

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Penelitian Terdahulu

Berikut ini beberapa hasil penelitian berdasarkan CAD/CAM sebagai referensi dalam penelitian ini:

Sari (2010) menyebutkan tentang perbandingan simulasi pengerjaan permesinan antara penggunaan CATIA V5R10 dan *PowerMILL* 8.0. Penelitian dilakukan di PT. Mekar Armada Jaya (MAJ). Masalah yang sering terjadi adalah kerap terdapat tabrakan antara material dengan alat potong yang diakibatkan karena pengoperasian CAD/CAM yang dilakukan operator terdapat kesalahan dan kurang teliti. Sari membandingkan hasil *machining* pada produk *Lower Die Draw* dengan menggunakan CATIA V5R10 dan CAM *PowerMILL*. Hasil dari penelitian ini adalah berupa perbandingan hasil permesinan dan NC code yang benar.

Jimmy (2011) menyebutkan tentang optimalisasi *toolpath strategy* untuk produk yang dikerjakan oleh PT. KJS, Bekasi. Produk yang diteliti adalah *seat grip* dan *pootrest grip*. Optimalisasi *toolpath strategy* digunakan untuk memperoleh verifikasi *machining strategy* yang sesuai dengan permintaan *costumer* menggunakan *Vercut* 7.1.1 dan memperoleh waktu aktual yang dibutuhkan untuk permesinan 2 produk tersebut di mesin CNC. Hasil dari penelitian ini adalah *prototype seat grip* dan *pootrest grip* yang sesuai dengan permintaan *costumer*.

Anggoro dan Yuniarto (2012) menyebutkan tentang simulasi permesinan *prototype* kontruksi *mold base Honda Freed Mirror* material ebalta. Anggoro dan Yuniarto menggunakan *software PowerShape* 2012 dan *PowerMill* 2012 untuk membuat simulasinya. *Brainstorming* digunakan untuk memperoleh ide tentang *toolpath strategy*. *Output* yang dihasilkan dari penelitian ini adalah *strategy* permesinan yang optimal untuk *prototype* kontruksi *mold base Honda Freed Mirror*.

Edwin (2014) menyebutkan tentang pengaplikasian *New High Speed Machining Roughing Strategy* pada mesin CNC YCM EV1020A yang terdapat di Laboratorium Proses Produksi Universitas ATMA JAYA Yogyakarta.

Dika (2016) menyebutkan tentang pemilihan *strategy toolpath* untuk mengerjakan produk *mold botol oli* dengan material S45C. Mesin CNC yang digunakan oleh Dika adalah mesin CNC YCM EV1020A. Dalam penelitiannya menggunakan

software *PowerShape* 2014 dan *PowerMILL* 2014. Hasil dari penelitian adalah pemilihan *strategy toolpath* yang optimal untuk hasil kekasaran produk mold.

2.2. Penelitian Sekarang

Perbedaan penelitian sekarang dengan penelitian terdahulu adalah pada optimalisasi proses pengerjaan produk manufaktur yang menggunakan material logam *mild steel*. Peneliti akan membahas tentang pengaruh variasi parameter *strategy machining* terhadap kekasaran permukaan yang dihasilkan pada produk-produk manufaktur menggunakan mesin CNC milling. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan *toolpath strategy* optimal yang dapat mendapatkan kualitas permukaan terbaik. Output akhir yang diharapkan dari penelitian ini adalah masukan penting berupa parameter pemesinan yang optimal untuk pengerjaan material *mild steel* sebagai produk – produk manufakturing.

2.3. Dasar Teori

2.3.1. Proses Milling

Mesin milling merupakan salah satu mesin perkakas pada dunia industri yang berfungsi untuk meratakan permukaan benda kerja dan dapat mengerjakan benda kerja dengan bentuk yang bermacam – macam (profil, radius, silindris, dan lain-lain) yang sesuai dengan ukuran dan kualitas permukaan yang sudah ditentukan yang menghasilkan chip. Prinsip kerja mesin milling adalah benda kerja dicekam dan diam dengan meja mesin (*bed machine*) yang bergerak menuju alat potong yang berputar. Gerakan meja pada mesin *miling* ada 3:

a. Gerakan utama

Gerakan berputarnya alat potong pada sebuah spindle mesin milling. Satuan yang biasa digunakan adalah RPM (*rotation per minute*).

