUH PERUBAHAN DESAIN PADA NILAI
KOMPLEKSITAS DIES PANEL ROOF**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : Juni 2012
Yang menyatakan,



(Roy Wicaksono Agung S.)

ABSTRAK

Nama : Roy Wicaksono Agung Sulistiyanto
Program Studi : Teknik Mesin
Judul : Pengaruh perubahan desain pada nilai kompleksitas
dies panel roof

Abstrak

Indeks kompleksitas produk merupakan indikator dari suatu produk manufaktur yang menggambarkan produk didesain serta diproduksi dengan tingkat kerumitan atau kompleksitas tertentu. Pada penelitian ini dilakukan penilaian kompleksitas produk dan kompleksitas proses pemesinan terhadap *dies panel roof*. Produk yang akan dipakai untuk penelitian adalah 3 bagian utama dari dies drawing, yaitu *punch, blank holder dan upper die*, karena 3 bagian ini yang paling berpengaruh dari dies drawing. Selanjutnya produk ini akan dianalisa seberapa besar perubahan nilai kompleksitas produk dan nilai kompleksitas proses pemesinannya apabila ada perubahan desain pada produk panel roofnya. Penilaian dilakukan terhadap variabel kompleksitas produk berdasarkan aspek *feature* dan spesifikasi produk yaitu *shape, geometri, tolerance, kekasaran permukaan 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. Hasil penilaian kompleksitas produk dan kompleksitas proses pemesinan menunjukkan perubahan pada bagian *punch* dan *upper-die* sebesar 2% . Perubahan ini kurang signifikan (yaitu dibawah 5%). Sehingga perubahan ini diabaikan jadi perubahan desain dari panel roof ini tidak mempengaruhi nilai kompleksitas diesnya.

Kata kunci:

Kompleksitas produk, Kompleksitas permesinan, Dies

ABSTRACT

Name : Roy Wicaksono Agung Sulistiyanto
Study Program : Mechanical Engineering
Title : The effect of design change on complexity value
of panel roof dies

Abstract

Product complexity index is an indicator product of manufacturing that describe the products designed and manufactured with a level of complexity or specified complexity. In this study an assessment of product complexity and the complexity of the machining process of the panel roof dies product, product to be used for research are the three main parts of the drawing dies, further products will be analyzed how much the change in value of product complexity and complexity of the machining process if there are changes in product design panel. Assessment conducted on the variable complexity of the product dies based on aspects of the product features and specifications of shape, geometry, tolerance, surface roughness and hardness. The method used was introduced by ElMaraghy and Urbanic where the assessment is based on the amount of information, variety of information and the information content of a product. The results of assessment of the product complexity and the machining process complexity showed the same changes for punch also for upper-die as big as 2%. These changes are less significant (ie below 5%). So that this change is negligible so the changes of panel roof design does not affect the complexity of the dies.

Key words:

Product complexity, complexity of machining, Dies

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
PENGESAHAN	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Pembatasan Masalah.....	3
1.5 Metodologi Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 DASAR TEORI.....	6
2.1 Proses Stamping.....	6
2.1.1. Jenis Dies pada proses stamping.....	6
2.1.2. Faktor utama dalam proses stamping	7
2.1.3. produk dari proses stamping.....	8
2.1.4. Step by step proses stamping	8
2.2 Proses Pemesinan Frais (Milling).....	10
2.2.1. Metode proses frais.....	12
2.2.2. Metode pemotongan benda kerja.....	13
2.2.3. Mesin milling	14
2.2.4. Alat-alat potong mesin milling	16
2.3 Kompleksitas system manufaktur.....	20
2.3.1. Model kompleksitas system manufaktur.....	20
2.3.2. Kompleksitas produk	22

2.3.3. Pengaruh indeks kompleksitas produk.....	22
2.3.4. Kompleksitas proses.....	24
2.3 Deskripsi produk.....	26
2.3.1. Dies drawing untuk panel roof	27
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	31
3.1 Kompleksitas produk	32
3.1.1. Identifikasi produk	32
3.1.2. Pembobotan kompleksitas produk	32
3.1.3. Pengukuran indeks kompleksitas produk	33
3.2 Kompleksitas proses permesinan.....	34
3.1.1. Identifikasi proses.....	34
3.1.2. Pembobotan kompleksitas proses	34
3.1.3. Pengukuran indeks kompleksitas proses	35
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	36
4.1 Kompleksitas produk.....	36
4.1.1. Nilai pembobotan kompleksitas produk.....	36
4.1.2. Perhitungan indeks kompleksitas produk	38
4.2 Kompleksitas proses permesinan	42
4.2.1. Nilai pembobotan kompleksitas proses.....	42
4.2.2. Perhitungan indeks kompleksitas proses	43
4.3 Perbandingan hasil perhitungan.....	47
4.4 Analisa	49
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN 1 (Gambar Punch Awal)	53
LAMPIRAN 2 (Gambar Blank Holder Awal)	54

LAMPIRAN 3 (Gambar Upper Die Awal)	55
LAMPIRAN 4 (Gambar Punch Kedua)	56
LAMPIRAN 5 (Gambar Blank Holder Kedua)	57
LAMPIRAN 6 (Gambar Upper Die Kedua)	58
LAMPIRAN 7	59
A. Parameter-parameter yang mempengaruhi produk	59
B. Parameter-parameter yang mempengaruhi proses permesinan	60
LAMPIRAN 8 (Kompleksitas Produk Awal)	62
A. Punch	62
LAMPIRAN 9 (Kompleksitas Produk Kedua)	71
A. Punch	71
LAMPIRAN 10 (Kompleksitas relative proses (Produk awal))	80
A. Punch	80
LAMPIRAN 11 (Kompleksitas relative proses (Produk kedua))	85
A. Punch	85

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan dan kemajuan dunia industri manufaktur akan terus berjalan seiring dengan perubahan dan kemajuan teknologi. Industri manufaktur merupakan suatu industri yang mengolah bahan mentah menjadi produk setengah jadi maupun produk jadi. Untuk menghasilkan suatu produk, memerlukan beberapa proses antara lain desain produk, pemilihan material, proses manufaktur, distribusi material, bahan baku dan lain-lain. Semua itu merupakan elemen-elemen dari suatu sistem manufaktur.

Suatu produk yang dihasilkan dari suatu sistem manufaktur, mempunyai suatu indeks kompleksitas yang menggambarkan bahwa produk tersebut dibuat dengan kompleksitas atau kerumitan tertentu. ElMaraghy dan Urbanic[1][2] mengemukakan bahwa kompleksitas produk merupakan fungsi dari *material*, desain *features (shape, geometry, tolerances)*, spesifikasi khusus dari setiap komponen suatu produk. Untuk mengukur nilai indeks kompleksitas produk berdasarkan jumlah absolut dari informasi, variasi dari informasi, dan isi dari informasi tentang produk tersebut[1].

Era pasar global mendorong seluruh bentuk industri di berbagai Negara untuk mengembangkan diri sehingga produk yang dihasilkan dapat diproduksi dengan biaya lebih rendah dalam waktu cepat dan tanpa mengurangi kualitas produk. Peningkatan kualitas produk secara berkesinambungan menurut Boothroyth, dapat dilakukan di tahap desain, dengan mempertimbangkan tingkat kerumitan proses pembuatan dan proses perakitan dengan komponen lain sebagai satu kesatuan, atau lebih dikenal sebagai ***Design for Manufacturing and Assembly (DFMA)*** yang diukur berdasarkan efisiensi waktu perakitan dengan pendekatan feature saja. Akan tetapi didalamnya tidak memperhitungkan karakteristik produk ditinjau dari kerumitan produk secara fisik maupun proses produksi yang akan dijalankan untuk menghasilkan suatu produk. Bagaimana menentukan karakteristik suatu produk telah dilakukan oleh El-Maraghy? Karakteristik suatu produk digambarkan sebagai **Indeks Kompleksitas Produk**

(CI) dan **Indeks Kompleksitas Proses (PI)**. Kompleksitas diartikan sebagai manajemen sejumlah informasi yang berkaitan dengan produk secara fisik dan proses pembuatan produk saja, akan tetapi belum mempertimbangkan efek perakitan antar satu komponen dengan komponen lain untuk membentuk suatu produk yang memiliki fungsi dalam suatu sistem manufaktur.

Dari uraian diatas, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian yang berhubungan dengan kompleksitas produk dan kompleksitas proses pemesinan dengan judul **“Pengaruh perubahan desain pada nilai kompleksitas dies panel roof”**

1.2. Perumusan Masalah

Untuk menggabungkan DFMA dengan kompleksitas maka masalah yang dapat diidentifikasi adalah sebagai berikut:

1. Parameter penting apa sajakah yang membentuk indeks kompleksitas produk dan indeks kompleksitas proses pemesinan dari dies tersebut?
2. Bagaimana menggabungkan parameter penting dalam DFMA dengan indeks kompleksitas produk dan indeks kompleksitas pemesinan?
3. Bagaimana metodologi gabungan dapat menghitung kompleksitas produk dan kompleksitas proses pemesinan untuk produk dies?

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Memperoleh parameter penting pembentuk indeks kompleksitas produk dan indeks kompleksitas proses pemesinan untuk produk dies tsb.
2. Membuat nilai pembobotan tingkat kompleksitas produk dan kompleksitas proses pemesinan untuk produk dies tsb.
3. Memaparkan metodologi penggabungan parameter penting dalam DFMA manual dengan indeks kompleksitas produk dan indeks kompleksitas proses pemesinan dengan bantuan software Excel untuk perhitungannya.

1.4. Batasan Masalah

Luasnya ruang lingkup penelitian dan keterbatasan waktu, maka untuk merumuskan permasalahan dalam penelitian ini, peneliti melakukan studi literatur terhadap permasalahan yang akan diteliti. Adapun permasalahan yang ingin dijawab pada penelitian ini adalah :

1. Seberapa besar nilai indeks kompleksitas Dies panel roof dan bagaimana melakukan penilaian kompleksitas produk *Dies* dan kompleksitas proses pemesinan dari Dies tersebut.
2. Faktor-faktor atau variabel-variabel apa saja yang mempengaruhi kompleksitas produk dan kompleksitas proses pemesinan dari *Dies panel roof* tsb.
3. Indeks kompleksitas produk dan indeks kompleksitas proses pemesinan dihitung dengan metode yang telah digunakan oleh El-Maraghy dengan bantuan software Excel.
4. Indeks kompleksitas produk dan indeks kompleksitas proses pemesinan dari suatu produk dies, hanya dilihat dari sisi fungsional saja yaitu punch, blank holder, dan upper die untuk mendukung proses solidifikasi saja.
5. Paramater penting pembentuk indeks kompleksitas produk dan proses pemesinan diperoleh dari hasil studi literatur dan penelitian terdahulu, dan diseleksi melalui wawancara dan penyebaran kuesioner.
6. Indeks kompleksitas assembly tidak dihitung disini.
7. Diskrit penilaian terbatas pada 3 nilai pembobotan yaitu 0 0.5 dan 1 untuk masing-masing parameter.

1.5. Metodologi Penelitian

Pendekatan Masalah

Penggabungan parameter DFMA ke dalam kompleksitas produk dan kompleksitas proses pemesinan, melalui manajemen informasi dan pengujian metodologi gabungan pada satu komponen produk yang mengalami perubahan desain. Penggabungan dilakukan dengan memasukkan parameter DFMA ke dalam model kompleksitas produk dan kompleksitas proses pemesinan yang dimodelkan oleh El-Maraghy.

Sumber dan Metode Pengambilan Data

Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data hasil wawancara dan penyebaran kuesioner di PT. X yang kemudian menjadi parameter *input* untuk penentuan parameter penting pembentuk indeks kompleksitas produk dan indeks kompleksitas proses pemesinan dari sisi DFM, serta parameter penting dalam DFA manual, khusus untuk produk dies dengan studi kasus: *dies drawing panel roof*.

Pengolahan Data

Data yang diperoleh dari hasil wawancara dan penyebaran kuesioner akan dimasukkan sebagai parameter input di dalam model yang telah dikembangkan oleh El-Maraghy dengan bantuan software Excel.

Analisa Data

Hasil pengolahan data berbentuk indeks (angka), untuk produk dies dan proses pemesinan dies berupa perbandingan hasil perhitungan kompleksitas produk dan proses pemesinan dengan adanya perubahan desain.

1.6. SISTEMATIKA PENULISAN

Skripsi ini disusun dalam urutan sebagai berikut :

BAB 1 : PENDAHULUAN

Terdiri dari latar belakang masalah, tujuan dilakukannya penelitian, pembatasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB 2 : DASAR TEORI

Pada bab ini dijelaskan tentang stamping press, proses frais (milling), pemodelan kompleksitas produk dan kompleksitas proses, dan deskripsi tentang dies drawing dari panel roof.

BAB 3 : METODOLOGI PENELITIAN

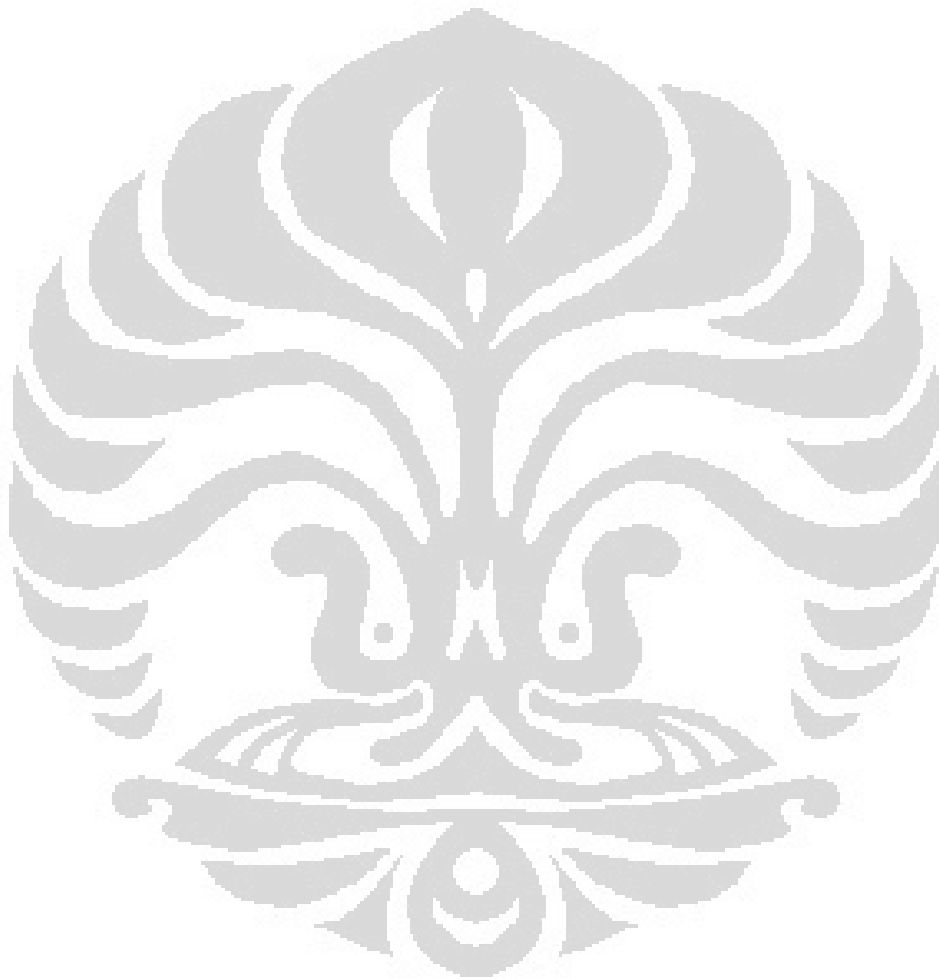
Bagian ini memaparkan urutan penggunaan pemodelan kompleksitas produk dan kompleksitas proses pemesinan khusus untuk produk dies. Model kompleksitas dibangun dari informasi yang mempengaruhi produk dies. Parameter pembentuk kompleksitas diperoleh dari hasil wawancara dan kuesioner.

BAB 4 : PENGUJIAN DAN ANALISA HASIL

Analisis hasil pengujian pemodelan disajikan dalam bentuk tabel serta gambar dan dilakukan analisa perbandingan hasil.

BAB 5 : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran yang diperoleh dari hasil pengujian pemodelan.



BAB 2 DASAR TEORI

2.1. Proses Stamping

Proses stamping adalah proses pencetakan metal secara dingin dengan menggunakan dies dan mesin press umumnya plate yang dicetak, untuk menghasilkan produk sesuai dengan yang dikehendaki.

2.1.1. Jenis dies yang umum dipergunakan untuk proses stamping pada saat ini :

A. Step forming dies.

Step forming : proses pencetakan satu- satu, artinya setiap step proses stamping dilakukan oleh 1 dies, 1 mesin, 1 operator. sehingga pada konsep ini jika diperlukan proses stamping untuk 5 step, akan diperlukan 5 dies, 5 mesin press dan 5 operator.

Step forming bisa disimpulkan

- ✓ Cocok untuk produksi dengan kebutuhan sedikit.
- ✓ Dies harganya murah.
- ✓ Memerlukan banyak operator.
- ✓ Proses berjalan lambat, kapasitas sedikit.
- ✓ Memerlukan banyak dies
- ✓ Memerlukan banyak mesin.
- ✓ Design dan proses pembuatan dies simple.
- ✓ Cocok untuk segala jenis produk besar ataupun kecil.

B. Progresive dies.

Progresive proses : Proses pencetakan / stamping dilakukan semua proses dalam satu dies. Seluruh proses dilakukan dalam satu dies, sehingga sekali cetak produk akhir sudah langsung didapatkan.

Progresive bisa disimpulkan :

- ✓ Cocok untuk produksi masal
- ✓ Harga dies sangat mahal.
- ✓ Bisa dikatakan hampir tidak memerlukan operator, karena satu operator bisa menghandle banyak mesin untuk sistem ini.

- ✓ Proses stamping berjalan cepat, kapasitas sangat besar.
- ✓ Umumnya diperlukan mesin dengan tingkat presisi tinggi.
- ✓ Desain dan proses pembuatan dies rumit dan sulit.
- ✓ Biasanya dipergunakan untuk produksi barang barang kecil.
- ✓ Memerlukan mesin dan dies presisi tinggi.

C. Transfer dies.

Trasfer dies : adalah proses stamping gabungan antara step forming dan progresive, artinya proses stamping dilakukan secara step by step (satu satu) dengan mekanisme mesin dilakukan proses transfer dari satu step ke step berikutnya, dan akan didapatkan produk jadi pada satu mesin tsb.

Transfer dies bisa disimpulkan :

- ✓ Umumnya diperlukan ukuran mesin dan tonase yang besar.
- ✓ Cocok untuk produksi
- ✓ Harga mesin dan dies mahal.
- ✓ Proses desain dan pembuatan dies rumit dan sulit.
- ✓ Memerlukan mesin dan dies presisi tinggi.
- ✓ Cocok untuk produksi ukuran benda medium.
- ✓ Tidak memerlukan banyak operator.
- ✓ Investasi sangat mahal.

2.1.2. **Faktor utama dalam proses stamping :**

A. Dies :

Material Dies yang dipergunakan adalah : umumnya special alloy stell, yang bisa dilakukan proses hardening sampai kekerasan HRC diatas 60, misalnya : DC 53, SKD 11, dll. Ada beberapa bagian dies yang penting : Misalnya cavity, Guide Post, Upper plate, Lower Plate.

B. Mesin Press :

Mesin press sendiri banyak sekali macamnya, yang paling penting untuk mesin press adalah tingkat kepressian stroke dan kapasitas tonase, kapasitas tonase dari yang terkecil dibawah 1 ton sampai dengan yang terbesar ratusan bahkan ada yang ribuan ton. Kapasitas yang kecil tentu saja

untuk produk yang kecil, semakin besar maka semakin besar pula produk yang bisa dibikin.

C. Material plate :

Material yang dipergunakan untuk proses stamping ini umumnya adalah material yang mempunyai kekerasan yang rendah , bisa juga dikatakan material golongan low carbon steel, material golongan low carbon steel ini mudah ditebuk, ditekan, dan dibentuk. Contohnya yang banyak dipergunakan adalah : SS41P.

2.1.3. Produk produk yang biasa dibuat oleh proses stamping :

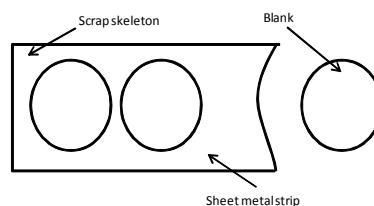
Produk-produk hasil proses stamping masih cukup luas dipergunakan di berbagai bidang industry di dunia dan suatu keuntungan dari produk tsb karena dapat di recycle dengan dilebur kembali. Berikut ini contoh-contoh produk hasil stamping :

1. Part part sepeda motor yang umumnya terbuat dari plate besi.
2. Part mobil : misalnya body mobil, pintu mobil dll.
3. Plate casing dari Compo, DVD dll.
4. Part mesin cuci.
5. Plate plate AC
6. dll hampir seluruh alat kebutuhan manusia salah satu partnya di buat oleh stamping.

2.1.4. Step by step proses stamping :

A. Blanking :

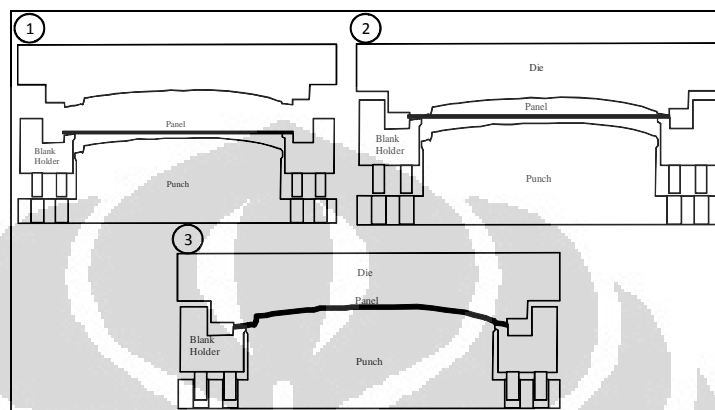
Proses pemotongan sheet metal untuk mendapatkan hasil potongan (blank), sisa potongan akan terbuang sebagai scrap atau dinamakan scrap skeleton.



Gambar 1 Produk Proses Blanking

B. Drawing :

Drawing adalah 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 atau tahanan untuk menahan aliran material yang terlalu cepat.



