

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

(Akkurt,2014) dengan penelitian yang berjudul “*The Effect of Cutting Proses on Surface Microsruicture and Hardness of Pure and Al 6061 Aluminium Alloy*” bahwa dengan diberikannya variasi Cutting speed tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai kekerasan pada hasil pemotongan benda kerja yang digunakan.

(Bekir, 2016) dengan penelitian yang berjudul “*Laser cutting of various materials: Kerf width size analysis and life cycle assessment of cutting process*” mempelajari kualitas dan lebar kerf beberapa material yang dipotong menggunakan laser cutting .Diketahui bahwa meningkatkan laser power atau mengurangi *cutting speed* akan menghasilkan peningkatan dari ukuran lebar kerf.

(Abdul, 2016) dengan judul “*An investigation of laser cutting quality of 22MnB5 ultra high strength steel using response surface methodology*” bahwa laser power yang tinggi dengan kecepatan pemotongan yang rendah akan menghasilkan area HAZ (*Heat Affected Zone*) yang lebih tebal dan meningkatkan lebar kerf.

(Stournaras, 2009) dengan judul “*An investigation of quality in CO2 laser cutting of aluminum*” bahwa laser power dan *cutting speed* memiliki peran yang sangat penting dalam menghasilkan kualitas pemotongan dikarenakan kombinasi dari keduanya akan menentukan jumlah panas yang masuk ke rezim pemotongan dan sangat mempengaruhi lebar kerf dan kualitas permukaan dari suatu material.

(Ahmed, 2013) dengan judul “*CO₂ laser cutting of alloy steels using N₂ assist gas*” bahwa jika ingin mendapatkan kualitas permukaan yang lebih baik maka sangat disarankan untuk menggunakan gas N₂ sebagai gas bantu dan jika ingin mendapatkan nilai Ra yang kecil maka gunakan kecepatan pemotongan yang paling tinggi dengan posisi focus.

2.2 Proses Manufaktur

Proses manufaktur adalah proses mengubah bentuk, sifat dan penampilan bahan baku (*starting materials*) menjadi produk melalui proses fisik maupun proses kimia. Proses manufaktur membutuhkan komponen sedrehana untuk diproses sehingga menjadi barang yang lebih kompleks. Contohnya kompoen seperti baut, mur, plat besi an lain-lain yang

merupakan komponen dasar yang dapat dirakit dan mempunyai nilai yang lebih besar dan berguna.

Proses permesinan adalah proses pembuatan dengan cara membuang material yang tidak diinginkan pada benda kerja sehingga diperoleh produk akhir dengan bentuk, ukuran, dan surface finish yang diinginkan. Proses pemesinan yang biasa dilakukan di industri manufaktur adalah proses penyekrapan (*shaping*), proses penggurdian (*drilling*), proses pembubutan (*turning*), proses penyayatan/frais (*milling*), proses gergaji (*sawing*), dan proses gerinda (*grinding*). Proses pemesinan dibagi menjadi tiga kategori, yaitu:

1. Proses pemotongan (*cutting*), yaitu proses pemesinan dengan menggunakan pisau pemotongan dengan bentuk geometri tertentu.
2. Proses abrasi (*abrasive process*), seperti proses gerinda.
3. Proses pemesinan non tradisional yaitu yang dilakukan secara elektrik

Berdasarkan energi yang digunakan, proses pemesinan nontradisional dapat dibagi atas empat katagori:

1. Pemesinan ultrasonik (*ultrasonic machining, USM*),
2. Pemotongan pancaran air (*water jet cutting, WJC*),
3. Pemotongan pancaran air abrasif (*abrasive water jet cutting, AWJC*), dan
4. Pemesinan pancaran abrasif (*abrasive jet machining, AJM*).

2.3 Non Traditional Machining

Proses permesinan *non traditional* adalah suatu proses pemotongan atau pembentukan material menggunakan pahat berupa pahat non konvensional, berupa energi mekanik, thermal, elektrik, maupun kimia. Kelebihan dari ini adalah:

1. Benda kerja yang rumit dapat dengan mudah untuk dikerjakan.
2. Dapat memproses bagian-bagian dengan proses *finishing* yang kompleks dengan tingkat toleransi yang tinggi.
3. Dapat memproses komponen dengan material yang rapuh yang tidak dapat menahan kekuatan dari proses mesin konvensional.
4. Dapat memproses benda kerja dengan nilai kekuatan dan kekerasan yang tinggi (lebih dari 400HBN).
5. Untuk memperoleh hasil yang halus tanpa meninggalkan geram yang terjadi saat proses pemotongan.
6. Dapat mengurangi nilai tegangan sisa.

Mesin-mesin *non traditional* disini dapat dibagi menjadi beberapa menurut energi yang dipakai (media potong benda kerja) adalah:

1. *Romechanical energy processes* (media pemotongan dengan energi elektromekanika):
 - *Electrochemical machining*
 - *Electrochemical deburring*
2. *Mechanical energy processes* (media pemotongan dengan energi mekanik):
 - *WaterJet Cutter*
 - *Abrasive water jet cutter*
 - *UltrasonicMachining*
3. *Chemical machining*
 - *Mechanics and Cemistry of Chemical Machinin*
 - *CHM processes*
4. *Thermal energy processes* (media pemotongan dengan energi thermal):
 - *Electric beam machining*
 - *Electric discharge machining*
 - *ARC-cutting processes*
 - *Laser beam machining*
 - *Oxyfuel cutting processes*

2.4 Laser Cutting

Laser cutting adalah teknologi yang menggunakan laser untuk memotong bahan, dan biasanya digunakan untuk aplikasi industri manufaktur. *Laser cutting* bekerja dengan mengarahkan *output* dari laser daya tinggi paling sering melalui optik. Laser optik dan CNC (*computer numerical control*) yang digunakan untuk mengarahkan materi atau sinar laser yang dihasilkan. *Laser cutting* untuk industri dirancang untuk mengkonsentrasikan jumlah energi yang tinggi ke tempat yang kecil. Biasanya sinar laser cutting berdiameter sekitar 0,003-0,006 inci ketika menggunakan laser dengan panjang gelombang pendek. Energi panas yang dihasilkan oleh laser mencair, atau menguapkan bahan di daerah pengerjaan dan gas (atau campuran) seperti oksigen, CO₂, nitrogen, atau helium digunakan untuk membuang bahan yang menguap yang keluar dari goresan. Energi cahaya yang diterapkan langsung tempat yang membutuhkan, meminimalkan panas zonadi sekitar area yang dipotong. Sejarah, Pada tahun 1965, produksi mesin laser cutting pertama digunakan untuk mengebor lubang pada berlian. Mesin ini dibuat oleh Pusat Penelitian Teknik Western Electric pada tahun 1967, Inggris memelopori laser jet dibantu oksigen

pemotongan untuk logam. Pada awal 1970-an, teknologi ini dimasukkan ke dalam produksi pemotong titanium untuk aplikasi ruang angkasa. Pada saat yang sama laser CO₂ dikembangkan untuk memotong non-logam, seperti tekstil, karena mereka diserap oleh logam.