Simbol: “n”.

b. Gerakan pemakanan (*Feeding*)

Kecepatan gerak benda kerja pada saat proses pemotongan oleh *cutter*.

Satuan: mm / menit

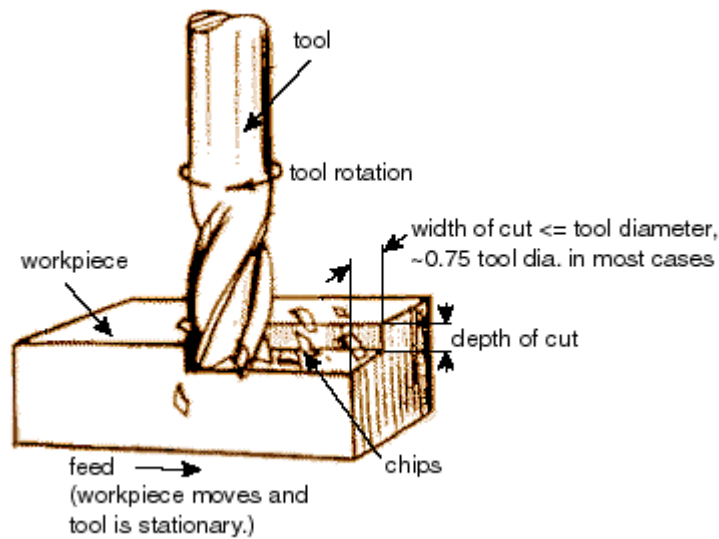
Simbol: “s”.

c. *Depth of Cut*

DOC adalah gerakan memasukkan kedalaman pemakanan *cutter* terhadap benda kerja.

Satuan: mm

Simbol: “a” atau “t”



Gambar 2. 1. Gerakan utama, *feeding*, dan *depth of cut*

Prinsip pemotongan pada mesin *milling* ada 2, yaitu:

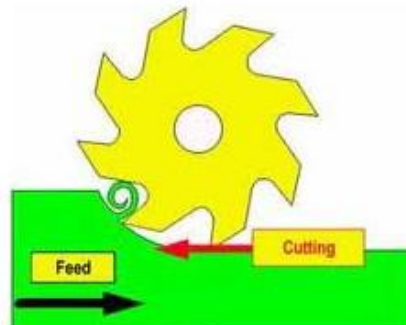
i. Pemotongan *Face Cutting*

Pemotongan *face cutting* adalah pemotongan material dengan menggunakan sisi bawah atau muka (*face*) dari *cutter*.

ii. Pemotongan *Side Cutting*

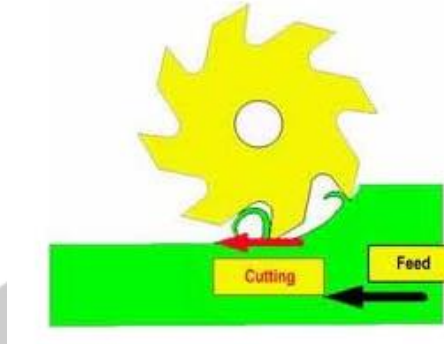
Pemotongan *side cutting* adalah pemotongan material dengan menggunakan sisi samping alat potong. Pemotongan *Side Cutting* dibedakan menjadi 2, yaitu:

- a. Pemotongan *Climbing* adalah pemotongan benda kerja dengan arah putaran alat potong (*cutter*) searah dengan gerakan pemakanan benda kerja yang berada di atas *bed* mesin.



Gambar 2. 2. Pemotongan *Climbing*

- b. Pemotongan *Conventional* adalah pemotongan benda kerja dengan arah putaran alat potong (*cutter*) berlawanan arah dengan gerakan pemakanan benda kerja yang berada di atas *bed* mesin.