Gambar 2 Prinsip kerja proses drawing

Prinsip kerja proses drawing :

1. Panel diletakkan diatas blank holder dan posisi blank holder naik sebesar stroke yang diinginkan karena tertekan cushion dari bolster mesin press
2. Kemudian die turun dan memegang panel
3. Blank holder ikut turun karena tertekan die sampai menempel punch dan panel terbentuk

C. Proses Trimming :

Proses pemotongan bagian yang tidak diperlukan dari proses drawing untuk mendapatkan ukuran akhir. Proses trimming akan meninggalkan bagian yang tidak berguna atau scrap.

D. Proses piercing :

Proses pemotongan sheet metal untuk membuat lubang pada permukaan yang rata ataupun kontur. Lubang yang dihasilkan bias berbentuk bulat atau bentuk lainnya, tergantung pada bentuk punch. Pada proses piercing terdapat scrap.

E. Proses Re-striking :

Re-striking adalah proses lanjutan dari proses drawing untuk menyempurnakan bentuk part agar tercapai bentuk akhir yang diminta. Proses ini hanya dilakukan pada bagian tertentu.

F. Flanging :

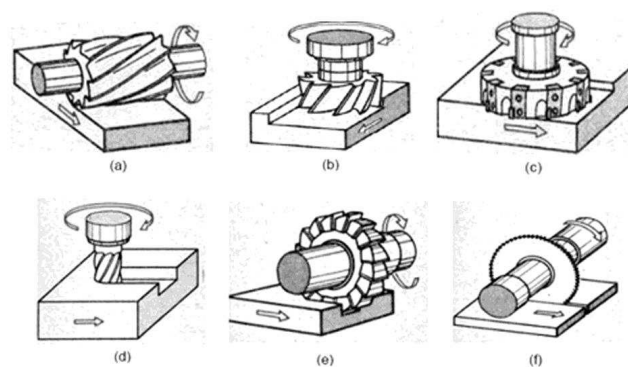
Flanging adalah proses membentuk bagian tepi part dari sheet metal yang tidak lurus. Tujuan proses flanging adalah untuk memperkuat bagian tepi dari part tersebut atau untuk factor keindahan.

G. Hemming dan Seaming :

Hemming adalah proses pelipatan atau (forming) pada bagian tepi sheet metal part dengan tujuan untuk memperkuat, menghilangkan bagian tajam, dan untuk estetika. Apabila proses ini untuk menyambung dua part agar menjadi satu, maka prosesnya disebut seaming.

2.2. Proses Pemesinan Frais (Milling)

Proses pemesinan frais (*milling*) adalah proses penyayatan benda kerja menggunakan alat potong dengan mata potong jamak yang berputar. Proses penyayatan dengan gigi potong yang banyak yang mengitari pisau ini bisa menghasilkan proses pemesinan lebih cepat. Permukaan yang disayat bisa berbentuk datar, menyudut, atau melengkung. Permukaan benda kerja bisa juga berbentuk kombinasi dari beberapa bentuk. Terjadinya pemotongan/penyayatan dengan kedalaman yang disesuaikan karena alat potong yang berputar dan gigi potong yang menyentuh permukaan benda kerja yang dijepit pada ragum meja mesin *milling* menghasilkan benda produksi sesuai dengan gambar kerja yang dikehendaki. Adapun prinsip-prinsip pemotongan pada proses frais dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3 Prinsip pemotongan pada mesin frais

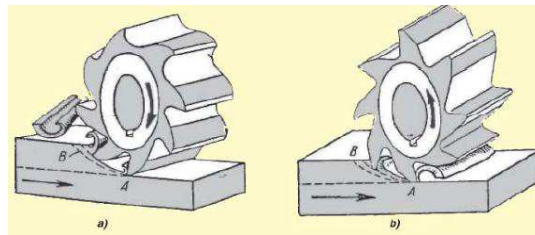
Gambar 3 (a) menunjukkan prinsip pemotongan/pengefraisian datar bagian permukaan (*face milling*) dimana *cutter* bergerak berputar memotong keatas (*cutting up*) sedang benda kerjanya bergerak lurus melawan *cutter* pada mesin frais horizontal. Demikian pula yang terjadi pada mesin frais tegak (Gambar 3 (b-d)), sedangkan gambar 3 (e) menunjukkan pemotongan bagian muka dan sisi (*side and face cutting*) dan gambar 3 (f) menunjukkan pemotongan pada mesin frais horisontal.

Dengan prinsip-prinsip pemotongan diatas, kita dapat melakukan pembuatan benda kerja dengan berbagai bentuk-bentuk diantaranya:

1. Bidang rata datar
2. Bidang rata miring menyudut
3. Bidang siku
4. Bidang sejajar
5. Alur lurus atau melingkar
6. Segi beraturan atau tidak beraturan
7. Pengeboran lubang atau memperbesar lubang dan lain-lain.

2.2.1. Metode Proses Frais

Metode proses frais ditentukan berdasarkan arah relatif gerak makan meja mesin frais terhadap putaran pisau. Metode proses frais ada dua yaitu frais naik dan frais turun seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4 a. Frais naik (*up milling*), dan b. Frais turun (*down milling*)

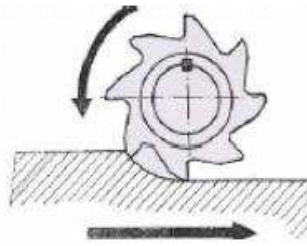
1. Frais naik (*up milling*), biasanya disebut frais konvensional. Gerak dari putaran pisau berlawanan arah terhadap gerak makan meja mesin frais. Sebagai contoh, pada proses frais naik apabila pisau berputar searah jarum jam, benda kerja disayat ke arah kanan. Penampang melintang bentuk beram (*chips*) untuk proses frais naik adalah seperti koma diawali dengan ketebalan minimal kemudian menebal. Proses frais ini sesuai untuk mesin frais konvensional/manual, karena pada mesin konvensional *backlash* ulir transportirnya relatif besar dan tidak dilengkapi *backlash compensation*.
2. Frais turun (*down milling*), dinamakan juga *climb milling*. Arah dari putaran pisau sama dengan arah gerak makan meja mesin frais. Sebagai contoh jika pisau berputar berlawanan arah jarum jam, benda kerja disayat ke kanan. Penampang melintang bentuk beram (*chips*) untuk proses frais naik adalah seperti koma diawali dengan ketebalan maksimal kemudian menipis. Proses frais ini sesuai untuk mesin frais CNC, karena pada mesin CNC gerakan meja dipandu oleh ulir dari bola baja, dan dilengkapi *backlash compensation*. Untuk mesin frais konvensional tidak direkomendasikan melaksanakan proses frais turun, karena meja mesin frais akan tertekan dan ditarik oleh pisau.

2.2.2. Metode Pemotongan Benda Kerja

Metode pemotongan pada frais dibagi menjadi tiga, antara lain; pemotongan searah jarum jam, pemotongan berlawanan arah jarum jam, dan netral.

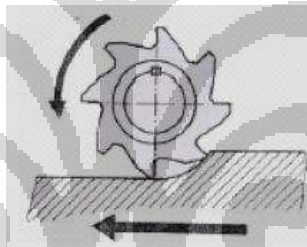
1. Pemotongan searah benda kerja, yang dimaksud pemotongan searah adalah pemotongan yang datangnya benda kerja searah dengan putaran sisi

potong *cutter*. Pada pemotongan ini hasilnya kurang baik karena meja (benda kerja) cenderung tertarik oleh *cutter*.



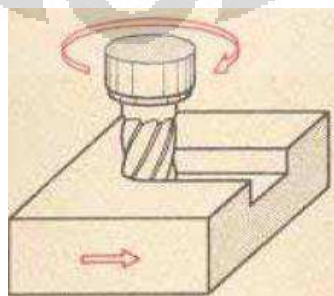
Gambar 5 Pemotongan searah benda kerja

2. Pemotongan berlawanan arah benda kerja, yang dimaksud pemotongan berlawanan arah adalah pemotongan yang datangnya benda kerja berlawanan dengan arah putaran sisi potong *cutter*. Pada pemotongan ini hasilnya dapat maksimal karena meja (benda kerja) tidak tertarik oleh *cutter*.



Gambar 6 Pemotongan berlawanan benda kerja

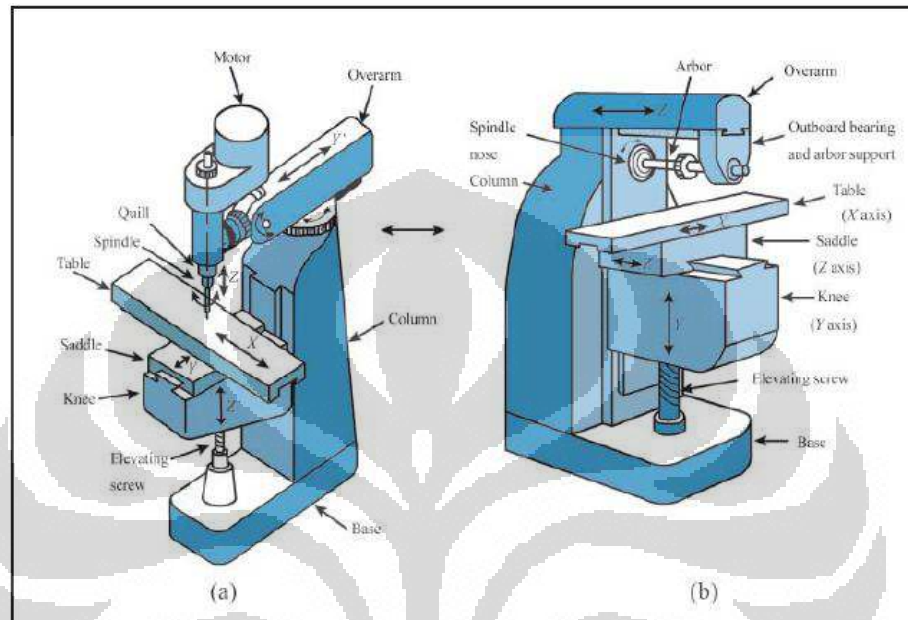
3. Pemotongan netral, pemotongan netral yaitu pemotongan yang terjadi apabila lebar benda yang disayat lebih kecil dari ukuran diameter pisau atau diameter pisau tidak lebih besar dari bidang yang disayat. Pemotongan jenis ini hanya berlaku untuk mesin frais *vertical*.



Gambar 7 Pemotongan netral

2.2.3. Mesin *Milling*

Mesin yang digunakan untuk memegang benda kerja, memutar pisau, dan penyayatannya disebut mesin *milling*. Ada dua jenis mesin *milling* sesuai dengan cara kerjanya, seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 8 Skematik dari gerakan-gerakan dan komponen-komponen dari (a) Mesin *milling* vertikal tipe *column and knee*, dan (b) Mesin *milling* horizontal tipe *column and knee*

Mesin *milling* ada yang dikendalikan secara konvensional dan ada yang dengan bantuan CNC. Mesin konvensional manual posisi spindle-nya ada dua macam yaitu horizontal dan vertikal. Mesin *milling* dengan kendali CNC hampir semuanya adalah mesin frais vertikal. Adapun mesin *milling* konvensional dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 9 Mesin *milling* konvensional

Mesin *milling* konvensional cara pengerjaannya dilakukan secara manual oleh operator. Sedangkan mesin *milling* cnc dikendalikan oleh komputer, sehingga semua gerakan yang berjalan sesuai dengan program yang diberikan, keuntungannya yaitu mesin mampu diperintah untuk melakukan pengerjaan secara mengulang gerakan yang sama secara terus menerus dengan tingkat ketelitian yang sama.

Prinsip kerja mesin *milling* CNC yaitu meja kerja bergerak melintang dan horizontal yang dinotasikan pada sumbu x dan y, sedangkan pisau/*cutter* berputar pada sumbu z. Adapun mesin *milling* CNC dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 10 Mesin *milling* CNC

2.2.4. Alat-alat Potong Mesin *Milling*

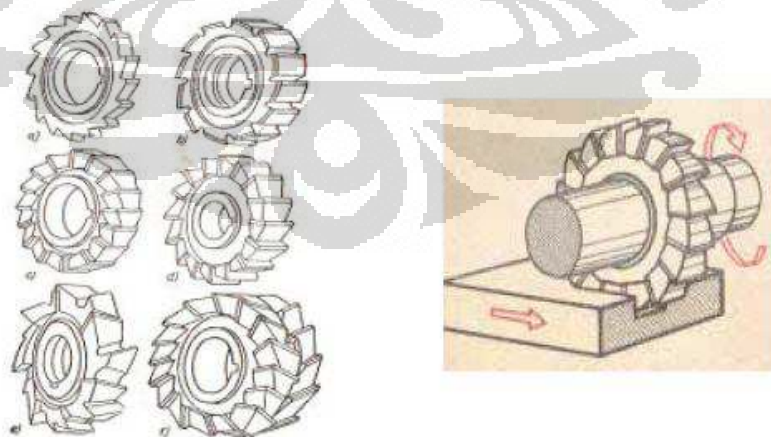
Alat potong mesin *milling* memiliki banyak sekali jenis dan bentuknya, baik pada mesin *milling* vertikal maupun horizontal. Pemilihan pisau berdasarkan pada bentuk benda kerja serta mudah atau kompleksnya benda kerja yang dibuat. Adapun jenis-jenis pisau frais, antara lain;

1. Pisau mantel (*helical milling cutter*), pisau jenis ini dipakai pada mesin frais horizontal. Biasanya digunakan untuk pemakanan permukaan kasar (*roughing*) dan lebar.



Gambar 11 *Cutter mantel*

2. Pisau alur (*slot milling cutter*), berfungsi untuk membuat alur pada bidang permukaan benda kerja. Jenis pisau ini ada beberapa macam yang penggunaannya disesuaikan dengan kebutuhan. Gambar 12 a dan b menunjukkan jenis pisau alur mata sayat satu sisi, gambar 12 c dan d menunjukkan pisau alur dua mata sayat yaitu muka dan sisi, gambar 12 e dan f menunjukkan pisau alur dua mata sayat yaitu muka dan sisi dengan mata sayat silang.



Gambar 12 Pisau alur dan penggunaannya

3. Pisau frais gigi (*gear cutter*), ini digunakan untuk membuat roda gigi sesuai jenis dan jumlah gigi yang diinginkan. Gambar dibawah ini menunjukkan salah satu jenis *gear cutter*.



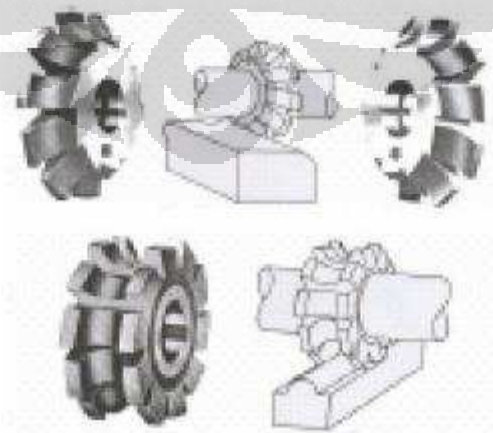
Gambar 13 *Gear cutter*

4. Pisau frais radius cekung (*convex cutter*), pisau jenis ini digunakan untuk membuat benda kerja yang bentuknya memiliki radius dalam (cekung).



Gambar 14 *Cutter radius cekung*

5. Pisau frais radius cembung (*concave cutter*), pisau jenis ini digunakan untuk membuat benda kerja yang bentuknya memiliki radius luar (cembung).



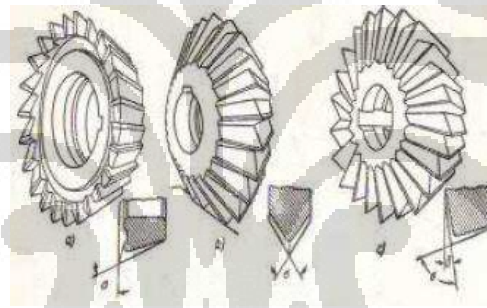
Gambar 15 *Cutter radius cembung*

6. Pisau frais alur T (*T slot cutter*), pisau jenis ini hanya digunakan untuk untuk membuat alur berbentuk “T” seperti halnya pada meja mesin frais.



Gambar 16 *Cutter* alur T

7. Pisau frais sudut, pisau jenis ini digunakan untuk membuat alur berbentuk sudut yang hasilnya sesuai dengan sudut pisau yang digunakan. Pisau jenis ini memiliki sudut-sudut yang berbeda diantaranya: 30° , 45° , 50° , 60° , 70° dan 80° . Gambar 17 a menunjukkan pisau satu sudut 60° (angle cutter), Gambar 17 b menunjukkan pisau dua sudut $45^\circ \times 45^\circ$ (double angle cutter), Gambar 17 c menunjukkan pisau dua sudut $30^\circ \times 60^\circ$ (double angle cutter).



Gambar 17 Pisau sudut dan penggunaannya

8. Pisau jari (*end mill cutter*), ukuran pisau jenis ini sangat bervariasi mulai ukuran kecil sampai ukuran besar. Cutter ini biasanya dipakai untuk membuat alur pada bidang datar atau pasak dan jenis pisau ini pada umumnya dipasang pada posisi tegak (mesin frais *vertical*), namun pada kondisi tertentu dapat juga dipasang posisi *horizontal* yaitu langsung dipasang pada spindle mesin frais.



Gambar 18 *Cutter Endmill*

9. Pisau frais muka dan sisi (*shell endmill cutter*), jenis pisau ini memiliki mata sayat dimuka dan disisi, dapat digunakan untuk mengefrais bidang rata dan bertingkat. Gambar 19 menunjukkan pisau frais muka dan sisi.



Gambar 19 *Shell endmill cutter*

10. Pisau frais pengasaran (*heavy duty endmill cutter*), pisau jenis ini mempunyai satu ciri khas yang berbeda dengan *cutter* yang lain. Pada sisinya berbentuk alur helik yang dapat digunakan untuk menyayat benda kerja dari sisi potong *cutter*, sehingga *cutter* ini mampu melakukan penyayatan yang cukup besar



Gambar 20 Pisau pengasaran

11. Pisau frais gergaji (*slitting saw*), pisau frais jenis ini digunakan untuk memotong atau membelah benda kerja. Selain itu juga dapat digunakan untuk membuat alur yang memiliki ukuran lebar kecil.



Gambar 21 Pisau frais gergaji

2.3. Kompleksitas Sistem Manufaktur

Sistem manufaktur telah berevolusi dari waktu ke waktu dalam respon terhadap perubahan permintaan pasar, penekanan pada tujuan dan nilai (misalnya biaya, mutu, agilitas) dan kemajuan teknologi dalam produk, proses dan sistem. Hal ini melahirkan berbagai jenis sistem manufaktur dari industri untuk pekerjaan massal produksi manufaktur yang fleksibel dan berpotensi pada rekonfigurasi sistem manufaktur.

Kompleksitas sulit untuk didefinisikan. Simon (1962) mendefinisikan kompleksitas dengan mengatakan bahwa sistem yang kompleks memiliki jumlah elemen yang banyak dimana masing-masing elemen memiliki hubungan tidak "sederhana".

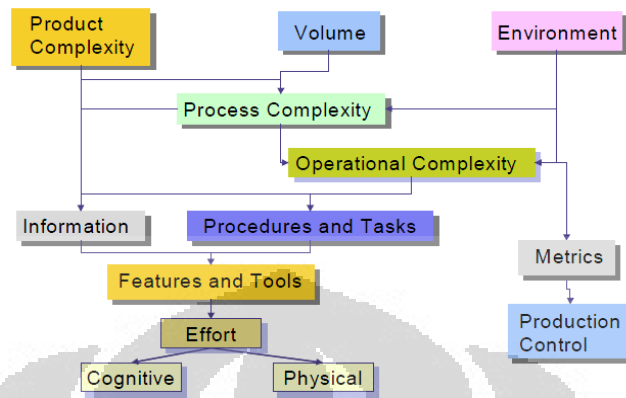
Sistem manufaktur memiliki sejumlah elemen dan terjadi keterkaitan/hubungan diantara elemen tersebut dimana hubungan tersebut bukan hubungan yang sederhana. Sebagai contoh, ketika melihat satu departemen relatif terhadap beban kerja (antrian pekerjaan), hal itu mungkin tampak sederhana. Namun, karena departemen tersebut berada dalam suatu sistem manufaktur yang saling terkait dan mempunyai kemungkinan rute pekerjaan yang berbeda-beda, sehingga secara keseluruhan sistem manufaktur menjadi sangat kompleks.

Sistem manufaktur yang kompleks karena terdapat sejumlah elemen dan subsistem dari sistem manufaktur dan adanya interaksi masing-masing elemen. selain itu, para peneliti menyepakati bahwa kompleksitas sistem manufaktur sangat terkait dengan variasi informasi yang akan diproses. Hal ini timbul disebabkan oleh berbagai ketidakpastian yang tampak akibat keragaman dan kurangnya informasi. Adanya variabilitas yaitu perilaku elemen dari suatu sistem sehingga menimbulkan ketidakpastian informasi sebuah sistem manufaktur, sangat mempengaruhi tingkat kompleksitas sistem.

2.3.1. Model Kompleksitas Manufaktur

Dalam industri manufaktur, terdapat tiga jenis kompleksitas[1][2] yang harus diperhatikan dalam lingkungan manufaktur yaitu kompleksitas produk, kompleksitas proses dan kompleksitas operasional, dan masing-masing

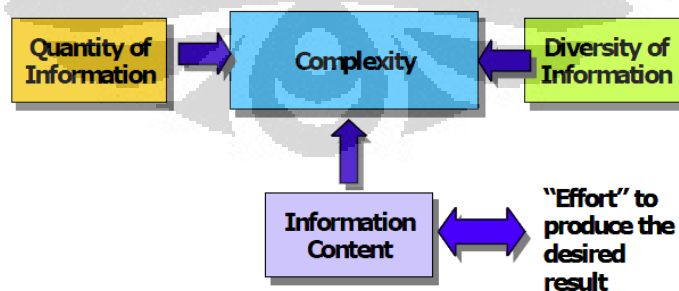
kompleksitas saling mendukung satu sama lainnya seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 22



Gambar 22 Bagan Aliran Kompleksitas Manufaktur
(Sumber : ElMaraghy, Urbanic., 2003)

Kompleksitas produk merupakan fungsi dari material, desain, spesifikasi dan komponen dari suatu produk[1][2]. Kompleksitas proses adalah fungsi dari produk, jumlah yang dibutuhkan, dan lingkungan kerja[1][2]. Kompleksitas operasional adalah fungsi dari produk, proses dan produksi logistik[1][2].