Laser cutting bekerja dengan mengarahkan output dari laser dengan daya tinggi, oleh komputer, pada bahan yang akan dipotong. Bahan mencair, terbakar, menguap, atau tertiup oleh jet gas, meninggalkan tepi dengan *finishing* permukaan yang berkualitas tinggi. Contohnya seperti LC1325M, LC 1390S, LC1313.

Ini adalah 3 Jenis dari *Laser Cutting* itu sendiri, yaitu:

1. CO₂ laser, untuk jenis ini lebih cocok untuk memotong, mengebor, dan memahat suatu bahan material. Jika anda ingin memotong, memahat, menggravir, dsb. Anda sangat disarankan untuk menggunakan yang jenis CO₂
2. Neodymium (Nd), jenis ini biasanya digunakan untuk mengebor dengan menggunakan energi yang besar, namun membutuhkan ketukan yang minim sekali.
3. Neodymium yttrium-Aluminum-Garnet (Nd-YAG), digunakan untuk pemotongan, pengeboran, pengukiran yang membutuhkan energi yang sangat sangat besar.

2.4.1 Komponen *Laser Cutting*

Laser (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) adalah suatu sumber radiasi yang memancarkan karakteristik sinar radiasi elektromagnetik diantara panjang gelombang ultraviolet dan *infrared*. Tidak semua laser memancarkan radiasi yang dapat dilihat oleh mata manusia (batas penglihatan manusia antara 400-750 urn). Laser mempunyai komponen-komponen yang memungkinkan terbentuknya suatu sinar laser, yaitu:

1. Medium Laser

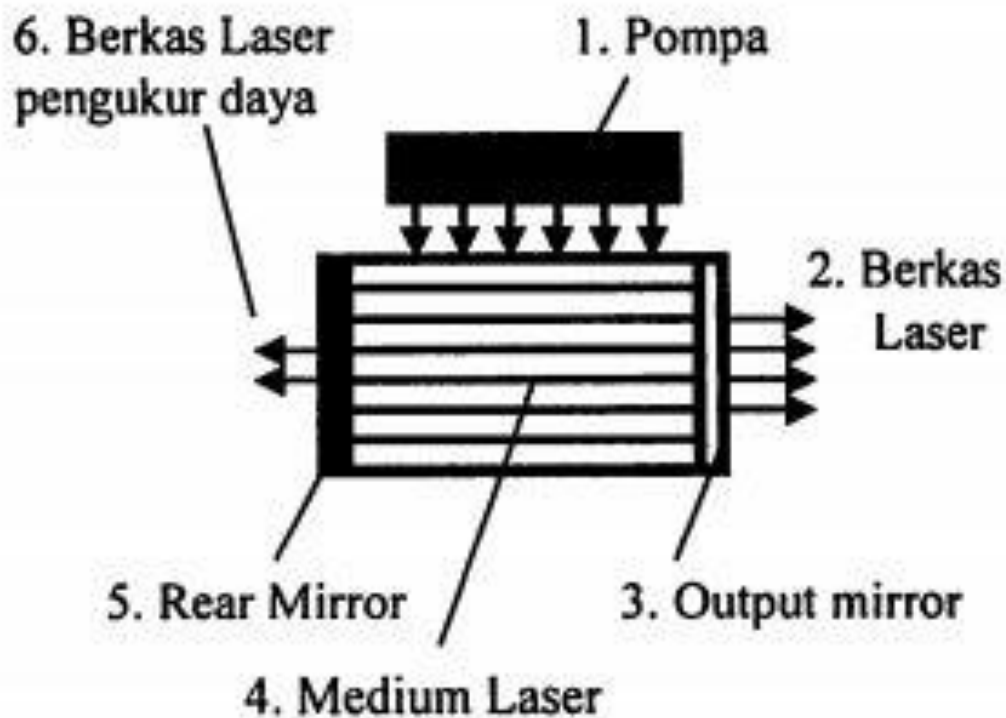
Medium laser adalah suatu material dalam bentuk atom-atom, molekul molekul, atau ion-ion yang dibangkitkan dengan suatu energi sehingga dapat memancarkan suatu sinar laser. Medium laser dari laser CO₂ adalah campuran gas antara gas N₂, CO₂, dan He. Gas CO₂ berfungsi sebagai medium laser aktif, gas N₂ dibutuhkan sebagai pembangkit energi atom CO₂, sedangkan gas He digunakan untuk pengeluaran panas/ pendingin.

2. Sistem pompa

Pompa sebagai sumber energi dari sinar laser, yang berfungsi untuk membangkitkan atom-atom ke tingkat energi yang lebih tinggi dengan menggunakan frekuensi yang tinggi sekitar (13,56 MHz).

3. Resonator

Resonator merupakan tempat terbentuknya sinar laser. Pada resonator ini medium laser diletakkan diantara dua buah cermin, yaitu rear mirror dan output mirror. Susunan kedua cermin mempunyai kemampuan untuk memastikan gelombang sinar dipancarkan dalam arah yang benar. Pada rear mirrorf sinar laser dipantulkan, sedangkan pada *ouput mirror* 40-50% dari sinar laser itu dipancarkan keluar dari resonator.



Gambar 2.1 Komponen *Laser Cutting*

Sumber: A. Stournaras (2009:3)

Laser dapat dikelompokkan menjadi beberapa kelas berdasarkan medium yang digunakan untuk menghasilkan berkas sinar. Bahan ini bisa berbentuk padat, cair, gas dan semi konduktor. Jenis-jenis laser, yaitu:

1. *Solid state laser* adalah jenis laser yang dihasilkan karena pantulan dari warna yang dihasilkan oleh kristal, salah satunya adalah *laser ruby*.
2. *Dye laser* adalah sejenis laser yang terbuat dari cairan berwarna yang menghasilkan berkas laser jika diberi energi oleh kilau lampu atau laser lainnya.

3. Gas laser adalah jenis laser dengan medium gas campuran. Diantaranya adalah laser HeNe, laser Ar dan laser CO₂.
4. *Semi conductor* atau *Diode laser* umumnya berukuran kecil dan biasa terdapat pada perangkat elektronik seperti VCD, printer atau alat komunikasi.