Gambar 2. 3. Pemotongan Konvensional

Dalam melakukan permesinan yang penting dan harus ditentukan terlebih dahulu adalah penggunaan kecepatan potong dan juga *feeding* yang digunakan. Rumus kecepatan potong dan *feeding* sebagai berikut:

$$S = \frac{1000cs}{\pi d} \quad (2.1)$$

$$F = F_z \times n \times S \quad (2.2)$$

Keterangan:

S : Kecepatan *spindle* (rpm)

Cs : *Cutting speed* (meter/menit)

μ : 3,14

d : diameter *cutter*

F : *feeding* (mm/ menit)

Fz : feed per tooth (mm/ *tooth*)

n : jumlah mata potong sasad

2.3.2 Material *Mild Steel*

Mild Steel kadang disebut juga sebagai *plain carbon steel* ataupun baja karbon rendah. Menurut standar yang ditetapkan Amerika, *mild steel* memiliki kandungan karbon sekitar 0,05–0,25% dan tidak terdapat campuran bahan lain yang cukup signifikan. Material *mild steel* banyak digunakan untuk berbagai aplikasi dikarenakan *mild steel* mudah untuk dibuat dan harganya relatif murah. Sifat umum yang dimiliki dari *mild steel* adalah kuat. *Mild steel* juga dapat memiliki sifat

magnetis. Sehingga *mild steel* juga dapat digunakan pada mesin motor maupun peralatan listrik.

Tabel 2. 1. Spesifikasi Mild Steel

	Satuan
Uji kekerasan, Brinell	120 HB
Kekuatan tarik	440 Mpa
Massa jenis	7.85 g/cm ³
Modulus geser	80 GPa
Modulus Elastisitas	205 GPa
Kandungan karbon	0,05–0,25%

<i>Material</i>	<i>Cutting Speed, $\frac{m}{min}$</i>				
	<i>Turning</i>		<i>Drilling</i>	<i>Milling</i>	
	<i>HSS</i>	<i>Carbide</i>	<i>HSS</i>	<i>HSS</i>	<i>Carbide</i>
Mild steel	20-35	90-135	20-30	20-35	75-130
Aluminum	150-180	335-365	30-120	150-180	335-365
Free machining brass	90-105	180-200	50-55	90-105	180-200
Other brass & bronze	60-75	150-165	35-40	60-75	150-165
Copper & phosphor bronze	30-35	60-65	20	30-35	60-65
Wood & plastic	60-150	150-450	20-90	120	180-450
Unhardened stainless steel	20-35	70-120	15-25	15-30	60-115
Class 20 cast iron	35	135	30	130	30

Gambar 2. 4 Cutting speed

(Sumber: <http://www.me.umn.edu>)

2.3.3. Numerical Control (NC)

Numerical Control atau biasa disebut dengan *NC code* adalah program terotomasi yang menggunakan *variable* untuk mengontrol jalannya suatu mesin produksi. *Variable* untuk melakukan program berupa rangkaian kode yang berisikan huruf kemudian dilanjutkan dengan angka yang setiap kombinasinya memiliki perintah tersendiri. Aplikasi NC biasa dilakukan pada mesin milling, mesin drill, maupun mesin perkakas lainnya.

2.3.4. Computer Numerical Control (CNC)

Teknologi *numerical control* nantinya akan berkembang menjadi CNC. CNC adalah suatu peralatan yang digunakan untuk membaca dan menjalankan program menjadi gerakan pada suatu mesin produksi dengan menggunakan *microprocessor* sebagai unit pengontrol.

Suatu mesin yang menggunakan teknologi CNC biasa disebut mesin CNC. Untuk menjalankan mesin CNC maka dibutuhkan sebuah *software*. *Software* mesin CNC juga beragam, banyak perusahaan menciptakan *software* CNC mereka sendiri agar lebih optimal dan sesuai dengan produk dari perusahaan. Mesin CNC terhubung dengan sebuah komputer agar dapat menjalankan *software* tersebut untuk membuat program maupun melakukan pergantian pada suatu program yang sudah dibuat.