Elemen dasar dari kompleksitas terdiri dari tiga faktor utama yaitu jumlah informasi, keragaman informasi dan konten informasi, seperti yang digambarkan dalam gambar 23 [1]. Kompleksitas terkait dengan pemahaman dan pengelolaan volume atau kuantitas informasi, dan keragaman informasi.

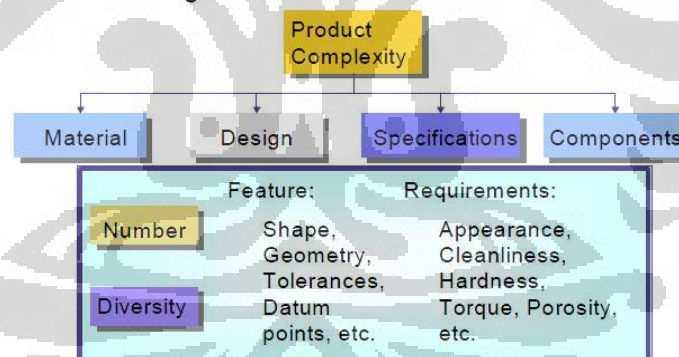


Gambar 23 Elemen Dasar Kompleksitas Manufaktur
(Sumber : ElMaraghy, Urbanic., 2003)

2.3.2. Kompleksitas Produk

Kompleksitas produk memiliki pengaruh langsung terhadap kompleksitas proses, tetapi dibutuhkan pemahaman sifat kompleksitas untuk dapat menentukan karakteristik, yang efektif dan ukuran yang relatif. Kompleksitas semakin meningkat dengan meningkatnya jumlah dan keanekaragaman fitur yang akan diproduksi, dikumpulkan dan diuji dan semakin meningkatnya jumlah, jenis, dan tugas dan upaya untuk menghasilkan fitur.

Kompleksitas produk diwakili oleh indeks kompleksitas produk (CI_{produk}) dan merupakan fungsi informasi / entropy produk, (H_{produk}), rasio keragaman produk ($D_{Rproduk}$) dan koefisien relatif kompleksitas produk ($c_{j, produk}$). 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. Faktor faktor yang terkait dengan analisis kompleksitas, seperti bahan, toleransi, topologi, harus didefinisikan. Contoh kompleksitas produk diilustrasikan dalam Gambar 24



Gambar 24 Elemen Kompleksitas Produk
(Sumber : ElMaraghy, Urbanic., 2003)

2.3.3. Pengukuran Indeks Kompleksitas Produk

Indeks kompleksitas produk (CI_{produk})[1] dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini

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

$$CI_{produk} = \left(\frac{n}{N} + c_{j, produk}\right) * \log_2(N + 1)$$

Dimana,

CI_{produk} = Indeks kompleksitas produk

$D_{Rproduk}$ = Rasio variasi informasi

$C_{j,produk}$ = Koefisien kompleksitas relative

H_{produk} = Faktor kompresi / entropi dari informasi

Rasio variasi informasi ($D_{Rproduk}$), Koefisien kompleksitas relatif ($C_{j,produk}$), Entropi dari informasi (H_{produk}), masing-masing didefinisikan sebagai :

$$D_{Rproduk} = \frac{n}{N}$$

dimana :

n = Jumlah informasi yang dipandang unik

N = Total jumlah informasi

$$H = \log_2(N + 1)$$

dimana :

N = Total jumlah informasi

$$C_{j,produk} = \sum_{f=1}^F x_f * C_{f,feature}$$

dimana :

C_f = Koefisien kompleksitas *feature* relatif

x_f = Persentase bentuk kesekian xth 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

$$F_{CF} = \frac{\sum_{j=1}^J faktor_level_j}{j}$$

dimana :

j = Jumlah aspek yang mempengaruhi *feature*
faktor_level_j = Faktor untuk kategori ke j yang sekian (jth)

$$S_{CF} = \frac{\sum_{k=1}^K faktor_level_k}{k}$$

dimana :

k = Jumlah aspek yang mempengaruhi spesifikasi
faktor_level_k = Faktor untuk kategori ke k yang sekian (kth)

Metodologi untuk menghasilkan indeks kompleksitas produk (CI_{produk})[1] dikembangkan di bawah ini yaitu :

1. Menentukan sistem peringkat multi-tingkat untuk menilai bobot dari komponen kompleksitas suatu produk
2. Menentukan total jumlah (N) dari seluruh informasi yang berhubungan dengan fitur secara individu, komponen, sub-komponen, dan lain-lain kemudian hitung entropy informasi
3. Menentukan jumlah informasi yang dianggap unik (n) dari setiap variasi *feature* dari langkah 2, kemudian hitung rasio variasi produk ($D_{Rproduk}$)
4. Menetapkan jumlah dan jenis aspek yang mempengaruhi *feature* (j) dan spesifikasi (k), yang diasosiasikan dengan proses manufaktur
5. Membuat matrik $F \times j$ untuk *feature* dan $F \times k$ untuk spesifikasi lalu nilai tingkat kompleksitasnya pada setiap bagian
6. Hitung koefisien kompleksitas produk ($c_{j, produk}$)
7. Hitung CI_{produk} .

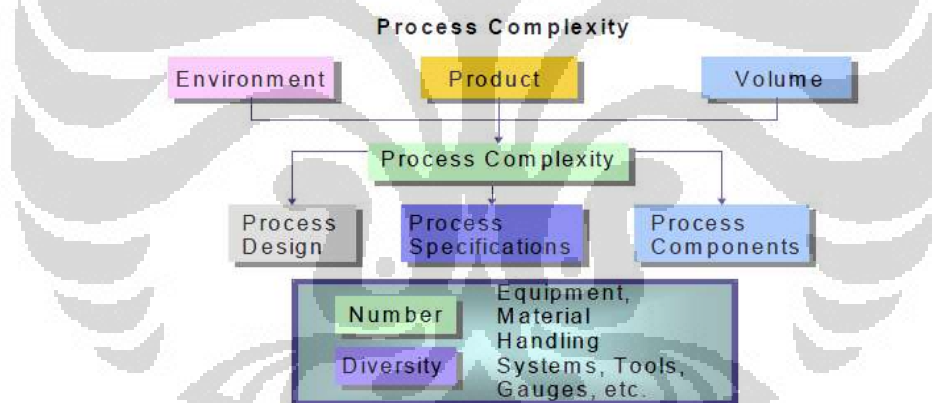
2.3.4. Kompleksitas proses

Kompleksitas proses, yang diilustrasikan pada Gambar 6, adalah fungsi dari desain produk, persyaratan volume dan horison perencanaan, dan lingkungan kerja. Konstituen utama dari proses manufaktur harus diidentifikasi untuk

menghasilkan kompleksitas proses Indeks PI, untuk masing-masing konstituen adalah faktor dari proses kompleksitas.

Dalam lingkungan permesinan, berikut adalah sampel dari proses konstituen kompleksitas: dalam proses fitur dan langkah; jenis alat, pemegang alat, spindle, perlengkapan atau set-up, orientasi produk; jenis mesin; jenis alat pengukur untuk mengukur fitur individu dan fitur hubungan; penanganan material, dan sebagainya.

Metodologi ini didirikan untuk menghasilkan produk ukuran kompleksitas yang dapat diperpanjang untuk merangkul banyak aspek kompleksitas proses, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2. Prosedur untuk menghitung kompleksitas relatif untuk produk ini kemudian digunakan untuk menghitung kompleksitas relatif konstituen proses Xth individu.



Gambar 25 kompleksitas proses

Indeks dari kompleksitas proses adalah jumlah dari nilai kompleksitas constituent individu dan kompleksitas produk dan dipercepat sebagai

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

dimana xth indek kompleksitas proses individu pc_x adalah :

$$pc_x = (D_{R_{proses,x}} + c_{proses,x}) * H_{proses,x}$$

	Total	Distinct	$D_{\text{reconstituent}}$	
Fixtures				Physical Process Elements
Tools				
Gauges				
Machines				
In-process Features				Produced Geometry
In-process Specifications				
Product Features	Product Complexity			
Product Specifications				

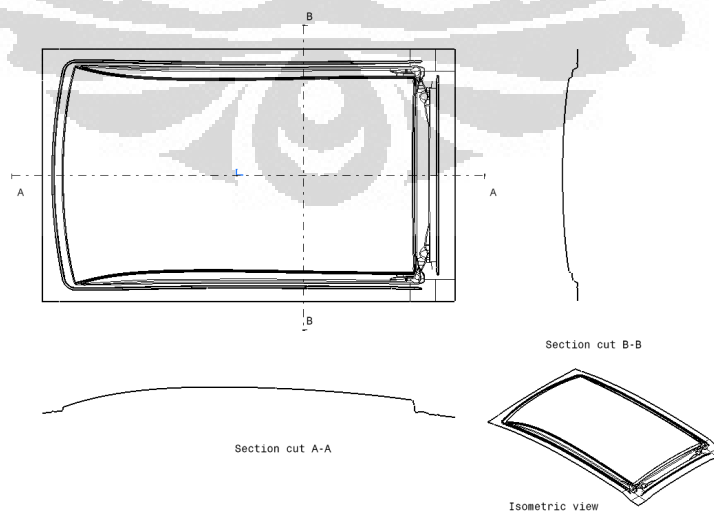
Tabel 1 Hubungan proses factor

Tindakan kompleksitas sangat kaya informasi. sebagai DR proses, x dan C proses, $x \rightarrow 1$ dan H proses, $x \rightarrow \sim$ untuk faktor apapun, dan dengan meningkatnya PI , kesulitan untuk mengatur bahwa faktor atau proses (seperti kemampuan untuk melatih, memecahkan masalah, dan melakukan perawatan) juga meningkat. Hal ini benar jika desain yang unik, yang belum terbukti, atau non-standar yang digunakan untuk berbagai unsur, yang khas ketika meluncurkan produk baru dan proses.

2.4. Deskripsi Produk

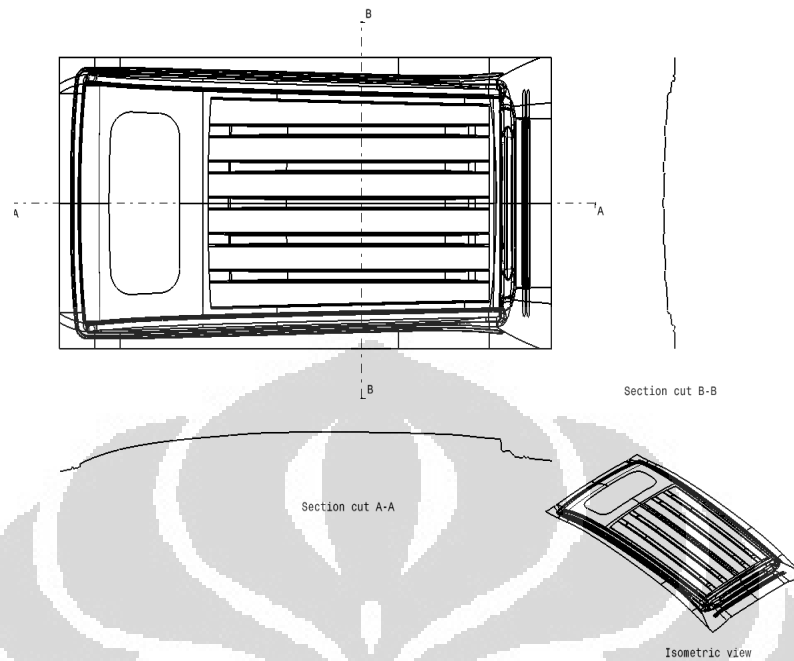
Disini Peneliti ingin mencari tahu pengaruh perubahan desain pada nilai kompleksitas dies panel roof, untuk perubahan desainnya sendiri adalah sebagai berikut :

Produk pertama (Belum ada penambahan fitur)



Gambar 26 Panel roof pertama (belum ada penambahan fitur)

Produk kedua (Setelah ada penambahan fitur)



Gambar 27 Panel roof kedua

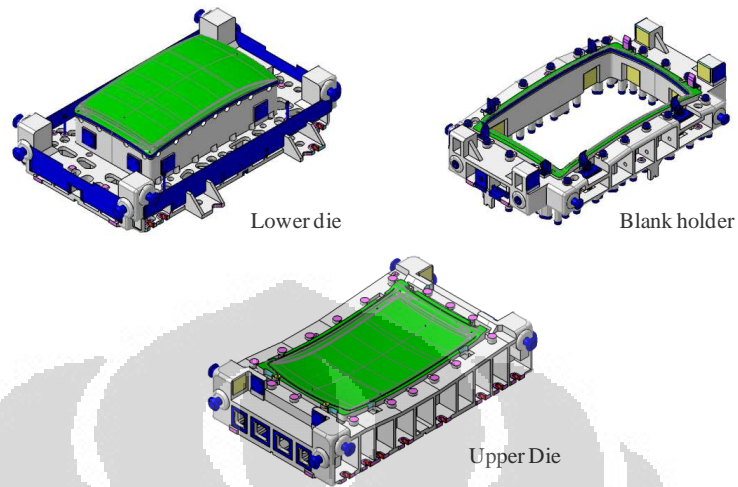
Produk Dies yang diambil sebagai obyek penelitian adalah Dies Drawing dari panel roof. Dies adalah suatu alat untuk membentuk panel dengan bentuk yang diinginkan dengan menggunakan mesin press. Produk-produk yang dihasilkan dies berupa alat-alat otomotif maupun alat-alat elektronik yang berbahan dasar sheet metal atau plat-plat tipis.

Dalam proses pembentukan tersebut jumlah dies yang digunakan bermacam-macam tergantung bentuk panel yang diinginkan. Untuk pembentukan panel roof sendiri ada 3 set dies yaitu Drawing untuk proses pembentukannya, Trimming and restrict untuk memotong bagian samping dan depan serta pembentukan bagian belakang, dan yang terakhir Cam flanging untuk membentuk bagian depan dan samping.

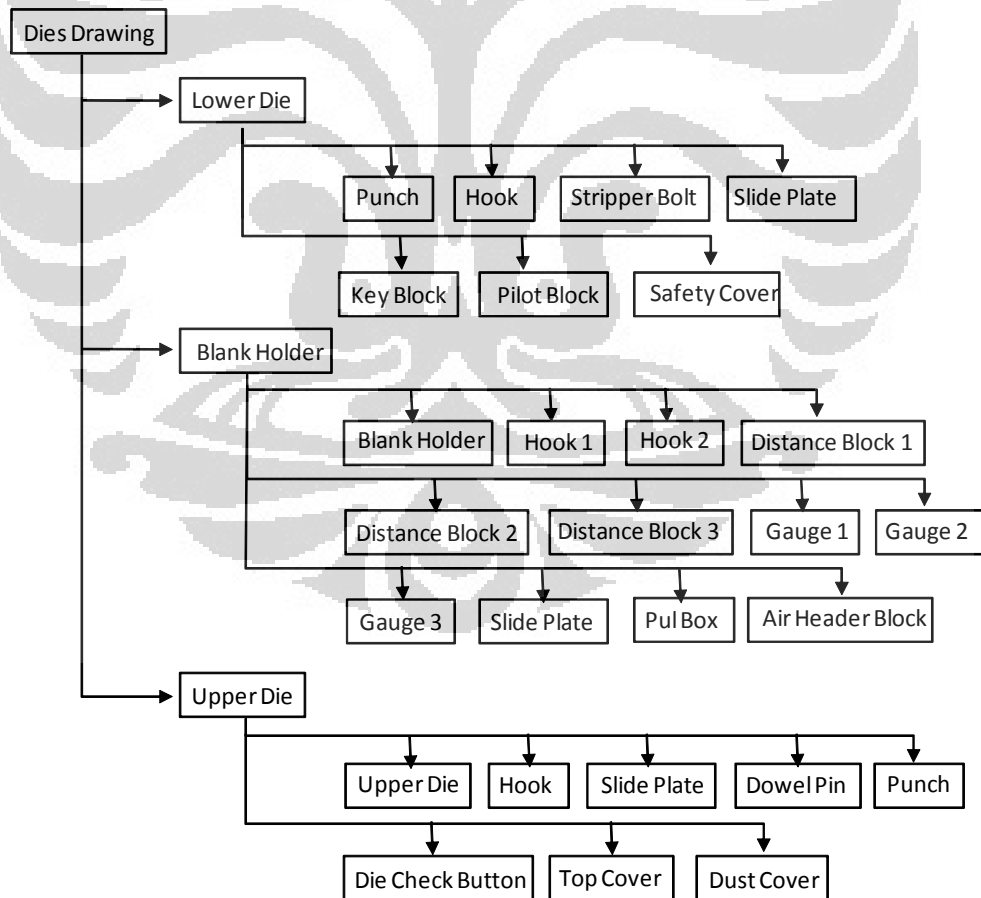
2.4.1. Dies Drawing untuk Panel roof

Seperti yang dijelaskan diawal proses Drawing adalah 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 atau tahanan untuk menahan aliran material yang terlalu cepat. Dan berikut ini adalah gambar bagian-bagian dari Dies drawing untuk Panel roof.

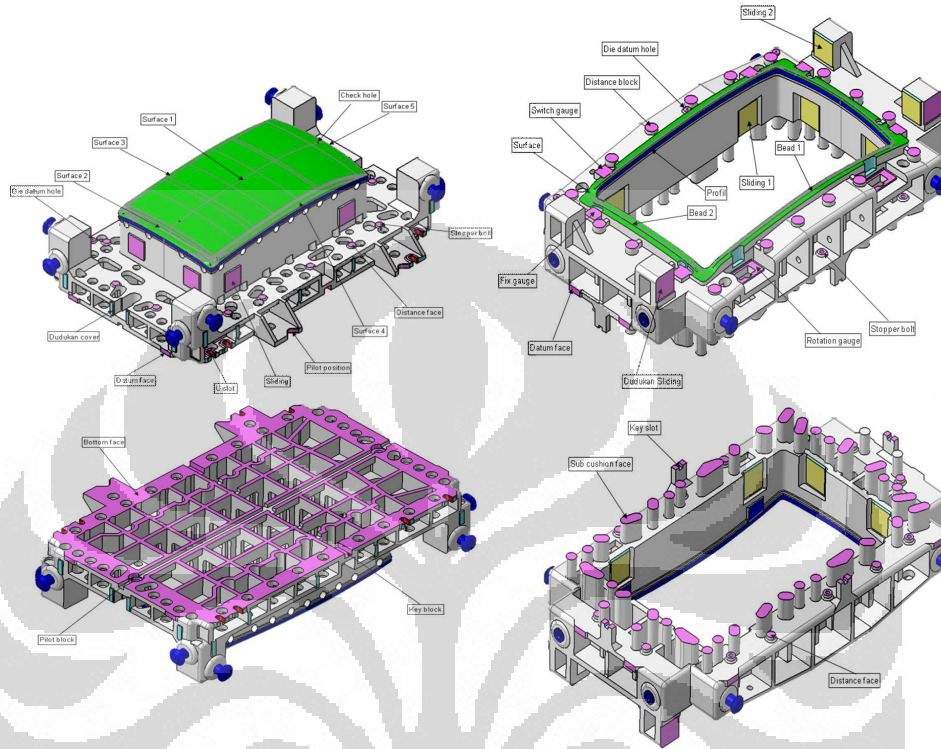


Gambar 28 Bagian-bagian dies drawing



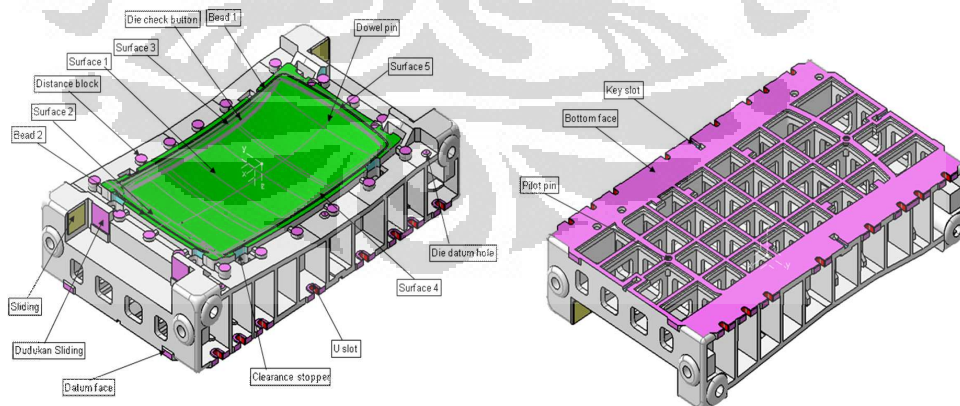
Gambar 29 Nama-nama komponen dalam Dies drawing

Dalam makalah ini penulis ingin menganalisa dies drawing untuk panel roof, dies ini terdiri dari 3 bagian utama dan beberapa komponen pendukung. 3 bagian utama dari dies drawing adalah : Punch, Blank holder , dan Upper die.



Gambar 30 Punch

Gambar 31 Blank holder



Gambar 32 Gambar Upper die

Punch adalah bagian dari lower die yang akan berfungsi sebagai bagian pembentukan, Blank holder adalah bagian yang berfungsi sebagai pemegang panel, sedangkan Upper die merupakan bagian pendorong panel sehingga produk terbentuk sesuai dengan bentuk yang diinginkan.

Tahapan-tahapan pembuatan Punch, Blank holder dan Upper die :

A. Pattern

Pattern adalah bentuk konstruksi dies dengan material styrofoam yang nantinya akan dilelehkan dengan cairan besi sehingga terbentuk dies yang sebenarnya.