Beberapa kelebihan dari laser cutting dibandingkan dengan mesin non konvensional yang lain:

Comparison of disconnection by water jet and other machining methods						
Comparison factor	Abrasive water jet	Laser cutting	Plasma cutting	Underwater plasma	Wire EDM	Milling cutting
Material thickness	A	C	B	B	A	B
Cutting quality	A	A	C	B	A	B
Lateral speed	B	A	B	B	B	B
Multi purpose use	A	D	B	B	B	B
Heat affected zone (HAZ)	A	D	D	C	C	B
Sensitive cutting	A	A	B	B	A	A
Secondary process requirement	A	B	B	B	B	B
Chip formation	B	C	C	C	A	B
Production flexibility	A	B	C	C	B	A
Overall process time	B	B	D	D	B	B

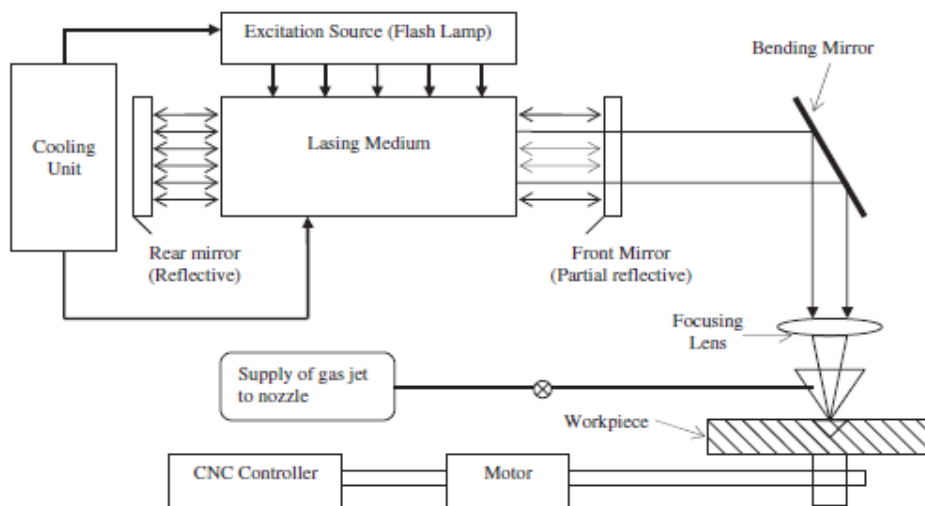
A: excellent; B: good; C: acceptable; D: unacceptable.

Gambar 2.2 Tabel perbandingan antar mesin non konvensional

Sumber: Adnan (2015:3)

2.4.2 Bagian-bagian pada Laser Cutting

Laser (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) adalah suatu sumber radiasi yang memancarkan karakteristik sinar radiasi elektromagnetik diantara panjang gelombang ultraviolet dan infrared. Tidak semua laser memancarkan radiasi yang dapat dilihat oleh mata manusia (batas penglihatan manusia antara 400-750 nm). Laser mempunyai komponen-komponen yaitu:

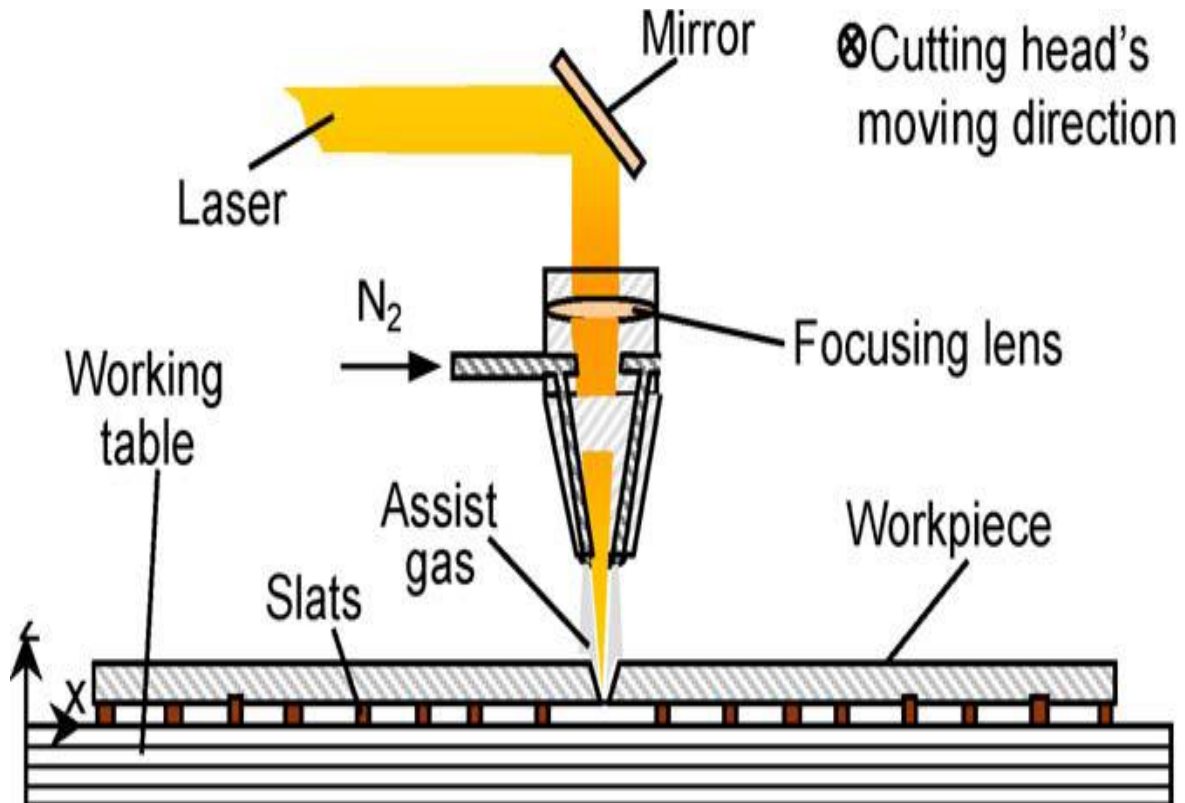


Gambar 2.3 Bagian-bagian *Laser beam machining*
Sumber: Dubay & Yadava (2007)

1. Medium pemompaan: Media dibutuhkan yang mengandung sejumlah besar atom. Atom media digunakan untuk menghasilkan laser.
2. *Flash Tube / Flash Lamp*: *Flash tube* atau lampu flash digunakan untuk memberikan energi yang diperlukan ke atom untuk merangsang elektron mereka.
3. *Power Supply*: Sumber daya tegangan tinggi digunakan untuk menghasilkan cahaya pada tabung senter.
4. Kapasitor: Kapasitor digunakan untuk mengoperasikan mesin sinar laser pada mode pulsa.

2.4.3 Prinsip Kerja Alat

Laser cutting dapat dibandingkan dengan memotong dengan miniatur obor yang dikendalikan oleh komputer. *Laser cutting* untuk industri dirancang untuk mengkonsentrasikan jumlah energi yang tinggi ke tempat yang kecil. Biasanya sinar *laser cutting* berdiameter sekitar 0,003-0,006 inci ketika menggunakan laser dengan panjang gelombang pendek. Energi panas yang dihasilkan oleh laser mencair, atau menguapkan bahan di daerah pengerjaan dan gas atau campuran seperti oksigen, CO₂, nitrogen, atau helium digunakan untuk membuang bahan yang menguap yang keluar dari goresan. Energi cahaya yang diterapkan langsung tempat yang membutuhkan, meminimalisir panas pada zona yang di potong. *Laser cutting* bekerja dengan mengarahkan output dari laser dengan daya tinggi, oleh komputer, pada bahan yang akan dipotong. Bahan mencair, terbakar, menguap, atau tertiuap oleh jet gas, meninggalkan tepi dengan finishing permukaan yang berkualitas tinggi.