2.3.5. Mesin *Milling* CNC

Mesin produksi yang cukup sering digunakan oleh perusahaan yang mengedepankan otomasi dan ketelitian adalah mesin *milling* CNC. Untuk menjalankan mesin CNC *milling* menggunakan input NC *code* yang sebelumnya telah dibuat di sebuah aplikasi untuk melakukan simulasi agar tidak terjadi kesalahan pada saat proses sesungguhnya. Jenis dari mesin *milling* CNC sendiri cukup banyak dan memiliki beragam modifikasi khusus untuk menyesuaikan dengan customer yang membutuhkan.



Gambar 2. 5 Mesin milling CNC

(Sumber: www.quaser.com)

2.3.6. DELCAM

Terdapat berbagai perusahaan yang menyediakan *software* CAD/CAM salah satunya adalah Delcam. Perusahaan Delcam berdiri secara resmi pada tahun 1977. Delcam adalah perusahaan penyedia perangkat lunak di dunia manufakturing. *Software* Delcam juga sudah digunakan lebih dari 15.000 perusahaan. Beberapa *software* yang diciptakan delcam adalah *PowerShape* dan *PowerMill*.

a. *PowerShape* 2014

Software CAD *PowerShape* (PSHape) dari PT. Delcam digunakan untuk melakukan proses *drafting* atau pembuatan gambar dari suatu desain dan dikhususkan untuk desain suatu produk. *PowerShape* juga memiliki paket *software* pemodelan yang lengkap seperti *PS-Mold* yang digunakan untuk membuat *mold tool*, *PS-Assembly* yang digunakan untuk melakukan pemodelan rakitan dari gambar *solid* dan masih banyak lagi fitur yang terdapat pada *powershape*.

b. *PowerMill* 2014

PowerMill 2014 digunakan untuk melakukan simulasi mesin CNC. *PowerMill* memiliki segala yang dibutuhkan untuk mengerjakan proses permesinan yang memiliki tingkat kompleksitas tinggi sekalipun. *Software* *PowerMill* juga cukup mudah untuk dipelajari karena memiliki basic yang sama dengan program yang serupa. *PowerMill* juga dapat membaca gambar dari *software* desain lain contohnya Catia, IGES, UG dan lain-lain dalam bentuk simulasi permesinan, waktu permesinan yang dibutuhkan, dan G-Code.

2.3.7. Brainstorming

Salah satu untuk mendapatkan ide kreatif adalah dengan menggunakan metode *brainstorming*. *Brainstorming* dianggap cukup baik untuk memunculkan ide dan mendapatkan alternative lain. Metode *brainstorming* juga memiliki waktu yang relatif lebih singkat. Metode *brainstorming* biasanya dilakukan oleh sebuah kelompok akan tetapi tidak menutup kemungkinan untuk dilakukan secara individu. Terdapat tahapan-tahapan untuk melakukan *brainstorming* yaitu :

- a. Sebuah tim yang beranggotakan minimal 3 orang yang mempunyai kemampuan, ketrampilan, pengalaman tentang masalah tersebut, dan menguasai pengetahuan atau materi yang akan dibahas, hal berguna ini untuk mengidentifikasi masalah.
- b. Mengumpulkan ide-ide tentang permasalahan yang terjadi dari tiap anggota tim.

- c. Membuat pertanyaan mendasar tentang permasalahan tersebut dan berikan prioritas untuk setiap pertanyaan sehingga anggota tim dapat mengetahui permasalahan yang diprioritaskan untuk diselesaikan.
- d. Setiap anggota memberikan respon akan tetapi tidak diperbolehkan untuk mengevaluasi ide orang lain.
- e. Anggota tim mersepon melalui dua tahap: anggota tim menuliskan idenya masing-masing secara singkat dan jelas. Selanjutnya ide tersebut disampaikan kepada anggota tim sehingga semua anggota tim dapat mengetahui setiap ide dari tim tersebut.
- f. Anggota tim dipertemukan kemudian mengkomunikasikan ide ide tersebut.
- g. Mengikuti *brainstorming* dari awal dan lakukan tes untuk setiap ide atau respon tujuannya untuk mengetahui hubungan atau relevansi antara ide dengan permasalahannya dan pemahaman untuk masing-masing ide.
- h. Menuliskan hasil dari *brainstorming* tersebut.