B. Casting

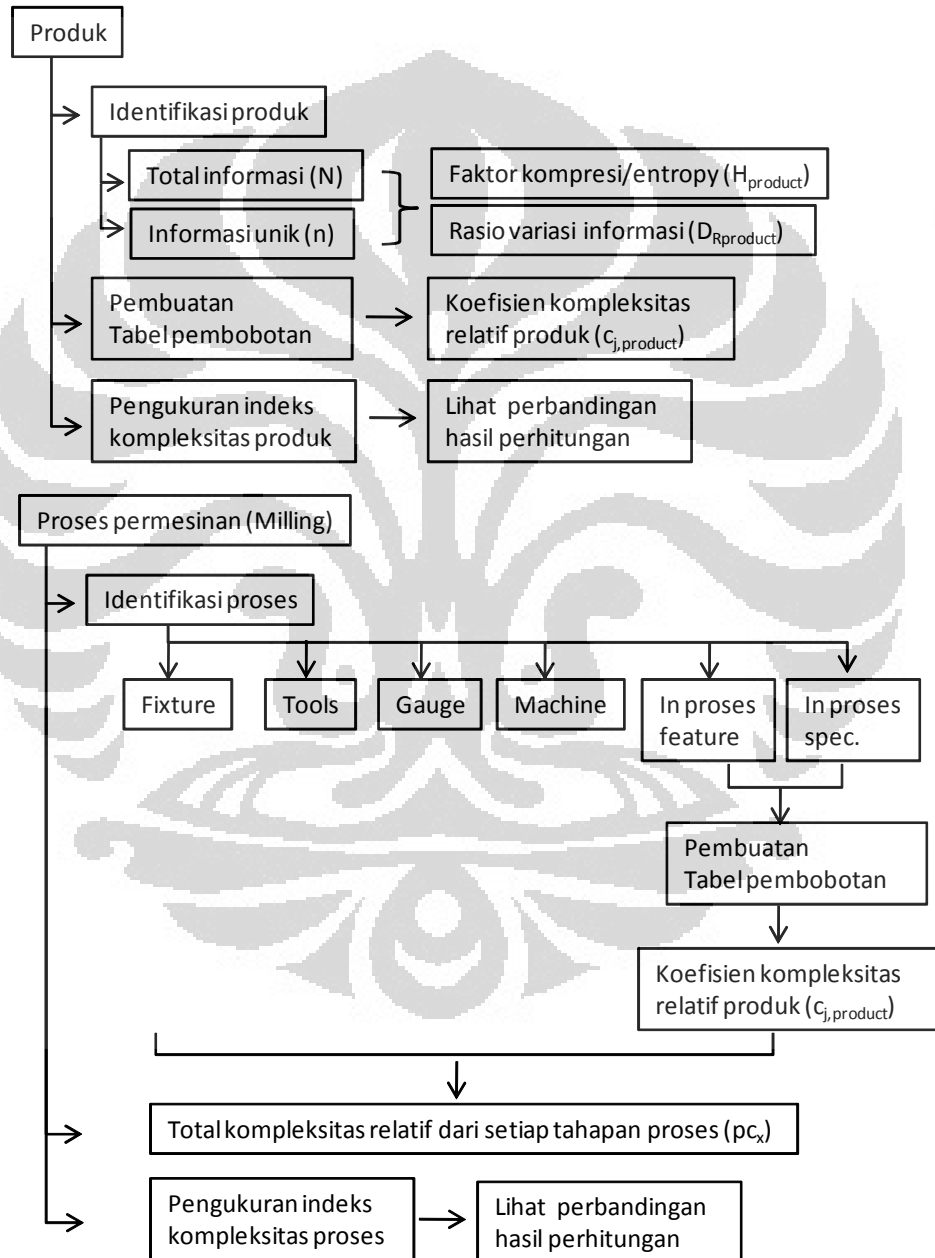
Casting adalah proses pengecoran logam. Dalam pembuatan Dies ini menggunakan proses sand casting atau hasil dari pattern tersebut di coating kemudian dimasukkan ke dalam rangka cetak kemudian di dalam rangka cetak (disekeliling pattern) tersebut disemprot pasir sampai penuh. Kemudian dimasukkan ke dalam tungku pengecoran dan dituang cairan besi panas (sesuai material casting yang diinginkan) sehingga pattern tersebut melebur karena terkena cairan besi panas dan semua cairan tersebut memenuhi pattern, sehingga styrofoam berubah jadi besi casting.

C. Machining

Setelah hasil casting jadi, permukaan yang butuh kehalusan akan dimasing lagi. Untuk menghasilkan ukuran dan kehalusan yang diinginkan. Dan selanjutnya bagian permukaan yang berfungsi sebagai bagian pembentukan panel akan di beri perlakuan khusus seperti heat treatment, coating atau Hard chrome, hal ini dilakukan untuk menjaga permukaan pembentukan tersebut supaya tidak aus karena tergesek aliran material waktu dilakukan pembentukan.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Rancangan Penelitian pada penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir di bawah ini :



Gambar 33 Diagram alir metode penelitian

3.1. Kompleksitas Produk

3.1.1. Identifikasi Produk

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

Disini Peneliti juga melakukan study literatur untuk menentukan variabel-variabel yang mempengaruhi kompleksitas produk dari *dies*. Dari *study literature* tersebut didapat bahwa variabel-variabel yang mempengaruhi kompleksitas adalah:

1. *Shape* meliputi bentuk umum dari suatu produk seperti kubus, silinder, prisma maupun bentuk yang tidak beraturan.
2. Geometri meliputi dimensi dari masing-masing feature yang ada pada dies tersebut.
3. Toleransi merupakan kemencengan ukuran yang masih diizinkan untuk memproduksi suatu produk tersebut.
4. *General Surface finish* merupakan kondisi permukaan suatu produk setelah produk tersebut diproduksi yang meliputi kekasaran hasil permukaan dan kekerasannya.

3.1.2. Pembuatan Tabel Pembobotan Tingkat Kompleksitas Produk

Pembuatan tabel pembobotan tingkat kompleksitas produk bertujuan untuk memudahkan peneliti untuk menilai atau memberi skor untuk masing-masing variabel kompleksitas produk. Hasil dari scoring tersebut digunakan untuk menghitung koefisien kompleksitas relatif ($c_{j,produk}$).

Pembobotan dilakukan dengan melakukan observasi langsung ke industri pembuatan dies. Adapun langkah-langkah untuk membuat pembobotan tersebut adalah:

1. Melakukan identifikasi produk-produk.
2. Melakukan penilaian terhadap produk-produk dies berdasarkan aspek-aspek dari variabel kompleksitas produk.

3. Membuat *range* dari hasil penilaian mulai nilai yang terendah sampai nilai yang tertinggi tiap-tiap variabel kompleksitas produk
4. Dari hasil range tersebut akan diverifikasi oleh beberapa tenaga ahli yang berkompoten (*expert*) untuk memberi pembobotan.
5. Nilai pembobotan yang diinginkan adalah rendah dengan nilai 0, menengah dengan nilai 0,5 dan tinggi dengan nilai 1
6. Hasil verifikasi tersebut, diolah dan dianalisis untuk mendapatkan pembobotan yang diinginkan
7. Hasil dari pembobotan dibuat dalam sebuah tabel berdasarkan aspek dari variabel kompleksitas produk.

3.1.3. Pengukuran Indeks Kompleksitas Produk

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

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

3.2. Kompleksitas Proses Pemesinan

3.2.1. Identifikasi Proses

Disini Peneliti mengumpulkan data-data dari proses pemesinan dies 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 bias berfungsi sebagaimana mestinya.

Disini Peneliti juga melakukan study literatur untuk menentukan variabel-variabel yang mempengaruhi kompleksitas proses pemesinan dari *dies* tersebut. Dari *study literature* tersebut didapat bahwa variabel-variabel yang mempengaruhi kompleksitas adalah:

1. *Shape* meliputi bentuk umum dari suatu produk seperti kubus, silinder, prisma maupun bentuk yang tidak beraturan.
2. Geometri meliputi dimensi dari masing-masing feature yang ada pada dies tersebut.
3. Toleransi merupakan kemencengan ukuran yang masih diizinkan untuk memproduksi suatu produk tersebut.
4. *General Surface finish* merupakan kondisi permukaan suatu produk setelah produk tersebut diproduksi yang meliputi kekasaran hasil permukaan dan kekerasannya.

3.2.2. Pembuatan Tabel Pembobotan Tingkat Kompleksitas Proses Pemesinan

Sama seperti pada tabel pembuatan pembobotan tingkat kompleksitas produk pada kompleksitas proses juga dibuatkan tabel pembobotan yang bertujuan untuk memudahkan peneliti untuk menilai atau memberi skor untuk masing-masing variabel kompleksitas proses pemesinan. Hasil dari scoring tersebut

digunakan untuk menghitung koefisien kompleksitas relatif ($c_{proses,x}$). Langkah-langkah untuk membuat pembobotan sama seperti yang dilakukan pada kompleksitas produk.

3.2.3. Pengukuran Indeks Kompleksitas Proses Pemesinan

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

1. Tetapkan sistem perangkaan. Sistem perangkaan yang diambil seragam dengan yang diterapkan pada kompleksitas produk.
2. Tentukan total jumlah informasi yang berhubungan dengan proses pemesinan (N), yang berisikan keseluruhan informasi proses machining untuk pembuatan produk dies. selanjutnya hitung entropy (H).
3. Tentukan jumlah variasi informasi yang dipandang unik (n), kemudian hitung bobot rasio variasi informasi yang unik (D_R) terhadap total jumlah informasi (N)
4. Hitung indeks kompleksitas proses (PI_{proses}) dengan persamaan sebagai berikut:

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

dengan:

$$pc_x = (D_{R_{proses,x}} + c_{proses,x}) * H_{proses,x}$$

Dimana:

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

pc_x = kompleksitas per tahapan proses.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Kompleksitas Produk

4.1.1. Nilai Pembobotan Tingkat Kompleksitas Produk

Pembuatan nilai pembobotan tingkat kompleksitas produk bertujuan untuk memudahkan peneliti untuk menilai atau memberi skor untuk masing-masing variabel kompleksitas produk. Hasil dari scoring tersebut digunakan untuk menghitung koefisien kompleksitas relatif ($c_{j, \text{produk}}$).

Pengolahan data dilakukan dengan melihat hasil observasi dan hasil kuesioner penilaian tingkat kompleksitas produk. Dari hasil kuesioner dilihat kecenderungan 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 menunjukkan angka 1 berarti tingkat kesulitan variabel tersebut adalah tinggi. Jika hasil kuesioner pada salah satu variabel menunjukkan nilai 0,5 berarti tingkat kesulitan variabel tersebut adalah sedang. Jika hasil kuesioner pada salah satu variabel menunjukkan 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 dibawah ini.

Tabel 2 Nilai Pembobotan Tingkat Kompleksitas Produk Variabel Aspect

Jenis shape		
0	0.5	1
Silinder Kubus	Prisma segitiga Prisma segilima Prisma segienam Prisma segiempat tidak beraturan	Tidak beraturan Segi empat salah satu sisinya melengkung
Geometri		
Note : a = ukuran terkecil dalam feature tsb		
0	0.5	1
$a < 100$	$100 \leq a < 200$	$a \geq 200$
Toleransi		
0	0.5	1
Bagian yang tidak dimachining	Bagian yang hanya sbg clearance	Bagian yang butuh presisi

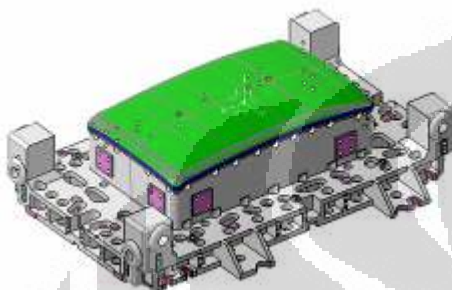
Tabel 3 Nilai Pembobotan Tingkat Kompleksitas Produk Variabel Spec.

Kekerasan		
0	0.5	1
Tidak diproses	Flame hardening	Heat threatment Hard chrome Coating
Kekasaran permukaan		
0	0.5	1
Dari hasil castingan	Dari proses milling Dari proses bubut Ulir standart	Dari proses gerinda Dipoles Dikikir Diampelas Ulir halus

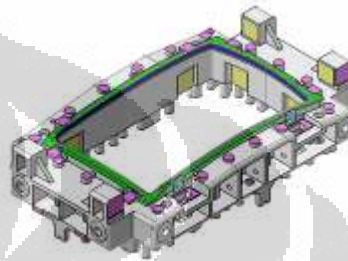
4.1.2. Perhitungan Indeks Kompleksitas Produk

Untuk melakukan pengukuran indeks kompleksitas produk, perlu dipilih produk-produk yang paling mempengaruhi dalam proses pembentukan *panel roof* tersebut. Adapun produk tersebut adalah :

1. Punch
2. Blank Holder
3. Upper Die



Gambar 34 Punch



Gambar 35 Blank Holder



Gambar 36 Upper Die

Hasil perhitungan indeks kompleksitas produk terhadap produk-produk diatas dapat dilihat pada tabel 4 dan tabel 5

1. Hasil perhitungan indeks kompleksitas produk pertama

Part Name	N	n	H_{produk}	$D_{R\text{produk}}$	$C_{j,\text{produk}}$	CI_{produk}
Punch	2695	551	11.4	0.2	0.192	4.47
Blank holder	1773	454	10.79	0.26	0.311	6.16
Upper die	2181	613	11.09	0.28	0.247	5.84

Tabel 4 Hasil perhitungan indeks kompleksitas produk pertama.

Dari tabel 4 dapat dilihat bahwa nilai indeks kompleksitas dies dipengaruhi oleh faktor kompresi/entropy informasi (H_{produk}), rasio variasi informasi ($D_{Rproduk}$) dan koefisien kompleksitas produk ($c_{j,produk}$). Faktor kompresi/entropy informasi dinilai dari besarnya jumlah informasi. Semakin besar jumlah informasi suatu produk, mengakibatkan semakin besar nilai faktor kompresi/entropy informasi yang dihasilkan.

Rasio variasi informasi dinilai dari besarnya jumlah informasi yang dianggap unik. Informasi yang dianggap unik merupakan ragam dari informasi suatu produk. Sebagai contoh suatu produk mempunyai 3 lubang (*hole*) dimana ketiga lubang tersebut mempunyai diameter yang sama. Maka bisa dikatakan jumlah informasinya adalah 3 sedangkan jumlah informasi yang dianggap unik adalah 1. Untuk mendapatkan nilai rasio variasi informasi yang tinggi, maka presentase jumlah informasi yang dianggap unik terhadap jumlah total informasi harus tinggi.

Sedangkan koefisien kompleksitas relatif ($c_{j,produk}$) merupakan nilai rata-rata yang terkait dengan kompleksitas relatif dari berbagai aspek spesifikasi dan fitur atau variabel kompleksitas produk. Nilai koefisien kompleksitas relatif didapatkan dari tingkat kompleksitas atau kesulitan dari setiap variabel kompleksitas produk. Semakin tinggi tingkat kompleksitas produk, maka semakin tinggi pula nilai koefisien kompleksitas relatif.

Berikut pembahasan tentang penilaian kompleksitas produk terhadap produk dari komponen utama *Dies Drawing* yang telah dilakukan penilaian.

1. Punch

Dari hasil penilaian 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. Yang sangat berpengaruh terhadap tingginya nilai indeks kompleksitas produk ini adalah besarnya jumlah total informasi (N) dan jumlah informasi yang dianggap unik (n) dari produk tersebut. Jumlah total informasi (N) yang didapat dari produk tersebut sebesar 2695 informasi dan jumlah informasi yang dianggap unik

(n) sebesar 551 informasi. Hasil perhitungan indeks kompleksitas produk dapat dilihat pada lampiran 8.

2. Blank Holder

Untuk Blank Holder dapat dilihat bahwa produk ini mempunyai nilai indeks kompleksitas produk (CI_{produk}) sebesar 6.16. Nilai ini didapat dari faktor kompresi/entropy informasi (H_{produk}) sebesar 10.79, rasio variasi informasi ($D_{Rproduk}$) sebesar 0.26 dan koefisien kompleksitas relatif ($c_{j,produk}$) sebesar 0.311. Jumlah total informasi (N) yang didapat dari produk tersebut sebesar 1773 informasi dan jumlah informasi yang dianggap unik (n) sebesar 454 informasi. Hasil perhitungan indeks kompleksitas produk dapat dilihat pada lampiran 8.

3. Upper Die

Nilai indeks kompleksitas produk (CI_{produk}) terhadap produk “Upper die” sebesar 5.84. Nilai ini didapat dari faktor kompresi/entropy informasi (H_{produk}) sebesar 11.09, rasio variasi informasi ($DRproduct$) sebesar 0.28 dan koefisien kompleksitas relatif sebesar ($c_{j,produk}$) sebesar 0.247. Jumlah total informasi (N) yang didapat dari produk tersebut sebesar 2181 informasi dan jumlah informasi yang dianggap unik (n) sebesar 613 informasi. Hasil perhitungan indeks kompleksitas produk dapat dilihat pada lampiran 8.

2. Hasil perhitungan indeks kompleksitas produk kedua

Part Name	N	n	H_{produk}	$D_{Rproduk}$	$c_{j,produk}$	CI_{produk}
Punch	2752	566	11.43	0.21	0.2	4.56
Blank holder	1773	454	10.79	0.26	0.311	6.16
Upper die	2238	628	11.13	0.28	0.259	5.98

Tabel 5 Hasil Perhitungan Indeks Kompleksitas Produk kedua

1. Punch

Dari hasil penilaian setelah ditambah fitur persegi panjang dengan permukaan melengkung dapat dilihat bahwa produk ini mempunyai nilai indeks kompleksitas produk (CI_{produk}) sebesar 4.56. Nilai ini lebih besar

dibanding sebelum ditambah fitur, hal ini dikarenakan jumlah total informasi (N) dan jumlah informasi yang dianggap unik (n) lebih besar yaitu 2752 dan 566 dan nilai ini mempengaruhi nilai dari faktor kompresi/entropy informasi (H_{produk}) sebesar 11.43 dan rasio variasi informasi ($D_{Rproduk}$) sebesar 0.21 dan koefisien kompleksitas relatif ($C_{j,produk}$) sebesar 0.200. Hasil perhitungan indeks kompleksitas produk dapat dilihat pada lampiran 9.

2. Blank Holder

Untuk Blank Holder karena tidak ada perubahan maka nilai indeks kompleksitas (CI_{produk}) produk tetap sama yaitu sebesar 6.16. Nilai ini didapat dari faktor kompresi/entropy informasi (H_{produk}) sebesar 10.79. rasio variasi informasi ($D_{Rproduk}$) sebesar 0.26. dan koefisien kompleksitas relatif ($C_{j,produk}$) sebesar 0.311. Jumlah total informasi (N) yang didapat dari produk tersebut sebesar 1773 informasi dan jumlah informasi yang dianggap unik (n) sebesar 454 informasi. Hasil perhitungan indeks kompleksitas produk dapat dilihat pada lampiran 9.

3. Upper Die

Untuk Upper Die setelah ditambah fitur persegi panjang dengan permukaan melengkung dapat dilihat bahwa produk ini mempunyai nilai indeks kompleksitas produk (CI_{produk}) sebesar 5.98. Nilai ini lebih besar dibanding sebelum ditambah fitur hal ini dikarenakan jumlah total informasi (N) dan jumlah informasi yang dianggap unik (n) lebih besar yaitu 2238 dan 628 dan nilai ini mempengaruhi nilai dari faktor kompresi/entropy informasi (H_{produk}) sebesar 11.13 dan rasio variasi informasi ($D_{Rproduk}$) sebesar 0.28 dan koefisien kompleksitas relatif ($C_{j,produk}$) sebesar 0.259. Hasil perhitungan indeks kompleksitas produk dapat dilihat pada lampiran 9.

4.2. Kompleksitas Proses Pemesinan

4.2.1. Nilai Pembobotan Tingkat Kompleksitas Proses Pemesinan

Berdasarkan hasil pengolahan data, maka dapat dibuat tabel nilai pembobotan tingkat kompleksitas proses pemesinan. Tabel nilai pembobotan tersebut dapat dilihat dibawah ini.

Shape		
0	0.5	1
Face cutting Side cutting Hole (center drill) Hole (drilling)	Pocket Slot Hole (reamer) Ulir (Taping)	Surface Profil
Geometri (Luas area (dlm mm²))		
0	0.5	1
$x < 100,000$	$100,000 \leq x < 1,000,000$	$x \geq 1,000,000$
Toleransi		
0	0.5	1
0 range > 0,5	$0.15 < \text{range} \leq 0.5$	range ≤ 0.15

Tabel 6 Nilai Pembobotan Tingkat Kompleksitas Proses Variabel Aspect

Kekasaran permukaan		
0	0.5	1
▽ Finishing 1) ukuran 8 - 25 Ra μm	▽▽ (Finishing 2) ukuran 1.6 - 8 Ra μm Ulir standart	▽▽▽ (Finishing 3) ukuran 0.025 - 1.6 Ra μm ▽▽▽▽ (Finishing 4) ukuran < 0.025 Ra μm Ulir halus
Kekerasan		
0	0.5	1
Tidak ada	Flame hardening	Hard chrome Heathreatment Coating

Tabel 7 Nilai Pembobotan Tingkat Kompleksitas Proses Variabel Spec.

4.2.2. Perhitungan Indeks Kompleksitas Proses Pemesinan

Hasil perhitungan indeks kompleksitas proses terhadap produk-produk diatas dapat dilihat pada tabel 8 dan table 9

1. Hasil perhitungan indeks kompleksitas proses (produk pertama)

Part Name	Total pc_x	$CI_{product}$	PI_{proses}
Punch	15.51	4.47	19.98
Blank holder	15.54	6.16	21.7
Upper die	16.67	5.84	22.51

Tabel 8 Hasil Perhitungan Indeks Kompleksitas Proses.

Penjelasan dari tabel 8

1. Punch

Untuk Perhitungan kompleksitas proses pemesinan dari Punch dapat dilihat pada tabel 10

	Total Informasi	Distinct	$H_{proses,x}$	$D_{R_{proses,x}}$	$c_{I,proses,x}$	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		3.17
Machines	2	2	1.58	1		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						15.51
CI_{produk}						4.47
PI_{proses}						19.98

Tabel 10 Hasil perhitungan indeks kompleksitas proses untuk punch.

Dari hasil penilaian dapat dilihat bahwa produk Punch ini mempunyai nilai indeks kompleksitas proses (PI_{proses}) sebesar 19.98. Nilai ini didapat dari total kompleksitas relatif dari setiap tahapan proses (pc_x) sebesar 15.51, dan kompleksitas produk (CI_{produk}) sebesar 4.47. Hasil perhitungan kompleksitas relatif proses terhadap feature dan terhadap spesifikasi ($c_{proses,x}$) dapat dilihat pada lampiran 10.