Gambar 2.4 Prinsip kerja *Laser Cutting*

Sumber: A. Stouraras (2009:3)

Pembangkit sinar laser dilakukan dengan cara menstimulasi bahan penguat oleh pelepasan listrik atau lampu dalam wadah tertutup. Ketika bahan penguat distimulasi, sinar direfleksikan secara internal oleh cermin parsial, sampai mencapai energi yang cukup untuk keluar sebagai aliran cahaya koheren monokromatik. Cermin atau serat optic biasanya digunakan untuk mengarahkan cahaya koheren ke sebuah lensa, yang memfokuskan cahaya di zona kerja. Bagian tersempit dari sinar yang terfokus umumnya kurang dari 0,0125 inci (0,3175 mm) dalam diameter. Kepadatan daya tinggi menghasilkan pemanasan cepat, peleburan dan penguapan sebagian atau lengkap dari bahan.. Saat memotong baja tahan karat atau aluminium, sinar laser hanya melelehkan materialnya, dan nitrogen bertekanan tinggi digunakan untuk meniup logam cair dari kerf.

2.4.4 Keuntungan dan Kerugian *Laser Cutting*

Keuntungan dari laser cutting dari pemotongan mekanik adalah pengerjaan lebih mudah dan mengurangi kontaminasi benda kerja. Ketepatan pengerjaan mungkin lebih baik, karena kemampuan sinar laser tidak berkurang selama proses tersebut. Ada juga kemungkinan penurunan warping materi yang sedang dipotong, karena sistem laser memiliki zona terkena panas kecil. Beberapa bahan juga sangat sulit atau tidak mungkin untuk dipotong dengan cara yang tradisional. *Laser cutting* untuk logam memiliki

keunggulan dibandingkan plasma cutting, yaitu pengerjaan menjadi lebih tepat dan penggunaan energi yang lebih sedikit ketika memotong lembaran logam, bagaimanapun juga, kebanyakan mesin *laser cutting* untuk industri tidak dapat memotong logam tebal seperti yang dilakukan oleh mesin *plasma cutting*.

Mesin *laser cutting* baru yang beroperasi pada daya yang lebih tinggi (6000 watt, kontras dengan laser cutting awal dengan daya 1500 watt) sedang mendekati mesin plasma dalam kemampuan mereka untuk memotong bahan tebal, tetapi biaya modal mesin-mesin tersebut jauh lebih tinggi daripada mesin *plasma cutting*.

Kerugian utama dari *laser cutting* adalah konsumsi daya tinggi. Efisiensi laser cutting industri bisa berkisar dari 5%-15%. Konsumsi efisiensi dari laser tentu bervariasi tergantung pada daya keluaran dan parameter operasi. Tergantung pada jenis laser dan seberapa cocok penggunaan laser dengan pekerjaan. Jumlah daya yang diperlukan *laser cutting*, yang dikenal sebagaimasukan panas, untuk pekerjaan tertentu tergantung pada jenis material, ketebalan, proses yang digunakan, dan tingkat pemotongan yang diinginkan.

2.5 Parameter Proses Permesinan Pada *Laser Cutting*

Parameter yang dapat digunakan untuk proses permesinan pada alat *laser cutting* adalah sebagai berikut:

1. Gas yang di gunakan
2. Gas yang digunakan dalam mesin *laser cutting* terdiri dari tipe macam gas yaitu CO₂, N₂, O₂ dan He.
3. Tekanan gas
Tekanan laser pada alat ini sangat menentukan kualitas hasil akhir dari benda kerja yang dilakukan proses permesinan.
4. *Cutting speed*
Cutting speed adalah dimana kecepatan pemakanan suatu benda kerja di dalam waktutertentu.
5. Frekuensi pulsa
Jumlah pulsa laser yang digunakan pada saat proses pemotongan.

Parameters	Units	Level 1	Level 2	Level 3
Laser power	Watts	1500	1650	1800
Cutting speed	m/min	2	3	4
Pulsing frequency	Hz	8.000	9.000	10.000
Gas pressure	Bar	10	12	14

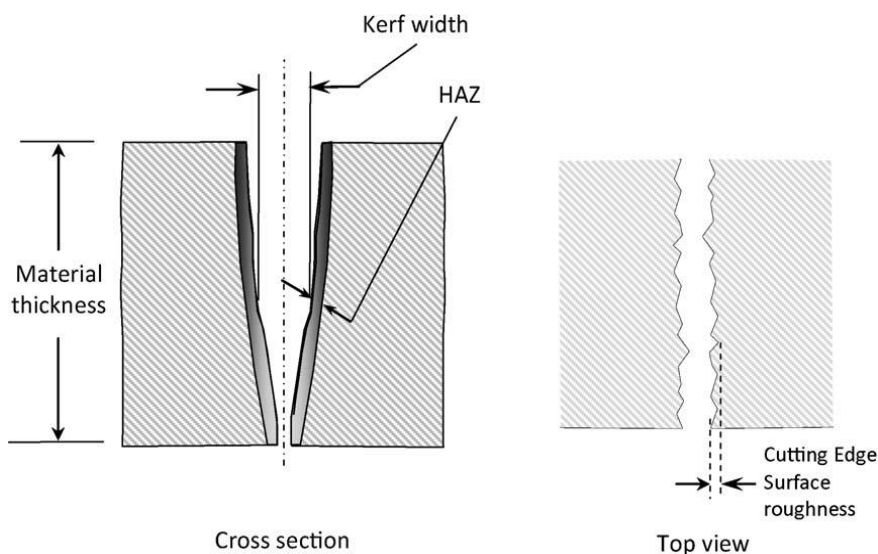
Gambar 2.5 Parameter pemotongan pada *Laser Cutting*
 Sumber: A. Stournaras (2009:3)

2.6 *Stainles Steel 304*

Stainless Steel adalah baja tahan karat yang mengandung sekitar 10,5% Kromium. Fungsi kromium tersebut untuk mencegah proses korosi (pengkaratan logam). Komposisi ini akan membentuk *protective layer* (lapisan pelindung anti korosi) yang berasal dari proses oksidasi oksigen terhadap Krom yang terjadi secara spontan. Lapisan tersebut berfungsi untuk menghindari terjadinya oksidasi pada besi (*Ferrous*). *Stainless Steel 304* sendiri adalah jenis stainless steel yang termasuk golongan *stainless steel austenitic*. Disebut *Stainless steel austenitic* karena kandungan materialnya cukup untuk dapat menstabilkan *austenite* pada suhu ruang. Golongan ini memiliki sifat *non magnetic*. Salah satu dari golongan tersebut adalah dengan tipe 304. Tipe ini memiliki keunggulan yaitu mampu tahan karat dan mampu las karena memiliki kandungan carbon yang rendah. Kandungan karbon yang dimiliki oleh 304 adalah berkisar 0,03%. SS304 sendiri dapat dikategorikan sebagai *Food Grade metal*. Artinya adalah *stainless steel* tersebut layak digunakan untuk alat perlengkapan makanan/ minuman, mesin pengolah makanan/ minuman. Bahan Logam tersebut tidak memindahkan, mengkontaminasi atau mencemari makanan/ minuman dengan zat-zat kimia logamnya, seperti perubahan warna dan rasa/ bau. *Stainless steel 304* memiliki spesifikasi AMS5513, ASTM A 240, ASTM A 666.