2.3.8. Perancangan Eksperimen

Perancangan eksperimen diperlukan untuk melakukan uji coba dengan parameter dan pengukuran yang optimal guna meningkatkan kualitas suatu produk. Definisi dari perancangan eksperimen sendiri adalah suatu rancangan eksperimen (beberapa kali tindakan) sehingga informasi akan saling berhubungan yang diperlukan untuk menjawab permasalahan yang sedang dikerjakan (Sudjana, 1991).

Eksperimen merupakan tes yang dilakukan untuk membuat perubahan pada tiap variable inputnya yang nantinya akan mempengaruhi dari hasil variable output. Variabel output inilah nantinya akan diteliti apakah terjadi perubahan hasil atau tidak. Eksperimen berperan penting untuk melakukan pengembangan proses maupun perancangan produk baru.

2.3.9. Metode Taguchi

Metode taguchi merupakan pendekatan terstruktur untuk mendapatkan kombinasi terbaik agar hasil dari jasa maupun produk dapat maksimal. Penemu metode taguchi adalah Genichi Taguchi yang merupakan seorang *engineer* dari Jepang. Taguchi memberikan pendapat bahwa kualitas produk adalah kerugian minimum yang didapatkan konsumen sejak barang siap dikirimkan hingga ke tangan konsumen.

Produk yang berkualitas tinggi dan bebas dari cacat tidaklah cukup. Genichi Taguchi berpendapat bahwa kualitas produk tidak hanya pada proses produksinya melainkan dari segi biaya hingga dampak kerugian yang didapatkan konsumen. Taguchi memberikan pendekatan melalui *S/N Ratio (Signal To Noise)* yang digunakan untuk memilih faktor yang memiliki suatu kontribusi pada pengurangan kombinasi suatu respon dan meneliti seberapa banyak pengaruh faktor pengganggu terhadap kombinasi yang dihasilkan. Tujuan dari pendekatan ini adalah untuk mengetahui nilai level dari faktor yang berpengaruh terhadap eksperimen. Jenis yang dipilih dari *S/N Ratio* berdasarkan pada karakteristik yang diinginkan, dengan rumus:

a. *Small The Better*

Karakteristik kualitas yang menjelaskan dimana nilai yang dihasilkan semakin rendah, maka kualitas akan semakin baik. Nilai *S/N* untuk jenis karakteristik ini adalah:

$$S/N = -10 \cdot \log (\Sigma(y^2)/n) \quad (2.3)$$

Keterangan:

y : Hasil percobaan

n : Jumlah replikasi

b. *Nominal The Better*

Karakteristik kualitas yang menjelaskan ditetapkan suatu nilai nominal tertentu, jadi apabila nilainya semakin mendekati nominal yang sudah ditetapkan maka kualitasnya akan semakin baik. Nilai *S/N* untuk jenis karakteristik ini adalah:

$$S/N = -10 \cdot \log (s^2) \quad (2.4)$$

Keterangan:

s : standar deviasi hasil dari semua faktor

c. *Large The Better*

Karakteristik kualitas yang menjelaskan dimana nilai yang dihasilkan semakin besar maka kualitas akan semakin baik. Nilai *S/N* untuk jenis karakteristik ini adalah:

$$S/N = -10 \cdot \log (\Sigma(1/Y^2)/n) \quad (2.5)$$

Keterangan:

y : Hasil percobaan

n : Jumlah replikasi

2.3.10. Orthogonal Array

Orthogonal array merupakan matrik nomor yang terdiri dari baris dan kolom. Setiap baris mewakili keadaan dari suatu faktor yang dilakukan pada sebuah eksperimen sedangkan untuk kolom mewakili sebuah faktor yang spesifik yang bisa berubah tiap eksperimen yang dilakukan. *Orthogonal array* juga terdapat beberapa faktor dan level.

Fungsi dari orthogonal array sendiri adalah untuk merancang suatu desain percobaan yang nantinya percobaan tersebut akan dianalisa. Pemilihan dari orthogonal array sendiri harus sesuai dengan jumlah level dan faktor yang akan dilakukan percobaan.