2. Blank Holder

Untuk Perhitungan kompleksitas proses pemesinan dari Blank holder dapat dilihat pada tabel 11

	Total	Distinct	$H_{proses,x}$	$D_{Rproses,x}$	$C_{J,proses,x}$	pc_x
Fixture	4	1	2	0.25		0.5
Tools	35	22	5.17	0.63		3.25
Gauge	7	7	3	1		3
Machines	2	2	1.58	1		1.58
In proses feature	713	74	9.48	0.1	0.12	2.13
In proses spec	261	28	8.03	0.11	0.53	5.08
Total pc_x						15.54
CI_{produk}						6.16
PI_{proses}						21.7

Tabel 11 Hasil perhitungan indeks kompleksitas proses untuk blank holder.

Dari hasil penilaian dapat dilihat bahwa produk Blank holder ini mempunyai nilai indeks kompleksitas proses (PI_{proses}) sebesar 21.70. Nilai ini didapat dari total kompleksitas relatif dari setiap tahapan proses (pc_x) sebesar 15.54, dan kompleksitas produk (CI_{produk}) sebesar 6.16. Hasil perhitungan kompleksitas relatif proses terhadap feature dan terhadap spesifikasi ($c_{proses,x}$) dapat dilihat pada lampiran 10.

3. Upper Die

Untuk Perhitungan kompleksitas proses pemesinan dari Upper die dapat dilihat pada tabel 12.

	Total Informasi	Distinct	$H_{proses,x}$	$D_{Rproses,x}$	$C_{J,proses,x}$	pc_x
Fixture	4	1	2	0.25		0.5
Tools	43	25	5.46	0.58		3.17
Gauge	8	8	3.17	1		3.17
Machines	2	2	1.58	1		1.58
In proses feature	219	56	7.78	0.26	0.18	3.36
In proses spec	93	20	6.55	0.22	0.53	4.89
Total pc_x						16.67
CI_{produk}						5.84
PI_{proses}						22.51

Tabel 12 Hasil perhitungan indeks kompleksitas proses untuk upper die.

Dari hasil penilaian dapat dilihat bahwa produk Upper die ini mempunyai nilai indeks kompleksitas proses (PI_{proses}) sebesar 22.51. Nilai ini didapat dari total kompleksitas relatif dari setiap tahapan proses (pc_x) sebesar 16.67, dan kompleksitas produk (CI_{produk}) sebesar 5.84. Hasil

perhitungan kompleksitas relatif proses terhadap feature dan terhadap spesifikasi ($c_{proses,x}$) dapat dilihat pada lampiran 10.

2. Hasil perhitungan indeks kompleksitas proses (produk kedua)

Part Name	Total pc_x	$CI_{product}$	PI_{proses}
Punch	15.86	4.56	20.42
Blank holder	15.54	6.16	21.7
Upper die	17.08	5.98	23.06

Tabel 9 Hasil Perhitungan Indeks Kompleksitas Proses.

Penjelasan dari table 9.

1. Punch

Untuk Perhitungan kompleksitas proses pemesanan dari Punch dapat dilihat pada tabel 13

	Total Informasi	Distinct	$H_{proses,x}$	$D_{Rproses,x}$	$CI_{proses,x}$	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		3.17
Machines	2	2	1.58	1		1.58
In proses feature	400	70	8.65	0.18	0.16	2.9
In proses spec	154	25	7.28	0.16	0.45	4.44
Total pc_x						15.86
CI_{produk}						4.56
PI_{proses}						20.42

Tabel 13 Hasil Perhitungan Indeks Kompleksitas Proses untuk Punch.

Dari hasil penilaian dapat dilihat bahwa produk Punch ini mempunyai nilai indeks kompleksitas proses (PI_{proses}) yang lebih besar dari sebelum ditambah fitur yaitu sebesar 20.42. Nilai ini didapat dari total kompleksitas relatif dari setiap tahapan proses (pc_x) sebesar 15.86, dan kompleksitas produk (CI_{produk}) sebesar 4.56. Hasil perhitungan kompleksitas relatif proses terhadap feature dan terhadap spesifikasi ($c_{proses,x}$) dapat dilihat pada lampiran 11.

2. Blank Holder

Untuk Perhitungan kompleksitas proses pemesanan dari Blank holder dapat dilihat pada tabel 14.

	Total	Distinct	$H_{proses,x}$	$D_{Rproses,x}$	$C_{J,proses,x}$	pc_x
Fixture	4	1	2	0.25		0.5
Tools	35	22	5.17	0.63		3.25
Gauge	7	7	3	1		3
Machines	2	2	1.58	1		1.58
In proses feature	713	74	9.48	0.1	0.12	2.13
In proses spec	261	28	8.03	0.11	0.53	5.08
Total pc_x						15.54
CI_{produk}						6.16
PI_{proses}						21.7

Tabel 14 Hasil perhitungan indeks kompleksitas proses blank holder.

Dari hasil penilaian dapat dilihat bahwa produk Blank holder ini mempunyai nilai indeks kompleksitas proses (PI_{proses}) yang sama dengan sebelum ditambah fitur yaitu sebesar 21.70. Nilai ini didapat dari total kompleksitas relatif dari setiap tahapan proses (pc_x) sebesar 15.54, dan kompleksitas produk (CI_{produk}) sebesar 6.16. Hasil perhitungan kompleksitas relatif proses terhadap feature dan terhadap spesifikasi ($C_{proses,x}$) dapat dilihat pada lampiran 11.

3. Upper Die

Untuk Perhitungan kompleksitas proses pemesinan dari Upper die dapat dilihat pada tabel 15.

	Total Informasi	Distinct	$H_{proses,x}$	$D_{Rproses,x}$	$C_{J,proses,x}$	pc_x
Fixture	4	1	2	0.25		0.5
Tools	43	25	5.46	0.58		3.17
Gauge	8	8	3.17	1		3.17
Machines	2	2	1.58	1		1.58
In proses feature	234	59	7.88	0.25	0.2	3.55
In proses spec	98	21	6.63	0.21	0.56	5.11
Total pc_x						17.08
CI_{produk}						5.98
PI_{proses}						23.06

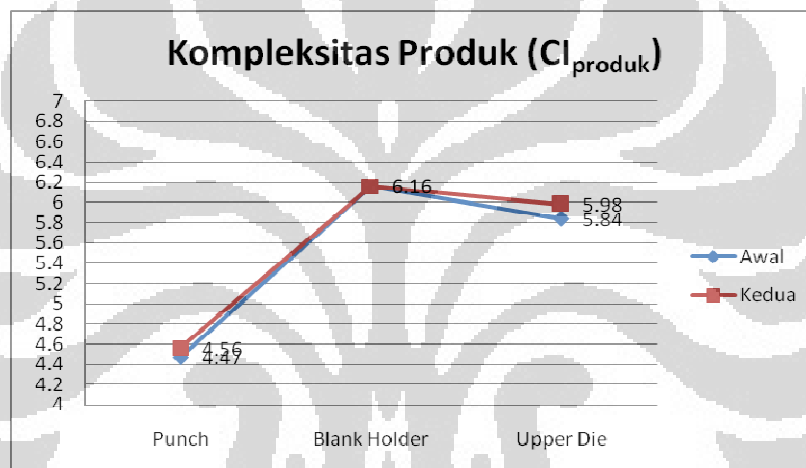
Tabel 15 Hasil perhitungan indeks kompleksitas proses untuk die.

Dari hasil penilaian dapat dilihat bahwa produk Die ini mempunyai nilai indeks kompleksitas proses (PI_{proses}) yang lebih besar dari sebelum ditambah fitur memanjang yaitu sebesar 23.06. Nilai ini didapat dari total kompleksitas relatif dari setiap tahapan proses (pc_x) sebesar 17.08, dan kompleksitas produk (CI_{produk}) sebesar 5.98. Hasil perhitungan kompleksitas relatif proses terhadap feature dan terhadap spesifikasi ($c_{proses,x}$) dapat dilihat pada lampiran 11.

4.3. Perbandingan hasil perhitungan

Hasil perhitungan menunjukkan indeks kompleksitas produk dan proses,

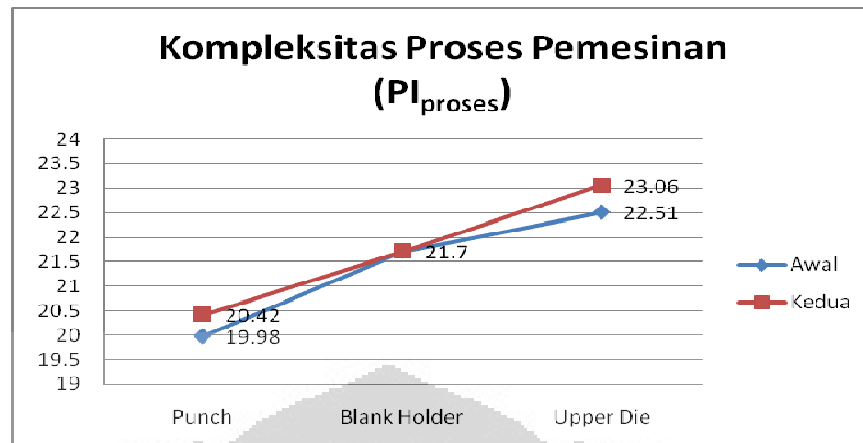
A. Kompleksitas Produk



Grafik 1 Perbandingan Nilai kompleksitas produk

1. Kompleksitas produk Punch dari 4.47 menjadi 4.56. Dalam hal ini berarti mengalami kenaikan sebesar 2%.
2. Untuk Kompleksitas produk blank holder tidak mengalami perubahan karena yang berubah hanya permukaan atas panel roof sedangkan dimensi panel roof tidak berubah.
3. Untuk Kompleksitas produk Upper die Juga mengalami perubahan dari 5.84 menjadi 5.98 hal ini berarti kompleksitas produk upper die mengalami kenaikan sebesar 2.34%.

B. Kompleksitas Proses Pemesinan



Grafik 2 Perbandingan Nilai kompleksitas proses pemesinan

1. Kompleksitas proses pemesinan dari Punch juga mengalami perubahan dari 19.98 menjadi 20.42. Menunjukkan kenaikan sebesar 2.15%.
2. Untuk Kompleksitas proses pemesinan dari blank holder tidak mengalami perubahan karena yang berubah hanya permukaan atas panel roof sedangkan dimensi panel roof tidak berubah.
3. Untuk Kompleksitas proses pemesinan dari Upper die Juga mengalami perubahan dari 22.51 menjadi 23.06 hal ini berarti kompleksitas proses upper die mengalami kenaikan sebesar 2.4%.

4.4. Analisa

Dari perhitungan diatas dibuat analisa sebagai berikut :

- A. Apabila tambahan fitur persegi panjang dengan permukaan melengkung ditambah jumlahnya maka persentase kenaikan kompleksitas adalah sebagai berikut :

Jumlah tonjolan	C_{produk}	%kenaikan C_{produk}	%kumulatif kenaikan C_{produk}	Total pc_x	%kenaikan Total pc_x	%kumulatif kenaikan Total pc_x
0	4.458	0.00%	0.00%	15.436	0.00%	0.00%
1	4.477	0.42%	0.42%	15.495	0.38%	0.38%
2	4.497	0.44%	0.87%	15.553	0.37%	0.75%
3	4.516	0.42%	1.28%	15.61	0.37%	1.11%
4	4.535	0.42%	1.70%	15.667	0.36%	1.47%
5	4.554	0.42%	2.11%	15.723	0.36%	1.83%
6	4.573	0.42%	2.51%	15.778	0.35%	2.17%
7	4.592	0.41%	2.92%	15.832	0.34%	2.50%
8	4.61	0.39%	3.30%	15.885	0.33%	2.83%
9	4.629	0.41%	3.69%	15.938	0.33%	3.15%
10	4.647	0.39%	4.07%	15.99	0.33%	3.46%
11	4.666	0.41%	4.46%	16.041	0.32%	3.77%
12	4.684	0.38%	4.82%	16.092	0.32%	4.08%
13	4.703	0.40%	5.21%	16.142	0.31%	4.37%
14	4.721	0.38%	5.57%	16.191	0.30%	4.66%
15	4.739	0.38%	5.93%	16.24	0.30%	4.95%
16	4.757	0.38%	6.29%	16.288	0.29%	5.23%
17	4.775	0.38%	6.64%	16.335	0.29%	5.50%
18	4.793	0.38%	6.99%	16.382	0.29%	5.77%
19	4.811	0.37%	7.34%	16.428	0.28%	6.04%
20	4.828	0.35%	7.66%	16.474	0.28%	6.30%

Tabel 16 persentase kenaikan kompleksitas dengan penambahan jumlah fitur

- B. Apabila tambahan fitur persegi panjang dengan permukaan melengkung ditambah jumlahnya dan geometri tonjolan diperkecil maka persentase kenaikan kompleksitas adalah sebagai berikut:

Jumlah tonjolan	C_{produk}	%kenaikan C_{produk}	%kumulatif kenaikan C_{produk}	Total pc_x	%kenaikan Total pc_x	%kumulatif kenaikan Total pc_x
0	4.458	0.00%	0.00%	15.436	0.00%	0.00%
1	4.475	0.38%	0.38%	15.484	0.31%	0.31%
2	4.492	0.38%	0.76%	15.531	0.30%	0.61%
3	4.509	0.38%	1.13%	15.578	0.30%	0.91%
4	4.526	0.38%	1.50%	15.624	0.29%	1.20%
5	4.543	0.37%	1.87%	15.669	0.29%	1.49%
6	4.56	0.37%	2.24%	15.714	0.29%	1.77%
7	4.576	0.35%	2.58%	15.758	0.28%	2.04%
8	4.593	0.37%	2.94%	15.802	0.28%	2.32%
9	4.609	0.35%	3.28%	15.845	0.27%	2.58%
10	4.626	0.37%	3.63%	15.887	0.26%	2.84%
11	4.642	0.34%	3.96%	15.929	0.26%	3.09%
12	4.658	0.34%	4.29%	15.97	0.26%	3.34%
13	4.674	0.34%	4.62%	16.011	0.26%	3.59%
14	4.69	0.34%	4.95%	16.051	0.25%	3.83%
15	4.706	0.34%	4.91%	16.091	0.25%	4.07%
16	4.722	0.34%	5.59%	16.13	0.24%	4.30%
17	4.738	0.34%	5.91%	16.169	0.24%	4.53%
18	4.754	0.34%	6.23%	16.207	0.23%	4.76%
19	4.77	0.34%	6.54%	16.245	0.23%	4.98%
20	4.786	0.33%	6.85%	16.282	0.23%	5.20%

Tabel 17 persentase kenaikan kompleksitas dengan penambahan jumlah fitur dan geometri fitur diperkecil

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa yang dilakukan pada Dies akibat perubahan produk panel roof terhadap indeks kompleksitas produk dan kompleksitas proses pemesinan pada dies tersebut adalah sebagai berikut:

1. Parameter parameter penting pembentuk indeks kompleksitas produk dan indeks kompleksitas pemesinan dies dilihat dari aspect fitur adalah shape, geometri dan toleransi, dan dilihat dari aspect specifications adalah kekerasan dan kekasaran permukaan.
2. Dengan penambahan 5 fitur tersebut untuk punch kompleksitas produk naik sebesar 2% dan kompleksitas proses pemesinan naik sebesar 2.15% dan untuk upper die kompleksitas produk naik sebesar 2.34% dan kompleksitas proses pemesinan naik sebesar 2.4%
3. Berdasarkan analisa yang dilakukan pada punch setiap penambahan 1 fitur tersebut CI_{produk} naik sebesar 0.42% dan $\sum pc_x$ naik sebesar 0.38%, dan untuk setiap kali jumlah fitur ditambah kenaikannya tidak konstan akan tetapi menurun. Dan dengan memperkecil geometri 1 fitur CI_{produk} turun sebesar 0.04% dan $\sum pc_x$ turun sebesar 0.07%.

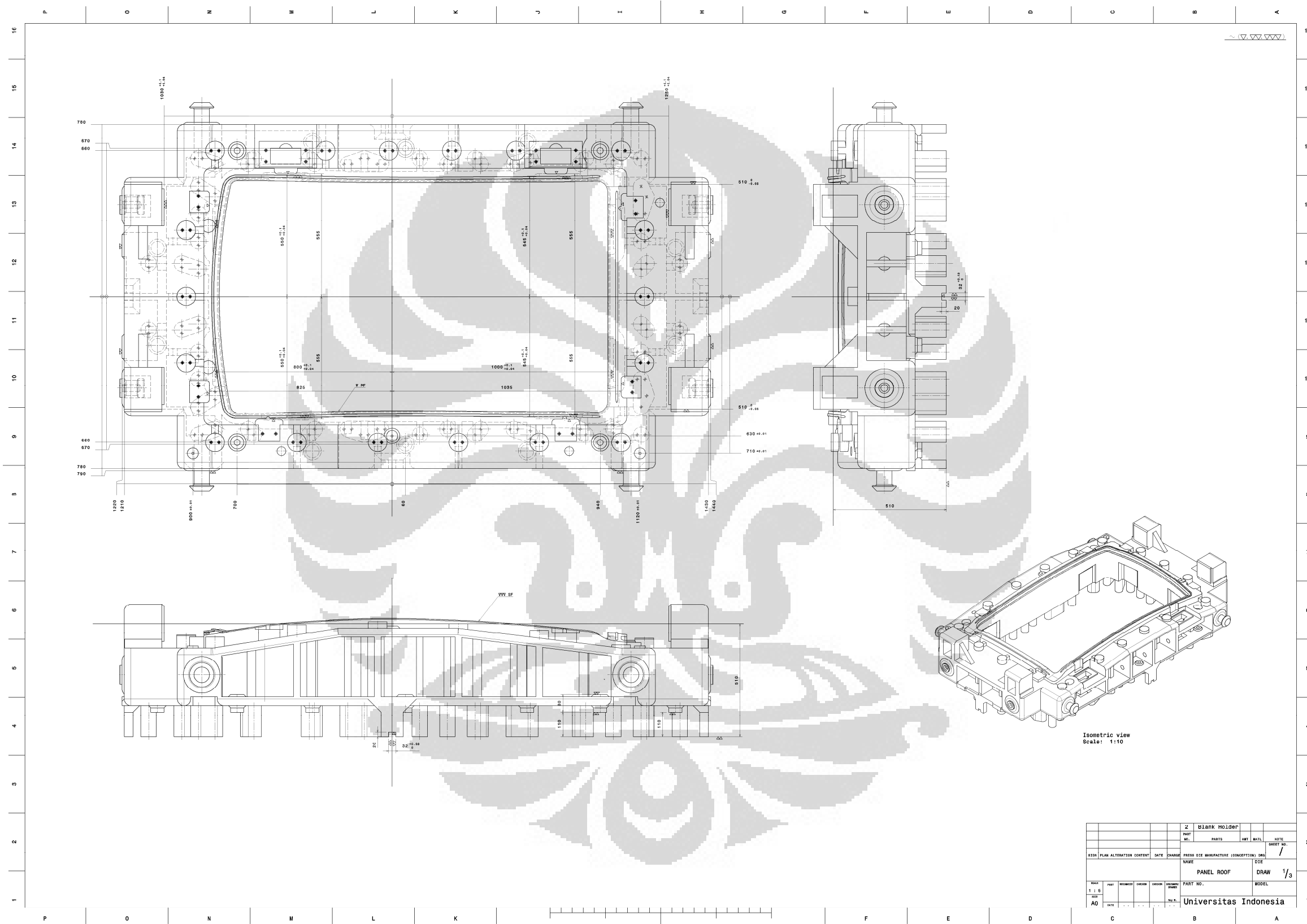
5.2. Saran

1. Peningkatan indeks kompleksitas produk maupun proses bergantung kepada tingkat keakuratan hasil pembobotan yang dilakukan untuk menilai suatu perubahan desain.
2. Untuk mendapatkan indeks kompleksitas diperlukan normalisasi penilaian agar nilai yang didapat tidak berupa nilai solid tapi nilai yang diharapkan dari pembobotan lebih teliti diantara nilai pembobotan 0 s/d 1 untuk masing-masing parameter.