2.7 Kekasaran Permukaan

Menurut ISO 1302-1978 yang dimaksud dengan kekasaran permukaan adalah penyimpangan rata-rata aritmetik dari garis rata-rata profil. Definisi ini digunakan untuk menentukan harga dari rata-rata kekasaran permukaan. Dalam dunia industri, kebutuhan yang diinginkan masing-masing perusahaan berbeda, sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan. Nilai kekasaran permukaan sendiri memiliki nilai kualitas (N) yang berbeda. Dimana menurut ISO, nilai kualitas kekasaran permukaan dapat diklasifikasikan dari yang paling kecil adalah N1 dengan nilai kekasaran permukaan (Ra) 0,025 μ m hingga nilai tertinggi adalah N12 dengan nilai kekasaran permukaan (Ra) 50 μ m.



Gambar 2.6 Kekasaran permukaan
 Sumber: A. Stournaras (2009:3)

Hemlata Garg, (1987) dengan judul “*Implant Surface Modification: A review*” bahwa implant yang baik adalah yang memiliki nilai Ra berkisar 1-1,5 μm karena di saat implant di pasang pada tulang yang patah akan menimbulkan kontak terhadap implant tersebut dan nilai kekasaran tersebut adalah yang paling ideal untuk digunakan. Apabila terlalu halus memiliki resiko dislokasi saat pemasangan implant tulang.

Tabel 2.1
 Tabel nilai kualitas kekasaran permukaan (Ra)

Kelas Kekasaran	Harga Ra (μm)	Toleransi (μm) (+50% & - 25%)	Panjang sampel (mm)
N1	0,025	0,02 – 0,04	0,08
N2	0,05	0,04 – 0,08	0,25
N3	0,1	0,08 – 0,15	
N4	0,2	0,15 – 0,03	
N5	0,4	0,03 – 0,06	0,8
N6	0,8	0,6 – 1,2	
N7	1,6	1,2 – 2,4	
N8	3,2	2,4 – 4,8	
N9	6,3	4,8 – 9,6	2,5
N10	12,5	9,6 – 18,75	
N11	25	18,5 – 37,5	8
N12	50	37,5 – 75,0	

Sumber: Munadi (1980:230)

2.7.1 Parameter Kekasaran Permukaan

Ada 3 parameter yang digunakan untuk menentukan kekasaran permukaan, yakni:

1. R_a adalah penyimpangan rata-rata dari garis rata-rata profil.

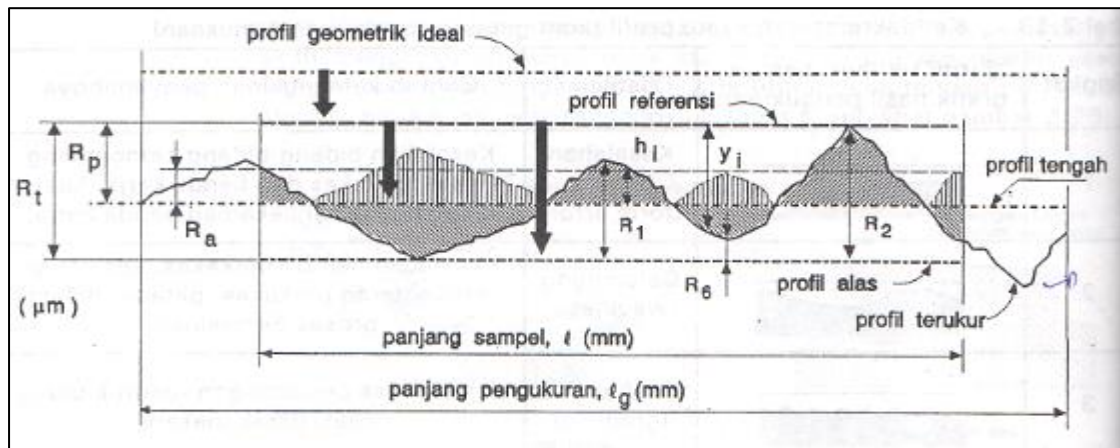
Kekasaran Rata-rata Aritmetis (*Mean Roughness Indec/Center Line Average, CLA*), merupakan harga-harga rata-rata secara aritmetis dari harga absolut antara harga profil terukur dengan profil tengah.

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l H_i \cdot dx \ (\mu m) \quad (2-1)$$

$$R_a = \frac{1}{l} [H_i \cdot x]_0^l \ (\mu m) \quad (2-2)$$

$$R_a = \frac{1}{l} H_i \cdot l - \frac{1}{l} H_i \cdot 0 \ (\mu m) \quad (2-3)$$

$$R_a = \frac{H_i l}{l} \ (\mu m) \quad (2-4)$$



Gambar 2.7 Kekasaran permukaan (R_a)

Sumber: Taufiq rochim (1980:56)

Ada beberapa cara untuk menentukan kekasaran rata-rata (R_a) dapat pula dilakukan secara grafis. Adapun caranya adalah sebagai berikut:

- a. Pertama, gambar sebuah garis lurus pada penampang permukaan yang diperoleh dari pengukuran (profil terukur) yaitu garis X-X yang posisinya tepat menyentuh lembah paling dalam.
- b. Kedua, ambillah beberapa sampel panjang pengukuran sepanjang L yang dapat memungkinkan memuat sejumlah bentuk gelombang yang hampir sama.
- c. Ketiga, ambillah luasan daerah A di bawah kurva dengan menggunakan metode ordinat. Dengan demikian diperoleh jarak garis center C - C terhadap garis X-X secara tegak lurus yang besarnya adalah:

$$H_m = \frac{\text{daerah A}}{L} \quad (2-5)$$

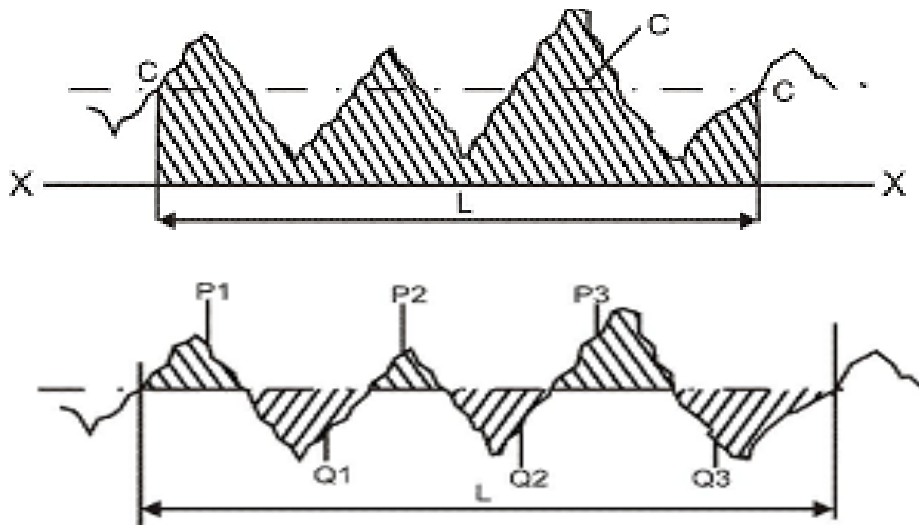
- d. Keempat, sekarang diperoleh garis yang membagi profil terukur menjadi dua bagian yang hampir sama luasnya, yaitu luasan daerah di atas ($P_1 + P_2 + P_3 + \dots$ dan seterusnya) dan luasan daerah di bawah ($Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots +$ dan seterusnya). Dengan demikian maka R_a dapat ditentukan besarnya yaitu:

$$R_a = \frac{\text{Luas daerah P} + \text{Luas daerah Q}}{L} \times \frac{1000}{V_v} (\mu\text{m}) \quad (2-6)$$

Dengan:

V_v = perbesaran vertikal. Luas P dan Q dalam milimeter

L = panjang sampel pengukuran dalam milimeter

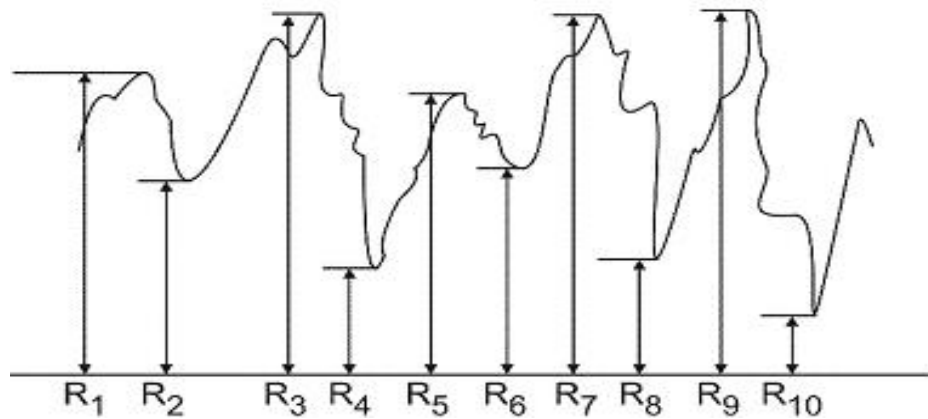


Gambar 2.8 Kekasaran rata-rata, R_a
Sumber: Munadi (1980:229)

2. R_z adalah ketidak rataan ketinggian pada sepuluh titik.

R_z sebetulnya hampir sama dengan kekasaran rata-rata aritmetis R_a , tetapi cara menentukan R_z adalah lebih mudah daripada menentukan R_a . Gambar 7.6. menunjukkan cara menentukan R_z . Sampel pengukuran diambil sejumlah profil yang memuat, misalnya 10 daerah yaitu 5 daerah puncak dan 5 daerah lembah.

Kemudian buat garis lurus horizontal di bawah profil permukaan. Tarik garis tegak lurus dari masing-masing ujung puncak dan lembah ke garis horizontal. Dengan cara ini maka diperoleh harga R_z yang besarnya adalah:

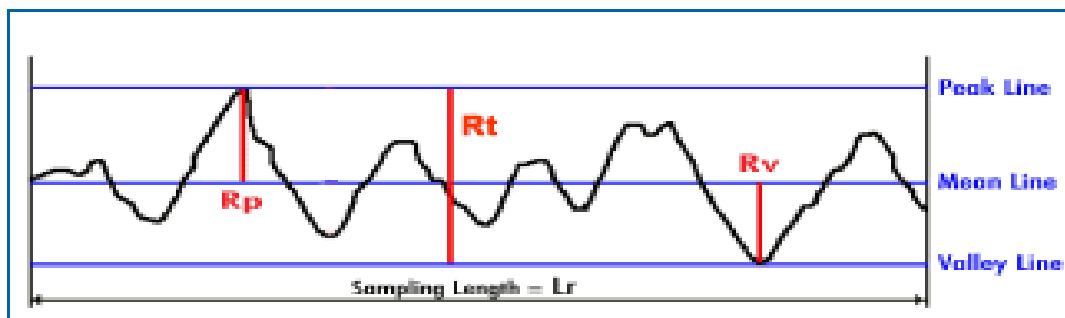


Gambar 2.9 Kekasaran permukaan Rz

Sumber: Munadi (1980:229)

$$R_z = \frac{1}{5}(R_1 + R_3 + R_5 + R_7 + R_9 + Pa) - \frac{1}{5}(R_2 + R_4 + R_6 + R_8 + R_{10}) \times \frac{1000}{v_v} \quad (2-7)$$

3. Kekasaran perataan (R_p) merupakan jarak rata-rata antara garis referensi dengan garis terukur.
4. R_t , kedalaman total (Peak to Valley) adalah besar jarak dari profil referensi hingga profil dasar dengan satuan μm .