Misal: $L_{12}(2^{11})$

- a. 12 artinya perlakuan dilakukan sebanyak 12 kali
- b. 2 artinya terdapat 2 level
- c. 11 artinya jumlah faktor

Dibawah ini adalah tabel standar *orthogonal array* yang dirumuskan oleh *Taguchi* :

Tabel 2. 1 Standar Orthogonal Array

2 Level	3 Level	4 Level	5 Level	Mixed-Level
$L_4(2^3)$	$L_9(3^4)$	$L_{16}(4^5)$	$L_{25}(5^6)$	$L_{18}(2^6 \times 3^7)$
$L_8(2^7)$	$L_{27}(3^{13})$	$L_{64}(4^{21})$		$L_{32}(2^6 \times 4^9)$
$L_{12}(2^{11})$	$L_{81}(3^{40})$			$L_{36}(2^6 \times 3^{12})$
$L_{16}(2^{15})$				$L_{36}(2^6 \times 3^{13})$
$L_{32}(2^{31})$				$L_{54}(2^6 \times 3^{25})$
$L_{64}(2^{63})$				$L_{50}(2^6 \times 5^{11})$

2.3.11. Analisis Data

Setelah diperoleh data dari eksperimen maka, langkah selanjutnya adalah analisis data hasil percobaan. Analisis data merupakan langkah terakhir dari *DoE*. Pada analisis data dilakukan pengumpulan dan pengolahan data yang kemudian ditampilkan dengan *layout* tertentu sesuai dengan metode dan desain yang dipilih dan dilakukan pengujian data.

2.3.12. Analysis of Variance (ANOVA)

Analysis of variance (ANOVA) adalah suatu cara atau metode untuk menguraikan variansi total data menjadi komponen-komponen yang mengukur berbagai sumber varian. ANOVA berguna dalam pengujian hipotesis untuk membandingkan nilai rerata sampel dengan membandingkan *unbiased estimated varians* populasi dari sumber yang berbeda.

2.3.13. Two-Way ANOVA

Dalam penelitian ini terdapat perbandingan antara dua atau lebih faktor spesifik sehingga digunakan *multi-way ANOVA* untuk menentukan varian yang disebabkan oleh rerata, faktor, dan *error* (Belavendram, 1995). Metode *multi-way ANOVA* memiliki tahapan sebagai berikut:

a. Rata-rata Respon Tiap Eksperimen

Rata-rata adalah data kualitatif yang terdapat dalam populasi dihitung dengan membagi jumlah nilai data oleh banyaknya data. Rumus rata-rata adalah:

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N} \quad (2.6)$$

Keterangan:

μ : nilai rata-rata populasi

X_i : data ke-i

N : ukuran populasi

b. Nilai Rata-rata Seluruh Respon

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n} \quad (2.7)$$

Keterangan:

$\bar{y}$: nilai rata-rata seluruh respon

n : banyaknya percobaan

c. Perhitungan Rata-rata setiap faktor dan level (Perhitungan Tabel Respon)

d. Sum of Square Total (Total Jumlah Kuadrat)

$$ST = \sum_{i=1}^n (y_i)^2 \quad (2.8)$$

Keterangan:

y_i : nilai pengamatan

n : banyak pengamatan

e. *Sum of Square Due to The Mean* (Jumlah Kuadrat Rerata)

$$Sm = n \cdot \bar{y}^2 \quad (2.9)$$

f. *Sum of Square Due to The Factor* (Jumlah Kuadrat Karena Faktor)

Contoh perhitungan *sum of square due to the factor* untuk faktor A adalah:

$$SA = n_{A1} \cdot \bar{y}_{A1}^2 + n_{A2} \cdot \bar{y}_{A2}^2 + n_{A3} \cdot \bar{y}_{A3}^2 - Sm \quad (2.10)$$

Keterangan:

A_1 : nilai data pada level 1 untuk faktor A

n_{A1} : jumlah data pada level 1 untuk faktor A

g. *Sum of Square Due to Error* (Jumlah Kuadrat Karena Kesalahan)

$$Se = ST - Sm - \sum_{i=A}^n Si \quad (2.11)$$

$$\sum_{i=A}^n Si = SA + SB + SC + SD + SE + SF \quad (2.12)$$

h. *Mean Sum of Square* (Jumlah Kuadrat Rata-rata)

$$Mq_A = \frac{SA}{v_A} \quad (2.13)$$

SA : jumlah kuadrat karena faktor A

v_A : derajat kebebasan faktor A

i. Uji Rasio-F (*F-ratio*)

Ketika ANOVA tidak dapat membuktikan adanya perbedaan perlakuan maupun pengaruh faktor dalam suatu percobaan, maka secara statistik terdapat metode yang menyediakan keputusan pada suatu tingkat kepercayaan apakah terdapat perbedaan secara signifikan dalam mengestimasi. Metode tersebut adalah *F-Test*. Cara untuk melakukan *F-Test* adalah dengan melakukan perbandingan variasi *error* dan variasi yang dihasilkan tiap faktornya. Variasi *error* merupakan varian tiap individu dalam suatu pengamatan yang timbul dikarena faktor dari luar yang tidak dapat dikendalikan (Belavendram, 1995). *F-Test* dapat dirumuskan dengan:

$$F = \frac{MSTR}{MSE} \quad (2.14)$$

Keterangan:

MSTR: rata-rata jumlah kuadrat faktor A

MSE: rata-rata jumlah kuadrat *error*

Hasil dari *F-Ratio* (F_{hitung}) nantinya dibandingkan dengan nilai F dari tabel dengan harga α tertentu yang biasa disebut dengan F_{tabel} . Hipotesis pengujian dalam suatu percobaan adalah:

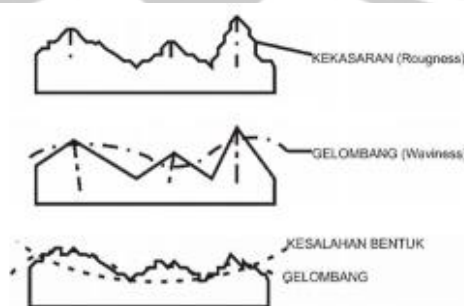
H_0 : tidak ada pengaruh pada perlakuan

H_1 : ada pengaruh pada perlakuan

Apabila nilai $F-Ratio \leq F_{tabel}$ maka H_0 diterima, sebaliknya bila $F-Ratio \geq F_{tabel}$ maka H_0 ditolak.

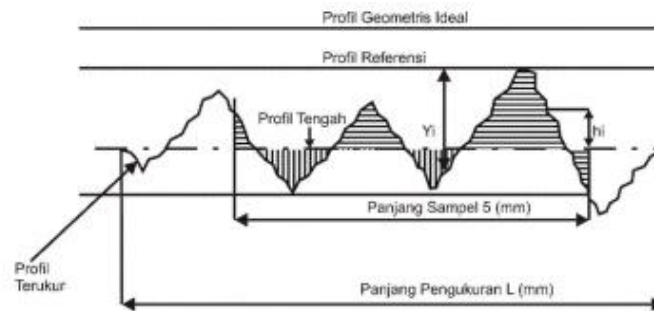
2.3.14. Kekasaran Permukaan

Istilah permukaan didalam dunia teknik adalah suatu batas yang memisahkan benda padat dengan sekitarnya. Terdapat dua jenis permukaan yaitu permukaan kasar (*roughness*) dan permukaan yang bergelombang (*waviness*). Sebenarnya kedua hal tersebut juga dapat diketahui melalui indera perasa atau memakai ujung jari dari manusia. Permukaan yang kasar adalah permukaan yang berbentuk gelombang pendek yang terjadi karena proses *machining* yang dilakukan pada benda kerja tersebut, misalnya alat potong yang tidak tajam, kecepatan pemakanan yang terlalu cepat, kedalaman permukaan yang terlalu besar, dan banyak faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi permukaan benda kerja. Sedangkan permukaan bergelombang adalah permukaan yang mempunyai bentuk gelombang panjang yang tidak teratur dan terjadi akibat kesalahan proses misalnya pada saat benda tersebut mengalami proses perlakuan panas (*heat treatment*) atau proses penggerindaan yang tidak sempurna dan faktor-faktor yang lain. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. 6 Kekasaran, Gelombang, Kesalahan Bentuk Permukaan