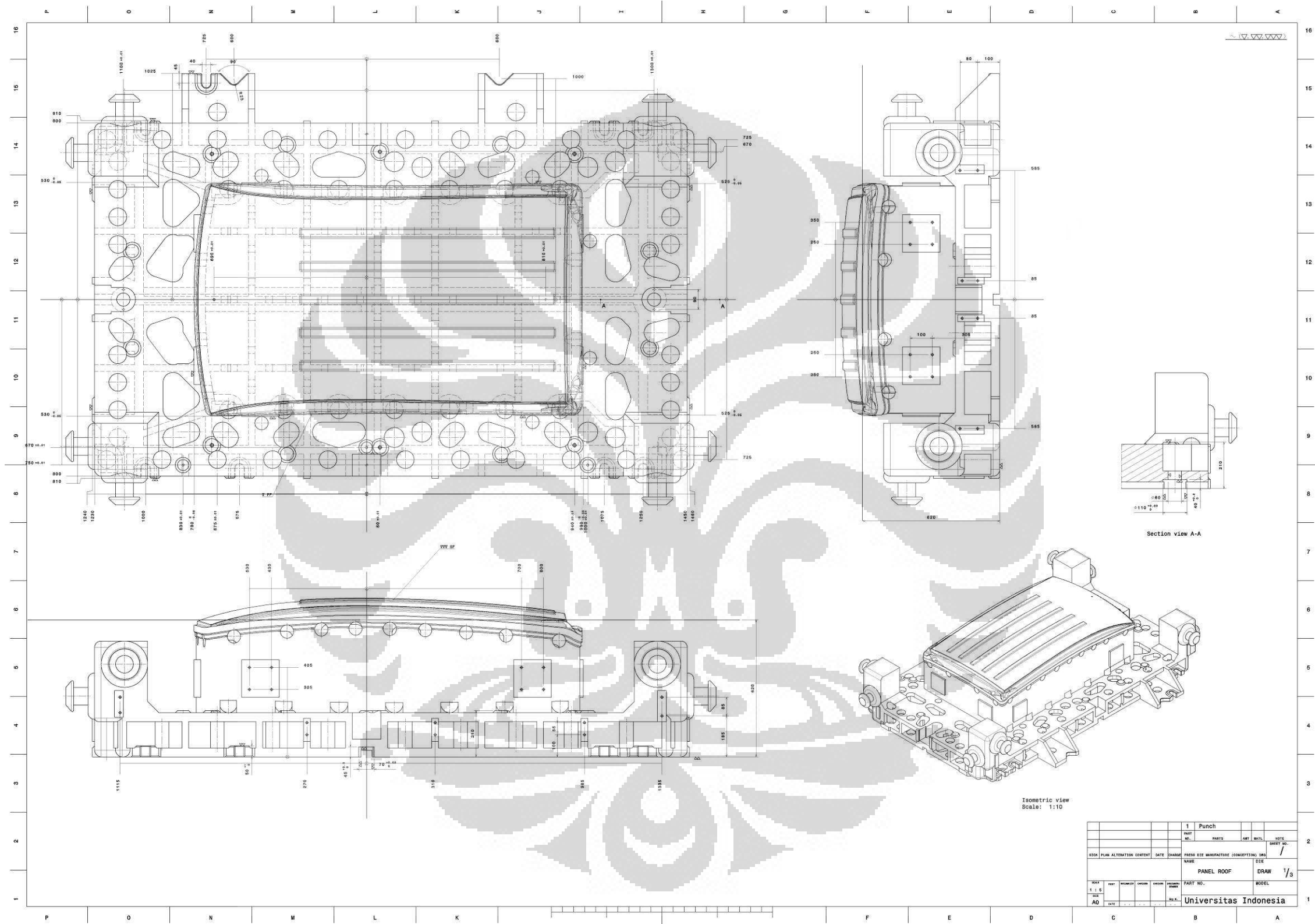
DAFTAR PUSTAKA

- 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,
- ElMaraghy, W.H, & Urbanic, R. Jill (2006), *Modeling of Manufacturing Process Complexity*, British Library Cataloguing in Publication Data Advances in design, Springer,
- Boothroyth. (2001), *Product Design for manufacture and assembly*, Boothroyd Dewhurst Inc. and University of Rhode Island, USA,
- Kalpakjian, Serope & Schmid, Steven (2006). *Manufacturing Engineering and Technology*, 5th Edition, Prentice Hall,
- Rony Sudarmawan Th. *Teknologi Press Dies*,
- Romiyadi. *Penilaian kompleksitas produk pressed part dan analisis pengaruh terhadap kemampuan teknologi*
- Wina libyawati. *Penggabungan DFMA dalam kompleksitas produk dan proses untuk sand casting. Studi kasus: Flange yoke*
- Modul.(2011).Modul IV Proses IV (Praktikum proses manufactur 2011). <http://blog.ft-untirta.ac.id/damardp/files/2011/09/Prosman-MODUL-IV.pdf>. diakses hari sabtu 12 Juli 2012

LAMPIRAN 2 (Gambar Blank Holder Awal)

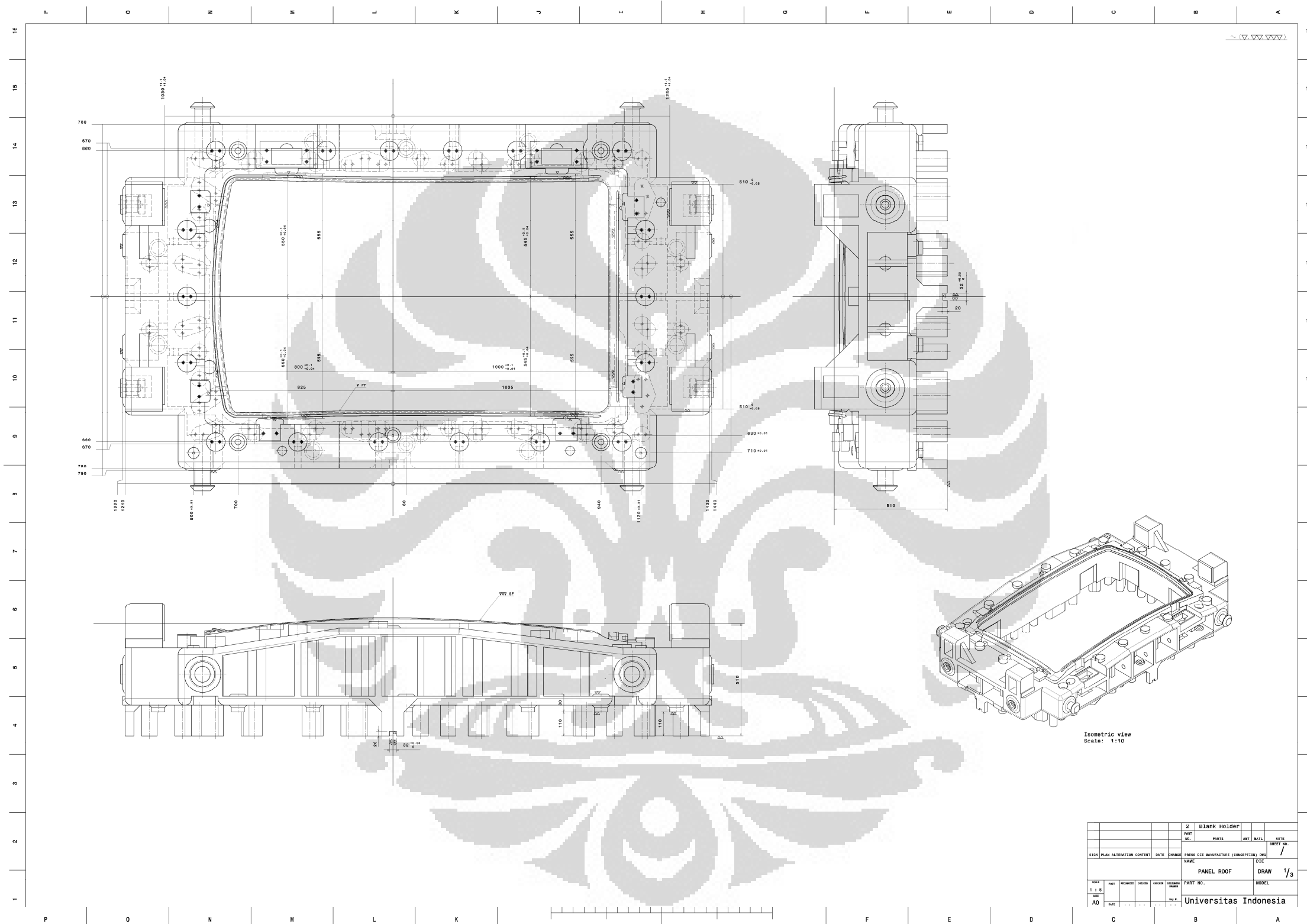


LAMPIRAN 4 (Gambar Punch Kedua)



1		Punch			
NO.	REVISI	REVISI	REVISI	REVISI	REVISI
1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9
10	10	10	10	10	10
11	11	11	11	11	11
12	12	12	12	12	12
13	13	13	13	13	13
14	14	14	14	14	14
15	15	15	15	15	15
16	16	16	16	16	16

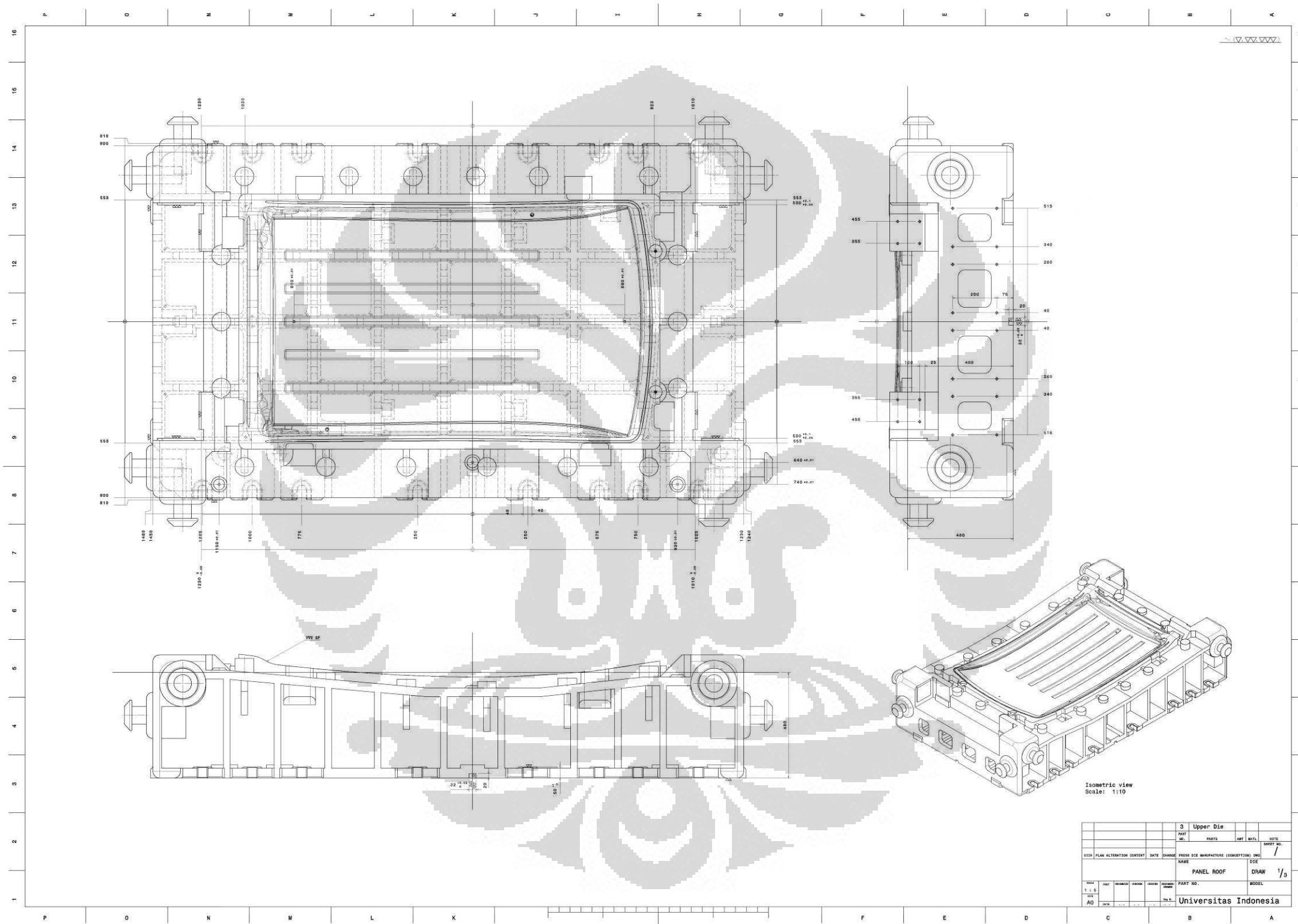
LAMPIRAN 5 (Gambar Blank Holder Kedua)



Z Blank Holder									
REVISI	NO.	DATE	BY	CHKD	REASON	DATE	BY	CHKD	REASON
1	1								
2	2								
3	3								
4	4								
5	5								
6	6								
7	7								
8	8								
9	9								
10	10								
11	11								
12	12								
13	13								
14	14								
15	15								
16	16								

REVISI	PLAN	ALTERATION	CONTENT	DATE	CHANGE	PREPARED BY	MANUFACTURE	CONSTRUCTION	DATE
PANEL ROOF								DRAW 1/3	
PART NO.								MODEL	
Universitas Indonesia									

LAMPIRAN 6 (Gambar Upper Die Kedua)



LAMPIRAN 7

Parameter-parameter yang mempengaruhi Produk

Jenis shape	Geometri	Toleransi
Silinder	2680x1600x200	Bagian yg butuh presisi
Kubus	1755x1050x515	Bagian yang hanya sebagai clearance
Prisma segitiga	205x130x120	Bagian yg tdk dimachining
Prisma segilima	325x240x240	
Prisma segienam	195x180x120	
Prisma segiempat tidak beraturan	160x115x105	
Tidak beraturan	250x120x100	
Segi empat salah satu sisinya melengkung	270x120x100	
	220x120x100	
	160x120x100	
	130x120x100	
	200x120x100	
	180x120x100	
	235x120x100	
	170x120x100	
	335x120x100	
	280x265x160	
	265x220x160	
	265x170x160	
	225x170x160	
	345x170x160	
	230x170x160	
	290x170x160	
	220x170x160	
	170x165x160	
	280x170x160	
	215x115x40	
	240x115x40	
	215x170x40	
	255x170x40	
	100x40x40	
	125x90x40	
	170x90x40	
	85x80x50	
	165x90x40	
	170x170x15	

	140x40x10 Ø60x10 Ø50x10 Ø90x40 Ø60x40 Ø60x10 Ø60x40 Ø105x30
Kekerasan	Kekasaran permukaan
Tidak diproses Flame hardening Heat threatment Hard chrome Coating	Dari hasil castingan Dari proses milling Dari proses bubut Dari proses gerinda Dipoles Dikikir Diamplas

Parameter-parameter yang mempengaruhi Proses machining

Shape (Jenis pemakanan)	Produk	Description	Geometri		Toleransi	
			Luas area (dlm mm ²)	Bobot	Toleransi	Bobot
Face cutting	Punch	Bottom face	4,288,000	1		0
Side cutting		Key block	9,800	0	0 +0.025	1
Pocket		Pilot block	9,499	0	0 +0.025	1
Surface		Pilot position	3,000	0	± 0.1	0.5
Profil		U slot	6,800	0	0 +1	0
Hole (drilling)		Datum face	4,000	0	± 0.01	1
Hole (reamer)		Dudukan cover	3,600	0		0
Hole (center drill)		Stopper bolt	2,826	0	± 0.1	0.5
Slot		Distance face	2,826	0	± 0.1	0.5
Ulir (Taping)		Dudukan Sliding	28,900	0	-0.05 0	1
		Surface	1,807,650	1	± 0.05	1
		Profil	167,100	0.5	± 0.03	1
		Check Hole	79	0	± 0.01	1
		DDH	1,963	0	± 0.01	1
	BH	Sub cushion face	10,147	0	0	0
		Key slot	4,000	0	0 +0.025	1

	Datum face	4,000	0	± 0.01	1
	Stopper bolt	2,826	0	± 0.1	0.5
	Distance face	2,826	0	± 0.1	0.5
	Sliding 1	32,300	0	+0.04 +0.1	1
	Sliding 2	28,900	0	+0.04 +0.1	1
	Dudukan sliding	28,900	0	-0.05 0	1
	Distance block face	5,672	0	± 0.1	0.5
	Dudukan fix gauge	9,000	0		0
	Dudukan switch gauge	9,700	0		0
	Dudukan rotation gauge	27,600	0		0
	Surface	407,950	0.5	± 0.05	1
	Profil	167,100	0.5	± 0.03	1
	DDH	1,963	0	± 0.01	1
Die	Bottom face	4,288,000	1		0
	Key slot	3,200	0	0 +0.025	1
	Pilot pin	1,963	0	± 0.1	0.5
	U slot	6,800	0	0 +1	0
	Datum face	4,000	0	± 0.01	1
	Distance block	5,672	0	± 0.1	0.5
	Sliding	28,900	0	+0.04 +0.1	1
	Dudukan sliding	28,900	0	-0.05 0	1
	Surface	2,215,600	1	± 0.05	1
	Dudukan punch	2,826	0	0 +0.025	1
	Dowel pin	79	0	± 0.01	1
	Clearance stopper	3,300	0		0
	DDH	1,963	0	± 0.01	1
Kekasaran permukaan		Kekerasan permukaan			
Permukaan					
∇Finishing 1) ukuran 8 - 25 Ra μm ∇∇ (Finishing 2) ukuran 16 - 8 Ra μm ∇∇∇ (Finishing 3) ukuran 0.025 - 1.6 Ra μm ∇∇∇∇ (Finishing 4) ukuran < 0.025 Ra μm		Tanpa perlakuan Flame hardening Hard chrome Coating Heat treatment			
Permukaan ulir					
Ulir halus Ulir kasar					

LAMPIRAN 8

Kompleksitas Produk awal (Sebelum ada perubahan feature)

1. Punch

No	Description	Feature	Distinct Features	
1	Rangka Utama	Panjang	1	
		Lebar	1	
		Tinggi	1	
2	Corner mounting	Panjang	4	
		Lebar	4	
		Tinggi	4	
		Radius	12	
		Chamfer	8	
		X posisi	4	
		Y posisi	4	
		Z posisi	4	
		Dudukan Hook	Diameter	16
3	Dudukan Hook	Tebal	8	
		Radius	8	
		Depth	8	
		X posisi	8	
		Y posisi	8	
		Z posisi	8	
		Dudukan Stopper bolt	Diameter	6
		4	Dudukan Stopper bolt	Tinggi
Chamfer	6			
Tap	6			
X posisi	6			
Y posisi	6			
Z posisi	6			
Toleransi	36			
5	Distance space			Diameter
		Tinggi	8	
		Chamfer	8	
		X posisi	8	
		Y posisi	8	
		Z posisi	8	
		Toleransi	16	
		6	Surface pembentukan	Panjang
Lebar	1			
Tinggi	1			
Radius depan	1			
Radius pojokan	4			
Radius surface	113			
X posisi	1			
Y posisi	1			
Z posisi	1			
Toleransi	4			

7	Sliding	Tebal	1	1		
		Tinggi	1	1		
		Chamfer	1	1		
		Lebar	8	1		
		Tinggi	8	1		
		Tebal	8	1		
		Tap	32	1		
		X posisi	8	4		
		Y posisi	8	4		
		Z posisi	8	1		
		Toleransi	16	2		
		8	Clearance key slot	Panjang	4	2
				Lebar	4	2
Depth	4			1		
Radius	2			1		
X posisi	4			3		
Y posisi	4			3		
Z posisi	4			1		
9	Pocket luar (Pengurang berat)			Panjang	26	10
				Lebar	26	2
				Tinggi	26	1
		X posisi	26	11		
		Y posisi	26	6		
		Z posisi	26	1		
		10	Pocket dalam rata (Pengurang berat)	Panjang	28	9
Lebar	28			7		
Depth	24			1		
Sudut	4			2		
X posisi	24			8		
Y posisi	24			6		
Z posisi	24			1		
11	Pocket dalam lengkung			Panjang	24	6
		Lebar	24	2		
		Depth	24	1		
		Radius	24	1		
		X posisi	24	6		
		Y posisi	24	4		
		Z posisi	24	1		
		12	Center line searah X	Panjang	1	1
Lebar	2			2		
Tinggi	1			1		
Depth	1			1		
Chamfer	16			1		
X posisi	1			1		
Y posisi	1			1		
Z posisi	1			1		
13	Center line searah Y			Panjang	5	1
				Lebar	5	2
		Depth	5	1		
		X posisi	5	1		
		Y posisi	5	5		
		Z posisi	5	1		

14	Clearance cushion pada rib	Panjang	14	3		
		Lebar	14	1		
		Tinggi	14	1		
		Radius	14	1		
		Diameter	14	1		
		Chamfer	28	2		
		X posisi	14	7		
		Y posisi	14	2		
		Z posisi	14	1		
15	Dudukan Key block	Panjang	2	1		
		Lebar	2	1		
		Depth	2	1		
		Tap	2	1		
		X posisi	2	1		
		Y posisi	2	2		
		Z posisi	2	1		
		Toleransi	4	2		
		16	Dudukan Pilot block	Diameter	4	2
Depth	4			2		
Tap	4			1		
X posisi	2			2		
Y posisi	2			1		
Z posisi	2			1		
Toleransi	4			2		
17	Pilot position			Panjang	4	2
				Lebar	2	1
		Tebal	4	2		
		Tinggi	4	1		
		Sudut	2	1		
		Radius	2	1		
		Chamfer	4	1		
		X posisi	2	2		
		Y posisi	2	1		
		Z posisi	2	1		
		Toleransi	4	2		
		18	U slot	Panjang 1	8	1
				Panjang 2	8	1
Radius	16			2		
Tebal	16			2		
X posisi	8			4		
Y posisi	8			2		
Z posisi	8			1		
Toleransi	16			2		
19	Datum face			Panjang	4	1
		Tinggi	4	1		
		Tebal	4	1		
		X posisi	4	2		
		Y posisi	4	2		
		Z posisi	4	1		
		Toleransi	8	2		
20	Datum hole	Diameter	6	2		
		Tinggi	3	1		

		Depth	3	1
		X posisi	3	3
		Y posisi	3	2
		Z posisi	3	1
		Toleransi	18	6
21	Cover mount	Lebar	18	1
		Tinggi	18	1
		Tebal	18	1
		Tap	36	1
		X posisi	18	7
		Y posisi	18	6
		Z posisi	18	2
22	Hole profil	Diameter	26	1
		Depth	26	1
		X posisi	26	11
		Y posisi	26	6
		Z posisi	26	13
23	Pocket rib	Lebar	38	8
		Tinggi	38	8
		Depth	38	1
		Radius	152	1
		X posisi	38	6
		Y posisi	38	3
		Z posisi	38	1
24	Lubang sliding	Diameter	8	1
		Depth	8	1
		X posisi	8	4
		Y posisi	8	4
		Z posisi	8	1
25	Clearance cushion bulat	Diameter	74	2
		Depth	74	1
		X posisi	74	17
		Y posisi	74	11
		Z posisi	74	1
26	Clearance cushion profil	Panjang	22	11
		Lebar	22	11
		Radius	56	1
		X posisi	22	10
		Y posisi	22	8
		Z posisi	22	1
27	Pocket corner	Panjang	4	2
		Lebar	4	2
		Depth	4	2
		Radius	20	5
		X posisi	4	2
		Y posisi	4	2
		Z posisi	4	1
28	Check hole	Diameter	2	1
		Depth	2	1
		X posisi	2	2
		Y posisi	2	1
		Z posisi	2	2

Jumlah	2695	551
N	2695	
n	551	
H	11.4	
D _R	0.2	

	Description	J = 3					Jumlah D	Feature kompleksiti D/J
		Number	Aspect					
			Shape	Geometry	Tolerance			
1	Corner mounting	4	0	0.5	0	0.5	0.17	
2	Dudukan Hook	8	0	0	0	0	0.00	
3	Dudukan Stopper bolt	6	0	0	1	1	0.33	
4	Ulir	6	0.5	0	0.5	1	0.33	
5	Distance space	8	0	0	1	1	0.33	
6	Surface pembentukan	1	1	1	1	3	1.00	
7	Sliding	8	0	0	1	1	0.33	
8	Ulir	32	0.5	0	0.5	1	0.33	
9	Clearance key slot	4	0	0	1	1	0.33	
10	Pocket luar	26	0	0.5	0	0.5	0.17	
11	Pocket dalam rata	24	0	0.5	0	0.5	0.17	
12	Pocket dalam lengkung	24	1	0.5	0	1.5	0.50	
13	Center line searah X	1	0	0	0	0	0.00	
14	Center line searah Y	5	0	0	0	0	0.00	
15	Clearance cushion pada rib	14	0.5	0	0	0.5	0.17	
16	Key block	2	0	0	1	1	0.33	
17	Ulir	2	0.5	0	0.5	1	0.33	
18	Pilot block	2	0	0	1	1	0.33	
19	Ulir	4	0.5	0	0.5	1	0.33	