Gambar 2.10 Kedalaman Total dan Kedalaman Perataan

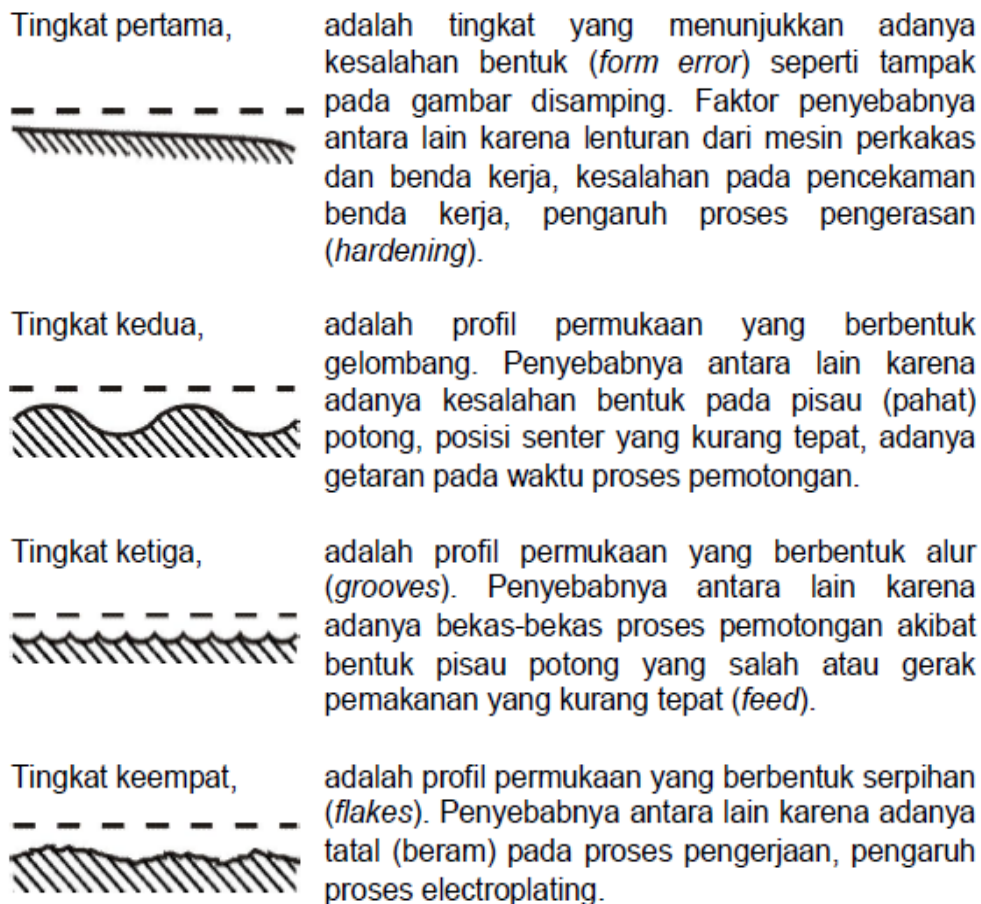
Sumber: Wise tool

2.7.2 Perbedaan Permukaan dan Profil

Permukaan adalah suatu titik yang membatasi antara sebuah benda padat dengan lingkungan sekitarnya (Munadi, 1980:223). Apabila dilihat dengan skala kecil pada dasarnya konfigurasi permukaan produk juga termasuk karakteristik geometrik yang tergolong dengan golongan mikogeometrik. Permukaan produk yang membentuk rupa dapat disebut golongan makrogeometrik. Sebagai contohnya adalah: poros, sisi, lubang.

Sedangkan profil adalah sebuah garis tiruan permukaan yang meng-simulasikan keadaan permukaan bidang dari benda kerja tersebut ketika dipotong secara normal atau serong (Munadi, 1980:224). Karena dalam pembuatan benda kerja dapat terjadi penyimpangan maka pada permukaan geometri ideal tidak dapat dibuat. Didunia kerja, perancang tersebut akan menuliskan syarat permukaan pada gambar teknik. Suatu keadaan

permukaan yang diberi syarat pada gambar teknik disebut permukaan nominal (*nominal surface*). Macam-macam contoh dari bentuk profil adalah pada gambar berikut:



Gambar 2.11 Tabel ketidak teraturan pada profil
Sumber: Munadi (1980:225)

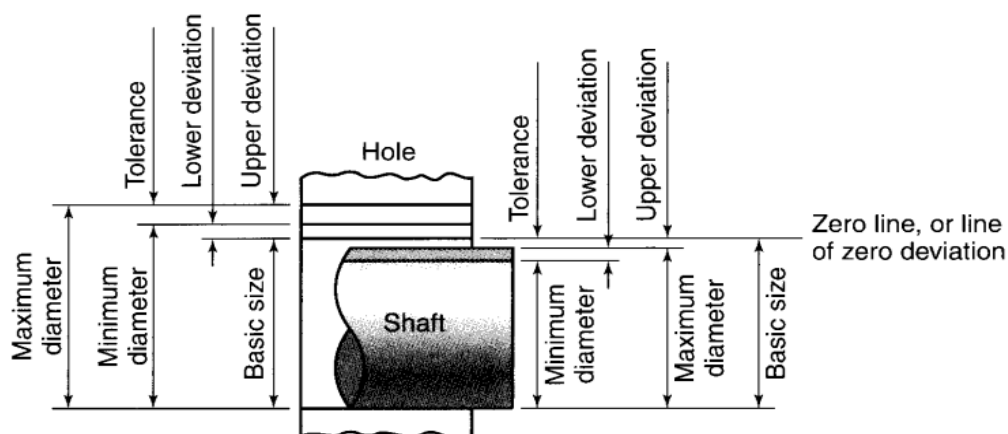
2.8 Ketelitian Dimensi

Komponen komponen yang diproduksi secara individu akhirnya dirakit menjadi produk. Kami menerima begitu saja bahwa ketika seribu mesin pemotong rumput diproduksi dan dipasang, masing-masing bagian mesin pemotong rumput cocok dengan komponen yang dimaksud. Misalnya, roda mesin pemotong rumput mudah dilipat ke dalam gandar mereka, atau piston sesuai dengan benar ke dalam silinder, tidak terlalu ketat atau terlalu longgar. Demikian juga, ketika kita harus mengganti baut yang rusak atau usang pada mesin lama, kita membeli baut yang sama. Kami yakin dari pengalaman serupa di masa lalu bahwa baut baru sesuai dengan benar di mesin. Alasan kami merasa yakin adalah bahwa baut dibuat sesuai dengan standar tertentu dan dimensi dari semua baut serupa hanya bervariasi, jumlah tertentu yang tidak mempengaruhi fungsinya. Dengan kata lain, semua baut diproduksi dalam kisaran toleransi dimensi tertentu; Dengan demikian,

semua baut serupa saling dipertukarkan. Kami juga berharap bahwa baut baru ini akan berfungsi dengan memuaskan untuk jangka waktu tertentu, kecuali jika disalahgunakan. Baut secara berkala dikenai berbagai tes selama produksi mereka untuk memastikan kualitasnya sesuai dengan spesifikasi tertentu.