Beberapa profil yang terdapat pada permukaan suatu benda kerja:



Gambar 2. 7 Profil Suatu Permukaan

a. Profil Geometris Ideal (*Geometrically Ideal Profile*)

Profil ini adalah profil yang ideal dari suatu permukaan tetapi profil ini tidak mungkin dapat dicapai karena banyak faktor yang mempengaruhi dalam proses pengerjaan suatu benda kerja.

b. Profil Referensi (*Reference Profile*)

Profil permukaan ini digunakan sebagai referensi dalam menganalisa karakteristik permukaan benda kerja. Profil permukaan referensi hampir sama dengan profil permukaan

c. Profil Terukur (*Measured Profile*)

Profil terukur adalah profil permukaan benda kerja yang didapatkan dari hasil suatu pengukuran permukaan. Profil ini nantinya yang digunakan sebagai data untuk menganalisis karakteristik kekasaran permukaan benda kerja hasil dari permesinan.

d. Profil Dasar (*Root Profil*)

Profil dasar adalah profil referensi yang pengukurannya terletak pada titik terendah profil terukur.

e. Profil Tengah (*Centre Profil*)

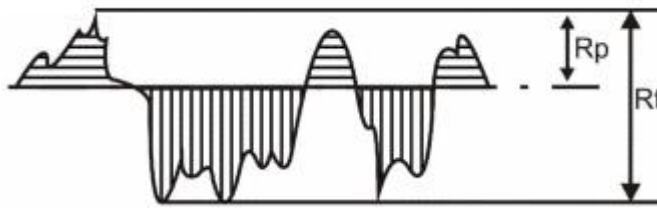
Profil tengah adalah profil yang berada di tengah-tengah posisi titik teratas dan titik terbawah profil terukur.

f. Kedalaman Total (*Peak to Valley*), R_t

Kedalaman total adalah jarak antara profil tertinggi sampai dengan profil terendah.

g. Kedalaman Perataan (*Peak to Mean Line*), R_p

Kedalaman perataan adalah jarak rata-rata dari profil tertinggi sampai terendah.



Gambar 2. 8 Kedalaman Total dan Kedalaman Perataan

(Sumber: www.staff.uny.ac.id)

h. Kekasaran Rata-Rata Aritmetis (*Mean Roughness Indec/Center Line Average*)

Ra

Kekasaran rata-rata adalah nilai rata-rata secara aritmetis dari nilai absolute antara profil terukur dengan profil tengah dari suatu permukaan benda kerja.

i. Toleransi Harga Ra

Toleransi harga Ra adalah kelas-kelas kekasaran yang terdapat pada permukaan suatu produk. Besarnya toleransi Ra biasanya adalah antara 50% ke atas sampai 25% ke bawah. Satuan untuk kekasaran permukaan adalah μm . Tabel di bawah menunjukkan kelas-kelas dari nilai kekasaran rata-rata permukaan.

Tabel 2. 2 Toleransi Nilai Kekasaran Rata-Rata Ra

Kelas kekasaran	Harga C.L.A (μm)	Harga Ra (μm)	Toleransi	Panjang Sample (mm)
N1	1	0.0025	0.02 - 0.04	0.08
N2	2	0.05	0.04 - 0.08	
N3	4	0.0	0.08 - 0.15	
N4	8	0.2	0.15 - 0.3	0.25
N5	16	0.4	0.3 - 0.6	
N6	32	0.8	0.6 - 1.2	
N7	63	1.6	1.2 - 2.4	
N8	125	3.2	2.4 - 4.8	0.8
N9	250	6.3	4.8 - 9.6	
N10	500	12.5	9.6 - 18.75	2.5
N11	1000	25	18.75 - 37.5	
N12	2000	50	37.5 - 75	8

(sumber: www.staff.uny.ac.id)