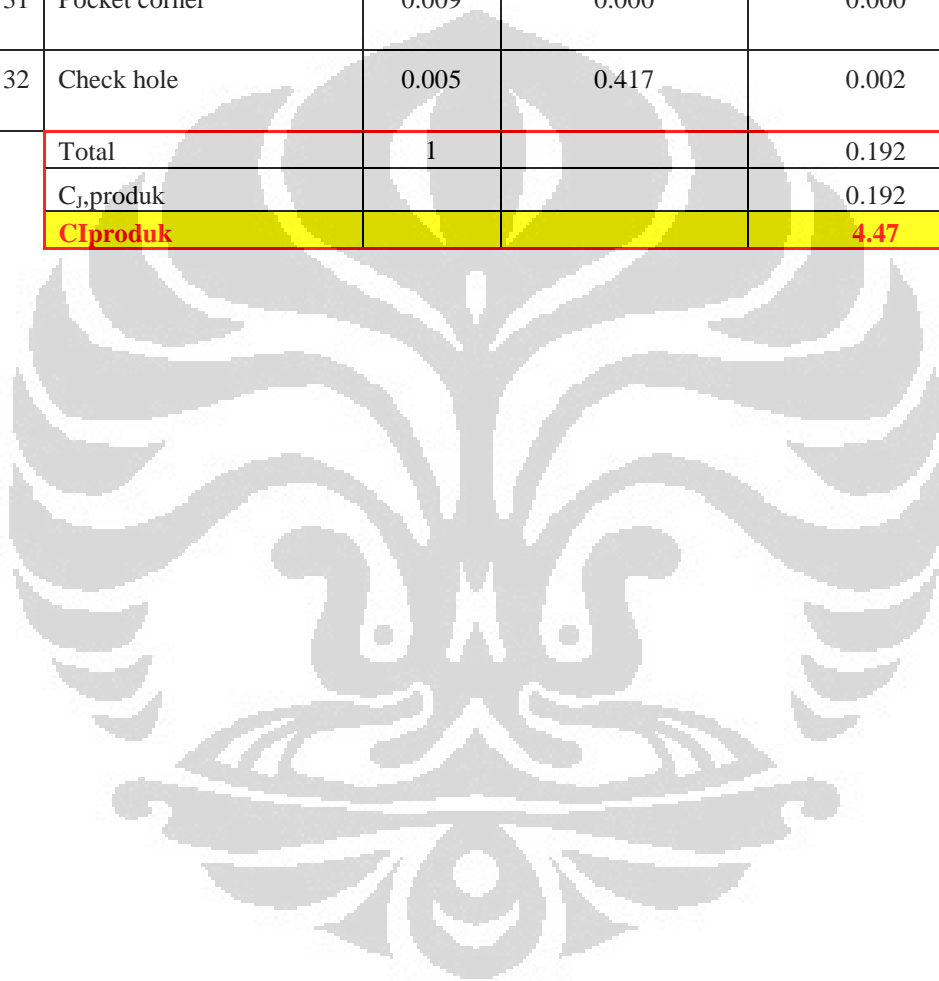
20	Pilot position	2	0.5	0	1	1.5	0.50
21	U slot	8	0.5	0	0.5	1	0.33
22	Datum face	4	0	0	1	1	0.33
23	Datum hole	3	0	0	1	1	0.33
24	Cover mount	18	0	0	0.5	0.5	0.17
25	Ulir	36	0.5	0	0.5	1	0.33
26	Hole profil	26	0	0	0	0	0.00
27	Pocket rib	38	0.5	0.5	0	1	0.33
28	Lubang sliding	8	0	0	0	0	0.00
29	Clearance cushion bulat	74	0	0	0	0	0.00
30	Clearance cushion profil	22	1	0	0	1	0.33
31	Pocket corner	4	0	0	0	0	0.00
32	Check hole	2	0	0	1	1	0.33

	Description	K = 2				Jumlah D	Feature kompleksity D/J
		Number	Spesifikasi				
			Kekerasan	Kehalusan			
1	Corner mounting	4		0	0	0.00	
2	Dudukan Hook	8		0	0	0.00	
3	Dudukan Stopper bolt	6		0.5	0.5	0.50	
4	Ulir	6		0.5	0.5	0.50	
5	Distance space	8		0.5	0.5	0.50	
6	Surface pembentukan	1	1	1	2	1.00	
7	Sliding	8		0.5	0.5	0.50	
8	Ulir	32		0.5	0.5	0.50	
9	Clearance key slot	4		0	0	0.00	

10	Pocket luar	26		0	0	0.00
11	Pocket dalam rata	24		0	0	0.00
12	Pocket dalam lengkung	24		0	0	0.00
13	Center line searah X	1		0	0	0.00
14	Center line searah Y	5		0	0	0.00
15	Clearance cushion pada rib	14		0	0	0.00
16	Key block	2		0.5	0.5	0.50
17	Ulir	2		0.5	0.5	0.50
18	Pilot block	2		0.5	0.5	0.50
19	Ulir	4		0.5	0.5	0.50
20	Pilot position	2		0.5	0.5	0.50
21	U slot	8		0.5	0.5	0.50
22	Datum face	4		0.5	0.5	0.50
23	Datum hole	3		0.5	0.5	0.50
24	Cover mount	18		0.5	0.5	0.50
25	Ulir	36		0.5	0.5	0.50
26	Hole profil	26		0	0	0.00
27	Pocket rib	38		0	0	0.00
28	Lubang sliding	8		0	0	0.00
29	Clearance cushion bulat	74		0	0	0.00
30	Clearance cushion profil	22		0	0	0.00
31	Pocket corner	4		0	0	0.00
32	Check hole	2		0.5	0.5	0.50

	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
5	Distance space	0.019	0.417	0.008
6	Surface pembentukan	0.002	1.000	0.002
7	Sliding	0.019	0.417	0.008
8	Ulir	0.075	0.417	0.031
9	Clearance key slot	0.009	0.167	0.002
10	Pocket luar	0.061	0.083	0.005
11	Pocket dalam rata	0.056	0.083	0.005
12	Pocket dalam lengkung	0.056	0.250	0.014
13	Center line searah X	0.002	0.000	0.000
14	Center line searah Y	0.012	0.000	0.000
15	Clearance cushion pada rib	0.033	0.083	0.003
16	Key block	0.005	0.417	0.002
17	Ulir	0.005	0.417	0.002
18	Pilot block	0.005	0.417	0.002
19	Ulir	0.009	0.417	0.004
20	Pilot position	0.005	0.500	0.002
21	U slot	0.019	0.417	0.008
22	Datum face	0.009	0.417	0.004
23	Datum hole	0.007	0.417	0.003
24	Cover mount	0.042	0.333	0.014
25	Ulir	0.085	0.417	0.035

26	Hole profil	0.061	0.000	0.000
27	Pocket rib	0.089	0.167	0.015
28	Lubang sliding	0.019	0.000	0.000
29	Clearance cushion bulat	0.174	0.000	0.000
30	Clearance cushion profil	0.052	0.167	0.009
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
C_iproduk				4.47



LAMPIRAN 9

Kompleksitas Produk setelah ada Perubahan feature

1. Punch

No	Description	Feature	Distinct Features
1	Rangka Utama	Panjang	1
		Lebar	1
		Tinggi	1
2	Corner mounting	Panjang	4
		Lebar	4
		Tinggi	4
		Radius	12
		Chamfer	8
		X posisi	4
		Y posisi	4
		Z posisi	4
		Dudukan Hook	16
3	Dudukan Hook	Diameter	16
		Tebal	8
		Radius	8
		Depth	8
		X posisi	8
		Y posisi	8
		Z posisi	8
		Dudukan Stopper bolt	6
		4	Dudukan Stopper bolt
Tinggi	6		
Chamfer	6		
Tap	6		
X posisi	6		
Y posisi	6		
Z posisi	6		
Toleransi	36		
5	Distance space		
		Tinggi	8
		Chamfer	8
		X posisi	8
		Y posisi	8
		Z posisi	8
		Toleransi	16
		6	Surface pembentukan
Lebar	1		
Tinggi	1		
Radius depan	1		
Radius pojokan	4		
Radius surface	113		
X posisi	1		
Y posisi	1		
Z posisi	1		
Toleransi	4		

		Tebal	1	1
		Tinggi	1	1
		Chamfer	1	1
7	Tonjolan disurface	Panjang	5	1
		Lebar	5	1
		Tebal	5	1
		Radius	25	1
		X posisi	5	5
		Y posisi	5	1
		Z posisi	5	3
		Toleransi	2	2
8	Sliding	Lebar	8	1
		Tinggi	8	1
		Tebal	8	1
		Tap	32	1
		X posisi	8	4
		Y posisi	8	4
		Z posisi	8	1
		Toleransi	16	2
9	Clearance key slot	Panjang	4	2
		Lebar	4	2
		Depth	4	1
		Radius	2	1
		X posisi	4	3
		Y posisi	4	3
		Z posisi	4	1
10	Pocket luar (Pengurang berat)	Panjang	26	10
		Lebar	26	2
		Tinggi	26	1
		X posisi	26	11
		Y posisi	26	6
		Z posisi	26	1
11	Pocket dalam rata (Pengurang berat)	Panjang	28	9
		Lebar	28	7
		Depth	24	1
		Sudut	4	2
		X posisi	24	8
		Y posisi	24	6
		Z posisi	24	1
12	Pocket dalam lengkung	Panjang	24	6
		Lebar	24	2
		Depth	24	1
		Radius	24	1
		X posisi	24	6
		Y posisi	24	4
		Z posisi	24	1
13	Center line searah X	Panjang	1	1
		Lebar	2	2
		Tinggi	1	1
		Depth	1	1
		Chamfer	16	1
		X posisi	1	1

14	Center line searah Y	Y posisi	1	1		
		Z posisi	1	1		
		Panjang	5	1		
		Lebar	5	2		
		Depth	5	1		
		X posisi	5	1		
		Y posisi	5	5		
15	Clearance cushion pada rib	Z posisi	5	1		
		Panjang	14	3		
		Lebar	14	1		
		Tinggi	14	1		
		Radius	14	1		
		Diameter	14	1		
		Chamfer	28	2		
16	Dudukan Key block	X posisi	14	7		
		Y posisi	14	2		
		Z posisi	14	1		
		Panjang	2	1		
		Lebar	2	1		
		Depth	2	1		
		Tap	2	1		
		X posisi	2	1		
		Y posisi	2	2		
		Z posisi	2	1		
		Toleransi	4	2		
17	Dudukan Pilot block	Diameter	4	2		
		Depth	4	2		
		Tap	4	1		
		X posisi	2	2		
		Y posisi	2	1		
		Z posisi	2	1		
		Toleransi	4	2		
		18	Pilot position	Panjang	4	2
				Lebar	2	1
Tebal	4			2		
Tinggi	4			1		
Sudut	2			1		
Radius	2			1		
Chamfer	4			1		
X posisi	2			2		
Y posisi	2			1		
Z posisi	2			1		
Toleransi	4			2		
19	U slot	Panjang 1	8	1		
		Panjang 2	8	1		
		Radius	16	2		
		Tebal	16	2		
		X posisi	8	4		
		Y posisi	8	2		
		Z posisi	8	1		
		Toleransi	16	2		
		20	Datum face	Panjang	4	1

		Tinggi	4	1
		Tebal	4	1
		X posisi	4	2
		Y posisi	4	2
		Z posisi	4	1
		Toleransi	8	2
21	Datum hole	Diameter	6	2
		Tinggi	3	1
		Depth	3	1
		X posisi	3	3
		Y posisi	3	2
		Z posisi	3	1
		Toleransi	18	6
22	Cover mount	Lebar	18	1
		Tinggi	18	1
		Tebal	18	1
		Tap	36	1
		X posisi	18	7
		Y posisi	18	6
		Z posisi	18	2
23	Hole profil	Diameter	26	1
		Depth	26	1
		X posisi	26	11
		Y posisi	26	6
		Z posisi	26	13
24	Pocket rib	Lebar	38	8
		Tinggi	38	8
		Depth	38	1
		Radius	152	1
		X posisi	38	6
		Y posisi	38	3
		Z posisi	38	1
25	Lubang sliding	Diameter	8	1
		Depth	8	1
		X posisi	8	4
		Y posisi	8	4
		Z posisi	8	1
26	Clearance cushion bulat	Diameter	74	2
		Depth	74	1
		X posisi	74	17
		Y posisi	74	11
		Z posisi	74	1
27	Clearance cushion profil	Panjang	22	11
		Lebar	22	11
		Radius	56	1
		X posisi	22	10
		Y posisi	22	8
		Z posisi	22	1
28	Pocket corner	Panjang	4	2
		Lebar	4	2
		Depth	4	2
		Radius	20	5

29	Check hole	X posisi	4	2
		Y posisi	4	2
		Z posisi	4	1
		Diameter	2	1
		Depth	2	1
		X posisi	2	2
		Y posisi	2	1
		Z posisi	2	2
Jumlah		2752	566	
N		2752		
n		566		
H		11.43		
D _R		0.21		

	Description	J = 3					Jumlah D	Feature kompleksitas D/J
		Number	Aspect					
			Shape	Geometry	Tolerance			
1	Corner mounting	4	0	0.5	0	0.5	0.17	
2	Dudukan Hook	8	0	0	0	0	0.00	
3	Dudukan Stopper bolt	6	0	0	1	1	0.33	
4	Ulir	6	0.5	0	0.5	1	0.33	
5	Distance space	8	0	0	1	1	0.33	
6	Surface pembentukan	1	1	1	1	3	1.00	
7	Tonjolan surface	5	1	0.5	1	2.5	0.83	
8	Sliding	8	0	0	1	1	0.33	
9	Ulir	32	0.5	0	0.5	1	0.33	
10	Clearance key slot	4	0	0	1	1	0.33	
11	Pocket luar	26	0	0.5	0	0.5	0.17	
12	Pocket dalam rata	24	0	0.5	0	0.5	0.17	
13	Pocket dalam lengkung	24	1	0.5	0	1.5	0.50	
14	Center line searah X	1	0	0	0	0	0.00	
15	Center line searah Y	5	0	0	0	0	0.00	

16	Clearance cushion pada rib	14	0.5	0	0	0.5	0.17
17	Key block	2	0	0	1	1	0.33
18	Ulir	2	0.5	0	0.5	1	0.33
19	Pilot block	2	0	0	1	1	0.33
20	Ulir	4	0.5	0	0.5	1	0.33
21	Pilot position	2	0.5	0	1	1.5	0.50
22	U slot	8	0.5	0	0.5	1	0.33
23	Datum face	4	0	0	1	1	0.33
24	Datum hole	3	0	0	1	1	0.33
25	Cover mount	18	0	0	0.5	0.5	0.17
26	Ulir	36	0.5	0	0.5	1	0.33
27	Hole profil	26	0	0	0	0	0.00
28	Pocket rib	38	0.5	0.5	0	1	0.33
29	Lubang sliding	8	0	0	0	0	0.00
30	Clearance cushion bulat	74	0	0	0	0	0.00
31	Clearance cushion profil	22	1	0	0	1	0.33
32	Pocket corner	4	0	0	0	0	0.00
33	Check hole	2	0	0	1	1	0.33

	Description	K = 2				
		Number	Spesifikasi		Jumlah D	Feature kompleksity D/J
			Kekerasan	Kehalusan		
1	Corner mounting	4		0	0	0.00
2	Dudukan Hook	8		0	0	0.00
3	Dudukan Stopper bolt	6		0.5	0.5	0.50
4	Ulir	6		0.5	0.5	0.50

5	Distance space	8		0.5	0.5	0.50
6	Surface pembentukan	1	1	1	2	1.00
7	Tonjolan surface	5	1	1	2	1.00
8	Sliding	8		0.5	0.5	0.50
9	Ulir	32		0.5	0.5	0.50
10	Clearance key slot	4		0	0	0.00
11	Pocket luar	26		0	0	0.00
12	Pocket dalam rata	24		0	0	0.00
13	Pocket dalam lengkung	24		0	0	0.00
14	Center line searah X	1		0	0	0.00
15	Center line searah Y	5		0	0	0.00
16	Clearance cushion pada rib	14		0	0	0.00
17	Key block	2		0.5	0.5	0.50
18	Ulir	2		0.5	0.5	0.50
19	Pilot block	2		0.5	0.5	0.50
20	Ulir	4		0.5	0.5	0.50
21	Pilot position	2		0.5	0.5	0.50
22	U slot	8		0.5	0.5	0.50
23	Datum face	4		0.5	0.5	0.50
24	Datum hole	3		0.5	0.5	0.50
25	Cover mount	18		0.5	0.5	0.50
26	Ulir	36		0.5	0.5	0.50
27	Hole profil	26		0	0	0.00
28	Pocket rib	38		0	0	0.00
29	Lubang sliding	8		0	0	0.00

30	Clearance cushion bulat	74		0	0	0.00
31	Clearance cushion profil	22		0	0	0.00
32	Pocket corner	4		0	0	0.00
33	Check hole	2		0.5	0.5	0.50

	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
5	Distance space	0.019	0.417	0.008
6	Surface pembentukan	0.002	1.000	0.002
7	Tonjolan surface	0.012	0.917	0.011
8	Sliding	0.019	0.417	0.008
9	Ulir	0.074	0.417	0.031
10	Clearance key slot	0.009	0.167	0.002
11	Pocket luar	0.060	0.083	0.005
12	Pocket dalam rata	0.056	0.083	0.005
13	Pocket dalam lengkung	0.056	0.250	0.014
14	Center line searah X	0.002	0.000	0.000
15	Center line searah Y	0.012	0.000	0.000
16	Clearance cushion pada rib	0.032	0.083	0.003
17	Key block	0.005	0.417	0.002
18	Ulir	0.005	0.417	0.002
19	Pilot block	0.005	0.417	0.002
20	Ulir	0.009	0.417	0.004

21	Pilot position	0.005	0.500	0.002
22	U slot	0.019	0.417	0.008
23	Datum face	0.009	0.417	0.004
24	Datum hole	0.007	0.417	0.003
25	Cover mount	0.042	0.333	0.014
26	Ulir	0.084	0.417	0.035
27	Hole profil	0.060	0.000	0.000
28	Pocket rib	0.088	0.167	0.015
29	Lubang sliding	0.019	0.000	0.000
30	Clearance cushion bulat	0.172	0.000	0.000
31	Clearance cushion profil	0.051	0.167	0.009
32	Pocket corner	0.009	0.000	0.000
33	Check hole	0.005	0.417	0.002
	Total	1		0.200
	$C_{j,produk}$			0.200
	$C_{i,produk}$			4.56

LAMPIRAN 10

Kompleksitas Relative Proses Machining (Produk awal)

1. Punch

	Description	J = 3					
		Number	Aspect			Jumlah D	Feature kompleksity D/J
			Shape	Geometry	Tolerance		
1	Bottom face roughing 1	1	0	1	0	1	0.333
2	Bottom face roughing 2	1	0	1	0	1	0.333
3	Bottom face finishing	1	0	1	0	1	0.333
4	Key slot roughing (slot)	2	0.5	0	0	0.5	0.167
5	Key slot finishing 1 (slot)	2	0.5	0	1	1.5	0.500
6	Key slot finishing 2 (slot)	2	0.5	0	1	1.5	0.500
7	Ulir di key slot (center drill)	1	0	0	0	0	0.000
8	Ulir di key slot (drilling)	1	0	0	0	0	0.000
9	Ulir di key slot (taping)	1	0.5	0	0.5	1	0.333
10	Pilot block roughing 1 (drilling 1)	2	0	0	0	0	0.000
11	Pilot block roughing 2 (drilling 2)	2	0	0	0	0	0.000
12	Pilot block roughing 3 (pocket)	2	0.5	0	0	0.5	0.167
13	Pilot block finishing (pocket)	2	0.5	0	1	1.5	0.500
14	Ulir di pilot block (center drill)	2	0	0	0	0	0.000
15	Ulir di pilot block (drilling)	2	0	0	0	0	0.000
16	Ulir di pilot block (taping)	2	0.5	0	0.5	1	0.333
17	Pilot position roughing	2	0.5	0	0	0.5	0.167
18	Pilot position finishing	2	0.5	0	0.5	1	0.333
19	U slot finishing 1 (facing dinding)	8	0	0	0	0	0.000
20	U slot finishing 2 (slot)	8	0.5	0	0	0.5	0.167
21	Datum face roughing	4	0	0	0	0	0.000
22	Datum face finishing	4	0	0	1	1	0.333
23	Dudukan cover finishing	18	0	0	0	0	0.000
24	Ulir di dudukan cover (center drill)	36	0	0	0	0	0.000
25	Ulir di dudukan cover (drilling)	36	0	0	0	0	0.000
26	Ulir di dudukan cover (taping)	36	0.5	0	0.5	1	0.333
27	Stopper bolt roughing (facing permukaan)	6	0	0	0	0	0.000
28	Stopper bolt finishing (facing permukaan)	6	0	0	0.5	0.5	0.167
29	Ulir di Stopper bolt (center drill)	6	0	0	0	0	0.000
30	Ulir di Stopper bolt (drilling 1)	6	0	0	0	0	0.000
31	Ulir di Stopper bolt (drilling 2)	6	0	0	0	0	0.000
32	Ulir di Stopper bolt (taping)	6	0.5	0	0.5	1	0.333