1. Toleransi Dimensi

Dimensi toleransi didefinisikan sebagai variasi yang diizinkan atau dapat diterima dalam dimensi (tinggi, lebar, kedalaman, diameter, dan sudut) bagian. Akar kata "toleransi" adalah toleransi Latin, yang berarti "bertahan" atau "disiapkan." Toleransi tidak dapat dihindari, karena hamper tidak mungkin dan tidak perlu memproduksi dua bagian yang memiliki dimensi yang sama persis. Selanjutnya, karena toleransi dimensi yang dekat dapat meningkatkan biaya produk secara signifikan, kisaran toleransi yang sempit secara ekonomi tidak diinginkan. Namun, untuk beberapa bagian, toleransi ketat diperlukan untuk fungsi mereka dan layak untuk biaya tambahan yang terkait dengan rentang toleransi yang sempit. Contohnya adalah alat ukur presisi dan gages, piston hidrolis, dan bantalan untuk mesin pesawat terbang. Mengukur toleransi dimensi dan fitur bagian dengan cepat dan andal dapat menjadi tugas yang menantang. Sebagai contoh, masing-masing dari 6 juta bagian pada pesawat Boeing 747-400 memerlukan pengukuran sekitar 25 fitur, yang merupakan total 150 juta pengukuran. Survei telah menunjukkan bahwa toleransi dimensi pada komponen manufaktur mutakhir menyusut dengan faktor 3 setiap 10 tahun dan kecenderungan ini berlanjut. Diperkirakan bahwa akurasi dari (a) mesin pengubah dan penggilingan konvensional akan naik dari mesin pengiris wafer roda gigi 7.5 sampai 1/ im sekarang, untuk mesin semikonduktor sampai 0,25/ sum, (c) mesin pengolah berlian presisi Menjadi 0,01 um, dan (d) mesin balok ion *ultraprecision* kurang dari 0,001/ Jm.



Gambar 2.12 Ukuran asli, deviasi, dan toleransi pada poros berdasarkan ISO
Sumber: Kalpakjian (2009:1013)

2.8.1 Kepresisian dan Akurasi

1. Kepresisian

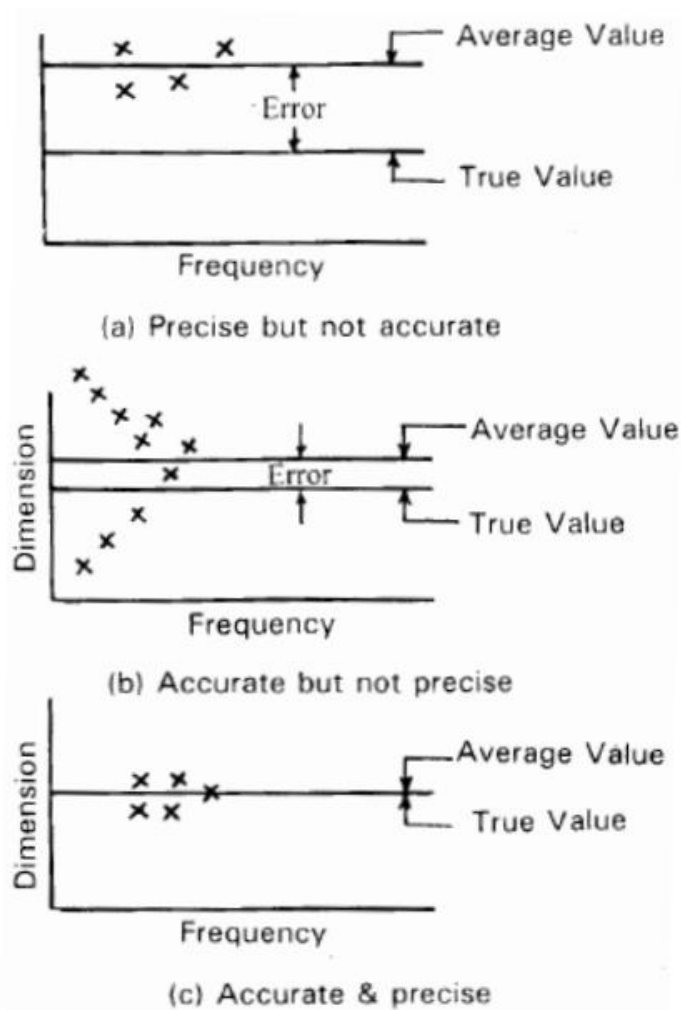
Istilah ketepatan dan ketepatan digunakan sehubungan dengan kinerja instrumen. Presisi adalah pengulangan proses pengukuran. Hal ini mengacu pada kelompok pengukuran untuk karakteristik yang sama yang dilakukan dengan kondisi yang sama. Ini menunjukkan sejauh mana pengukuran yang dilakukan secara identik sesuai dengan satu sama lain. Jika instrumennya tidak tepat maka akan memberikan hasil yang berbeda (sangat beragam) dengan dimensi yang sama bila diukur berulang kali. Kumpulan pengamatan menyebar pada nilai mean. Penyebaran pengukuran ini ditetapkan sebagai 0, standar deviasinya. Ini digunakan sebagai indeks presisi. Semakin sedikit hamburannya maka semakin presisi instrumennya.

2. Akurasi

Akurasi adalah sejauh mana nilai yang diukur dari karakteristik kualitas sesuai dengan nilai sebenarnya. Perbedaan antara nilai sebenarnya dan nilai terukur dikenal sebagai kesalahan pengukuran Sulit untuk mengukur nilai sebenarnya dan oleh karena itu seperangkat pengamatan dibuat dengan nilai rata-rata yang diambil sebagai nilai sebenarnya dari kualitas yang diukur.

Perbedaan antara presisi dan akurasi:

1. Akurasi sangat sering dibingungkan dengan presisi meski jauh berbeda. Perbedaan antara presisi dan akurasi menjadi jelas dengan contoh berikut. Beberapa Pengukuran dibuat pada komponen oleh berbagai jenis instrumen (A, B dan C masing) dan hasilnya diplot.
2. Dalam serangkaian pengukuran, pengukuran individu tersebar tentang mean, dan presisi menandakan seberapa baik berbagai pengukuran dilakukan dengan cara yang sama. Instrumen pada karakteristik kualitas yang sama saling setuju satu sama lain.



Gambar 2.13 Kepresisian dan akurasi
Sumber: Rajkot (2016:18)

Perbedaan antara mean dari himpunan bacaan pada karakteristik kualitas yang sama dan nilai sebenarnya disebut *error*. Semakin sedikit kesalahan maka semakin akurat instrumennya. Gambar 2.12 menunjukkan bahwa instrumen A tepat karena hasil jumlah pengukuran tersebut dekat dengan nilai rata-rata. Namun, ada perbedaan besar (*error*) antara nilai sebenarnya dengan nilai rata-rata maka itu dinyatakan tidak akurat.

Pembacaan yang diambil oleh instrumen tersebar jauh dari nilai rata-rata dan oleh karena itu tidak tepat tapi akurat karena ada perbedaan kecil antara nilai rata-rata dan nilai sebenarnya Gambar 2.12 (c) menunjukkan bahwa instrumen itu akurat dan tepat.

2.9 Hipotesis

Dalam penelitian ini saya memiliki hipotesis bahwa semakin tinggi laser power yang digunakan saat proses pemotongan maka menghasilkan kekasaran permukaan pada benda kerja yang semakin rendah dikarenakan daya yang semakin tinggi akan meningkatkan

kestabilan laser pada saat proses pemotongan yang menghasilkan kecepatan untuk memotong menjadi bertambah sehingga proses pemotongan lebih maksimal.