33	Distance face roughing 1	8	0	0	0	0	0.000
34	Distance face finishing 1	8	0	0	0.5	0.5	0.167
35	Dudukan Sliding roughing 1	8	0	0	0	0	0.000
36	Dudukan Sliding finishing 1	8	0	0	1	1	0.333
37	Ulir di sliding (center drill)	32	0	0	0	0	0.000
38	Ulir di sliding (drilling)	32	0	0	0	0	0.000
39	Ulir di sliding (taping)	32	0.5	0	0.5	1	0.333
40	Surface roughing 1	1	1	1	0	2	0.667
41	Surface roughing 2	1	1	1	0	2	0.667
42	Surface roughing 3	1	1	1	0	2	0.667
43	Surface 1 finishing	1	1	1	1	3	1.000
44	Surface 2 finishing 1	1	1	0.5	0	1.5	0.500
45	Surface 2 finishing 2	1	1	0.5	0	1.5	0.500
46	Surface 2 finishing 3	1	1	0.5	1	2.5	0.833
47	Surface 3 finishing 1	1	1	0.5	0	1.5	0.500
48	Surface 3 finishing 2	1	1	0.5	0	1.5	0.500
49	Surface 3 finishing 3	1	1	0.5	1	2.5	0.833
50	Surface 4 finishing 1	1	1	0.5	0	1.5	0.500
51	Surface 4 finishing 2	1	1	0.5	0	1.5	0.500
52	Surface 4 finishing 3	1	1	0.5	1	2.5	0.833
53	Surface 5 finishing 1	1	1	0.5	0	1.5	0.500
54	Surface 5 finishing 2	1	1	0.5	0	1.5	0.500
55	Surface 5 finishing 3	1	1	0.5	1	2.5	0.833
56	Profil roughing 1	1	1	0.5	0	1.5	0.500
57	Profil roughing 2	1	1	0.5	0	1.5	0.500
58	Profil finishing	1	1	0.5	1	2.5	0.833
59	Check Hole center drill	2	0	0	0	0	0.000
60	Check Hole drilling	2	0	0	0	0	0.000
61	Check hole reamer	2	0.5	0	1	1.5	0.500
62	Button die roughing	2	0.5	0	0	0.5	0.167
63	Button die finishing	2	0.5	0	1	1.5	0.500
64	Die datum hole facing	3	0	0	0	0	0.000
65	Die datum hole center drill	3	0	0	0	0	0.000
66	Die datum hole drilling	3	0	0	0	0	0.000
67	Die datum hole reamer	3	0.5	0	1	1.5	0.500

	Feature	% Feature	Feature kompleksity	Relative kompleksity
1	Bottom face roughing 1	0.003	0.333	0.001
2	Bottom face roughing 2	0.003	0.333	0.001
3	Bottom face finishing	0.003	0.333	0.001
4	Key slot roughing (slot)	0.005	0.167	0.001

5	Key slot finishing 1 (slot)	0.005	0.500	0.003
6	Key slot finishing 2 (slot)	0.005	0.500	0.003
7	Ulir di key slot (center drill)	0.003	0.000	0.000
8	Ulir di key slot (drilling)	0.003	0.000	0.000
9	Ulir di key slot (taping)	0.003	0.333	0.001
10	Pilot block roughing 1 (drilling 1)	0.005	0.000	0.000
11	Pilot block roughing 2 (drilling 2)	0.005	0.000	0.000
12	Pilot block roughing 3 (pocket)	0.005	0.167	0.001
13	Pilot block finishing (pocket)	0.005	0.500	0.003
14	Ulir di pilot block (center drill)	0.005	0.000	0.000
15	Ulir di pilot block (drilling)	0.005	0.000	0.000
16	Ulir di pilot block (taping)	0.005	0.333	0.002
17	Pilot position roughing	0.005	0.167	0.001
18	Pilot position finishing	0.005	0.333	0.002
19	U slot finishing 1 (facing dinding)	0.021	0.000	0.000
20	U slot finishing 2 (slot)	0.021	0.167	0.003
21	Datum face roughing	0.010	0.000	0.000
22	Datum face finishing	0.010	0.333	0.003
23	Dudukan cover finishing	0.047	0.000	0.000
24	Ulir di dudukan cover (center drill)	0.094	0.000	0.000
25	Ulir di dudukan cover (drilling)	0.094	0.000	0.000
26	Ulir di dudukan cover (taping)	0.094	0.333	0.031
27	Stopper bolt roughing (facing permukaan)	0.016	0.000	0.000
28	Stopper bolt finishing (facing permukaan)	0.016	0.167	0.003
29	Ulir di Stopper bolt (center drill)	0.016	0.000	0.000
30	Ulir di Stopper bolt (drilling 1)	0.016	0.000	0.000
31	Ulir di Stopper bolt (drilling 2)	0.016	0.000	0.000
32	Ulir di Stopper bolt (taping)	0.016	0.333	0.005
33	Distance face roughing 1	0.021	0.000	0.000
34	Distance face finishing 1	0.021	0.167	0.003
35	Dudukan Sliding roughing 1	0.021	0.000	0.000
36	Dudukan Sliding finishing 1	0.021	0.333	0.007
37	Ulir di sliding (center drill)	0.083	0.000	0.000
38	Ulir di sliding (drilling)	0.083	0.000	0.000
39	Ulir di sliding (taping)	0.083	0.333	0.028
40	Surface roughing 1	0.003	0.667	0.002
41	Surface roughing 2	0.003	0.667	0.002
42	Surface roughing 3	0.003	0.667	0.002
43	Surface 1 finishing	0.003	1.000	0.003
44	Surface 2 finishing 1	0.003	0.500	0.001
45	Surface 2 finishing 2	0.003	0.500	0.001
46	Surface 2 finishing 3	0.003	0.833	0.002
47	Surface 3 finishing 1	0.003	0.500	0.001

48	Surface 3 finishing 2	0.003	0.500	0.001
49	Surface 3 finishing 3	0.003	0.833	0.002
50	Surface 4 finishing 1	0.003	0.500	0.001
51	Surface 4 finishing 2	0.003	0.500	0.001
52	Surface 4 finishing 3	0.003	0.833	0.002
53	Surface 5 finishing 1	0.003	0.500	0.001
54	Surface 5 finishing 2	0.003	0.500	0.001
55	Surface 5 finishing 3	0.003	0.833	0.002
56	Profil roughing 1	0.003	0.500	0.001
57	Profil roughing 2	0.003	0.500	0.001
58	Profil finishing	0.003	0.833	0.002
59	Check Hole center drill	0.005	0.000	0.000
60	Check Hole drilling	0.005	0.000	0.000
61	Check hole reamer	0.005	0.500	0.003
62	Button die roughing	0.005	0.167	0.001
63	Button die roughing	0.005	0.500	0.003
64	Die datum hole facing	0.008	0.000	0.000
65	Die datum hole center drill	0.008	0.000	0.000
66	Die datum hole drilling	0.008	0.000	0.000
67	Die datum hole reamer	0.008	0.500	0.004
Total		1		0.143
$C_{J,proses}$				0.143

	Description	K = 2				Jumlah D	Feature kompleksity D/J
		Number	Spesifikasi		Jumlah		
			Kehalusan	Kekerasan			
1	Bottom face	1	0.5		0.5	0.500	
2	Key slot	2	0.5		0.5	0.500	
3	Ulir di key slot	1	0.5		0.5	0.500	
4	Pilot block	2	0.5		0.5	0.500	
5	Ulir di pilot block	2	0.5		0.5	0.500	
6	Pilot position	2	0.5		0.5	0.500	
7	U slot	8	0		0	0.000	
8	Datum face	4	0.5		0.5	0.500	
9	Dudukan cover	18	0		0	0.000	
10	Ulir di dudukan cover	36	0.5		0.5	0.500	
11	Stopper bolt	6	0		0	0.000	
12	Ulir di Stopper bolt	6	0.5		0.5	0.500	
13	Distance face	8	0.5		0.5	0.500	
14	Dudukan Sliding	8	0.5		0.5	0.500	
15	Ulir di sliding	32	0.5		0.5	0.500	

16	Surface 1	1	1	1	2	1.000
17	Surface 2	1	1	1	2	1.000
18	Surface 3	1	1	1	2	1.000
19	Surface 4	1	1	1	2	1.000
20	Surface 5	1	1	1	2	1.000
21	Profil	1	1	1	2	1.000
22	Check hole	2	1		1	1.000
23	Button die	2	0.5		0.5	0.500
24	Die datum hole	3	1		1	1.000

	Feature	% Feature	Feature kompleksity	Relative kompleksity
1	Bottom face	0.007	0.500	0.003
2	Key slot	0.013	0.500	0.007
3	Ulir di key slot	0.007	0.500	0.003
4	Pilot block	0.013	0.500	0.007
5	Ulir di pilot block	0.013	0.500	0.007
6	Pilot position	0.013	0.500	0.007
7	U slot	0.054	0.000	0.000
8	Datum face	0.027	0.500	0.013
9	Dudukan cover	0.121	0.000	0.000
10	Ulir di dudukan cover	0.242	0.500	0.121
11	Stopper bolt	0.040	0.000	0.000
12	Ulir di Stopper bolt	0.040	0.500	0.020
13	Distance face	0.054	0.500	0.027
14	Dudukan Sliding	0.054	0.500	0.027
15	Ulir di sliding	0.215	0.500	0.107
16	Surface 1	0.007	1.000	0.007
17	Surface 2	0.007	1.000	0.007
18	Surface 3	0.007	1.000	0.007
19	Surface 4	0.007	1.000	0.007
20	Surface 5	0.007	1.000	0.007
21	Profil	0.007	1.000	0.007
22	Check hole	0.013	1.000	0.013
23	Button die	0.013	0.500	0.007
24	Die datum hole	0.020	1.000	0.020
	Total	1		0.430
	$C_{J,proses}$			0.430

LAMPIRAN 11

Kompleksitas Relative Proses Machining (Setelah ada perubahan feature)

1. Punch

	Description	J = 3					
		Number	Aspect			Jumlah D	Feature kompleksitas D/J
			Shape	Geometry	Tolerance		
1	Bottom face roughing 1	1	0	1	0	1	0.333
2	Bottom face roughing 2	1	0	1	0	1	0.333
3	Bottom face finishing	1	0	1	0	1	0.333
4	Key slot roughing (slot)	2	0.5	0	0	0.5	0.167
5	Key slot finishing 1 (slot)	2	0.5	0	1	1.5	0.500
6	Key slot finishing 2 (slot)	2	0.5	0	1	1.5	0.500
7	Ulir di key slot (center drill)	1	0	0	0	0	0.000
8	Ulir di key slot (drilling)	1	0	0	0	0	0.000
9	Ulir di key slot (taping)	1	0.5	0	0.5	1	0.333
10	Pilot block roughing 1 (drilling 1)	2	0	0	0	0	0.000
11	Pilot block roughing 2 (drilling 2)	2	0	0	0	0	0.000
12	Pilot block roughing 3 (pocket)	2	0.5	0	0	0.5	0.167
13	Pilot block finishing (pocket)	2	0.5	0	1	1.5	0.500
14	Ulir di pilot block (center drill)	2	0	0	0	0	0.000
15	Ulir di pilot block (drilling)	2	0	0	0	0	0.000
16	Ulir di pilot block (taping)	2	0.5	0	0.5	1	0.333
17	Pilot position roughing	2	0.5	0	0	0.5	0.167
18	Pilot position finishing	2	0.5	0	0.5	1	0.333
19	U slot finishing 1 (facing dinding)	8	0	0	0	0	0.000
20	U slot finishing 2 (slot)	8	0.5	0	0	0.5	0.167
21	Datum face roughing	4	0	0	0	0	0.000
22	Datum face finishing	4	0	0	1	1	0.333
23	Dudukan cover finishing	18	0	0	0	0	0.000
24	Ulir di dudukan cover (center drill)	36	0	0	0	0	0.000
25	Ulir di dudukan cover (drilling)	36	0	0	0	0	0.000
26	Ulir di dudukan cover (taping)	36	0.5	0	0.5	1	0.333
27	Stopper bolt roughing (facing permukaan)	6	0	0	0	0	0.000
28	Stopper bolt finishing (facing permukaan)	6	0	0	0.5	0.5	0.167

29	Ulir di Stopper bolt (center drill)	6	0	0	0	0	0.000
30	Ulir di Stopper bolt (drilling 1)	6	0	0	0	0	0.000
31	Ulir di Stopper bolt (drilling 2)	6	0	0	0	0	0.000
32	Ulir di Stopper bolt (taping)	6	0.5	0	0.5	1	0.333
33	Distance face roughing 1	8	0	0	0	0	0.000
34	Distance face finishing 1	8	0	0	0.5	0.5	0.167
35	Dudukan Sliding roughing 1	8	0	0	0	0	0.000
36	Dudukan Sliding finishing 1	8	0	0	1	1	0.333
37	Ulir di sliding (center drill)	32	0	0	0	0	0.000
38	Ulir di sliding (drilling)	32	0	0	0	0	0.000
39	Ulir di sliding (taping)	32	0.5	0	0.5	1	0.333
40	Surface roughing 1	1	1	1	0	2	0.667
41	Surface roughing 2	1	1	1	0	2	0.667
42	Surface roughing 3	1	1	1	0	2	0.667
43	Surface 1 finishing	1	1	1	1	3	1.000
44	Surface 2 finishing 1	1	1	0.5	0	1.5	0.500
45	Surface 2 finishing 2	1	1	0.5	0	1.5	0.500
46	Surface 2 finishing 3	1	1	0.5	1	2.5	0.833
47	Surface 3 finishing 1	1	1	0.5	0	1.5	0.500
48	Surface 3 finishing 2	1	1	0.5	0	1.5	0.500
49	Surface 3 finishing 3	1	1	0.5	1	2.5	0.833
50	Surface 4 finishing 1	1	1	0.5	0	1.5	0.500
51	Surface 4 finishing 2	1	1	0.5	0	1.5	0.500
52	Surface 4 finishing 3	1	1	0.5	1	2.5	0.833
53	Surface 5 finishing 1	1	1	0.5	0	1.5	0.500
54	Surface 5 finishing 2	1	1	0.5	0	1.5	0.500
55	Surface 5 finishing 3	1	1	0.5	1	2.5	0.833
56	Surface 6 finishing 1	5	1	0.5	0	1.5	0.500
57	Surface 6 finishing 2	5	1	0.5	0	1.5	0.500
58	Surface 6 finishing 3	5	1	0.5	1	2.5	0.833
56	Profil roughing 1	1	1	0.5	0	1.5	0.500
57	Profil roughing 2	1	1	0.5	0	1.5	0.500
58	Profil finishing	1	1	0.5	1	2.5	0.833
59	Check Hole center drill	2	0	0	0	0	0.000
60	Check Hole drilling	2	0	0	0	0	0.000
61	Check hole reamer	2	0.5	0	1	1.5	0.500
62	Button die roughing	2	0.5	0	0	0.5	0.167
63	Button die finishing	2	0.5	0	1	1.5	0.500
64	Die datum hole facing	3	0	0	0	0	0.000
65	Die datum hole center drill	3	0	0	0	0	0.000
66	Die datum hole drilling	3	0	0	0	0	0.000

67	Die datum hole reamer	3	0.5	0	1	1.5	0.500
----	-----------------------	---	-----	---	---	-----	-------

	Feature	% Feature	Feature kompleksity	Relative kompleksity
1	Bottom face roughing 1	0.003	0.333	0.001
2	Bottom face roughing 2	0.003	0.333	0.001
3	Bottom face finishing	0.003	0.333	0.001
4	Key slot roughing (slot)	0.005	0.167	0.001
5	Key slot finishing 1 (slot)	0.005	0.500	0.003
6	Key slot finishing 2 (slot)	0.005	0.500	0.003
7	Ulir di key slot (center drill)	0.003	0.000	0.000
8	Ulir di key slot (drilling)	0.003	0.000	0.000
9	Ulir di key slot (taping)	0.003	0.333	0.001
10	Pilot block roughing 1 (drilling 1)	0.005	0.000	0.000
11	Pilot block roughing 2 (drilling 2)	0.005	0.000	0.000
12	Pilot block roughing 3 (pocket)	0.005	0.167	0.001
13	Pilot block finishing (pocket)	0.005	0.500	0.003
14	Ulir di pilot block (center drill)	0.005	0.000	0.000
15	Ulir di pilot block (drilling)	0.005	0.000	0.000
16	Ulir di pilot block (taping)	0.005	0.333	0.002
17	Pilot position roughing	0.005	0.167	0.001
18	Pilot position finishing	0.005	0.333	0.002
19	U slot finishing 1 (facing dinding)	0.020	0.000	0.000
20	U slot finishing 2 (slot)	0.020	0.167	0.003
21	Datum face roughing	0.010	0.000	0.000
22	Datum face finishing	0.010	0.333	0.003
23	Dudukan cover finishing	0.045	0.000	0.000
24	Ulir di dudukan cover (center drill)	0.090	0.000	0.000
25	Ulir di dudukan cover (drilling)	0.090	0.000	0.000
26	Ulir di dudukan cover (taping)	0.090	0.333	0.030
27	Stopper bolt roughing (facing permukaan)	0.015	0.000	0.000
28	Stopper bolt finishing (facing permukaan)	0.015	0.167	0.003
29	Ulir di Stopper bolt (center drill)	0.015	0.000	0.000
30	Ulir di Stopper bolt (drilling 1)	0.015	0.000	0.000
31	Ulir di Stopper bolt (drilling 2)	0.015	0.000	0.000
32	Ulir di Stopper bolt (taping)	0.015	0.333	0.005
33	Distance face roughing 1	0.020	0.000	0.000
34	Distance face finishing 1	0.020	0.167	0.003
35	Dudukan Sliding roughing 1	0.020	0.000	0.000
36	Dudukan Sliding finishing 1	0.020	0.333	0.007
37	Ulir di sliding (center drill)	0.080	0.000	0.000
38	Ulir di sliding (drilling)	0.080	0.000	0.000

39	Ulir di sliding (taping)	0.080	0.333	0.027
40	Surface roughing 1	0.003	0.667	0.002
41	Surface roughing 2	0.003	0.667	0.002
42	Surface roughing 3	0.003	0.667	0.002
43	Surface 1 finishing	0.003	1.000	0.003
44	Surface 2 finishing 1	0.003	0.500	0.001
45	Surface 2 finishing 2	0.003	0.500	0.001
46	Surface 2 finishing 3	0.003	0.833	0.002
47	Surface 3 finishing 1	0.003	0.500	0.001
48	Surface 3 finishing 2	0.003	0.500	0.001
49	Surface 3 finishing 3	0.003	0.833	0.002
50	Surface 4 finishing 1	0.003	0.500	0.001
51	Surface 4 finishing 2	0.003	0.500	0.001
52	Surface 4 finishing 3	0.003	0.833	0.002
53	Surface 5 finishing 1	0.003	0.500	0.001
54	Surface 5 finishing 2	0.003	0.500	0.001
55	Surface 5 finishing 3	0.003	0.833	0.002
56	Surface 6 finishing 1	0.013	0.500	0.006
57	Surface 6 finishing 2	0.013	0.500	0.006
58	Surface 6 finishing 3	0.013	0.833	0.010
59	Profil roughing 1	0.003	0.500	0.001
60	Profil roughing 2	0.003	0.500	0.001
61	Profil finishing	0.003	0.833	0.002
62	Check Hole center drill	0.005	0.000	0.000
63	Check Hole drilling	0.005	0.000	0.000
64	Check hole reamer	0.005	0.500	0.003
65	Button die roughing	0.005	0.167	0.001
66	Button die roughing	0.005	0.500	0.003
67	Die datum hole facing	0.008	0.000	0.000
68	Die datum hole center drill	0.008	0.000	0.000
69	Die datum hole drilling	0.008	0.000	0.000
70	Die datum hole reamer	0.008	0.500	0.004
Total		1		0.160
C _{J,proses}				0.160

	Description	K = 2				Jumlah D	Feature kompleksity D/J
		Number	Spesifikasi	Kekerasan			
			Kehalusan				
1	Bottom face	1	0.5		0.5	0.500	
2	Key slot	2	0.5		0.5	0.500	
3	Ulir di key slot	1	0.5		0.5	0.500	

4	Pilot block	2	0.5		0.5	0.500
5	Ulir di pilot block	2	0.5		0.5	0.500
6	Pilot position	2	0.5		0.5	0.500
7	U slot	8	0		0	0.000
8	Datum face	4	0.5		0.5	0.500
9	Dudukan cover	18	0		0	0.000
10	Ulir di dudukan cover	36	0.5		0.5	0.500
11	Stopper bolt	6	0		0	0.000
12	Ulir di Stopper bolt	6	0.5		0.5	0.500
13	Distance face	8	0.5		0.5	0.500
14	Dudukan Sliding	8	0.5		0.5	0.500
15	Ulir di sliding	32	0.5		0.5	0.500
16	Surface 1	1	1	1	2	1.000
17	Surface 2	1	1	1	2	1.000
18	Surface 3	1	1	1	2	1.000
19	Surface 4	1	1	1	2	1.000
20	Surface 5	1	1	1	2	1.000
21	Surface 6	5	1	1	2	1.000
22	Profil	1	1	1	2	1.000
23	Check hole	2	1		1	1.000
24	Button die	2	0.5		0.5	0.500
25	Die datum hole	3	1		1	1.000

	Feature	% Feature	Feature kompleksity	Relative kompleksity
1	Bottom face	0.006	0.500	0.003
2	Key slot	0.013	0.500	0.006
3	Ulir di key slot	0.006	0.500	0.003
4	Pilot block	0.013	0.500	0.006
5	Ulir di pilot block	0.013	0.500	0.006
6	Pilot position	0.013	0.500	0.006
7	U slot	0.052	0.000	0.000
8	Datum face	0.026	0.500	0.013
9	Dudukan cover	0.117	0.000	0.000
10	Ulir di dudukan cover	0.234	0.500	0.117
11	Stopper bolt	0.039	0.000	0.000
12	Ulir di Stopper bolt	0.039	0.500	0.019
13	Distance face	0.052	0.500	0.026
14	Dudukan Sliding	0.052	0.500	0.026
15	Ulir di sliding	0.208	0.500	0.104
16	Surface 1	0.006	1.000	0.006
17	Surface 2	0.006	1.000	0.006

18	Surface 3	0.006	1.000	0.006
19	Surface 4	0.006	1.000	0.006
20	Surface 5	0.006	1.000	0.006
21	Surface 6	0.032	1.000	0.032
22	Profil	0.006	1.000	0.006
23	Check hole	0.013	1.000	0.013
24	Button die	0.013	0.500	0.006
25	Die datum hole	0.019	1.000	0.019
	Total	1		0.448
	$C_{J,proses}$			0.448

