

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

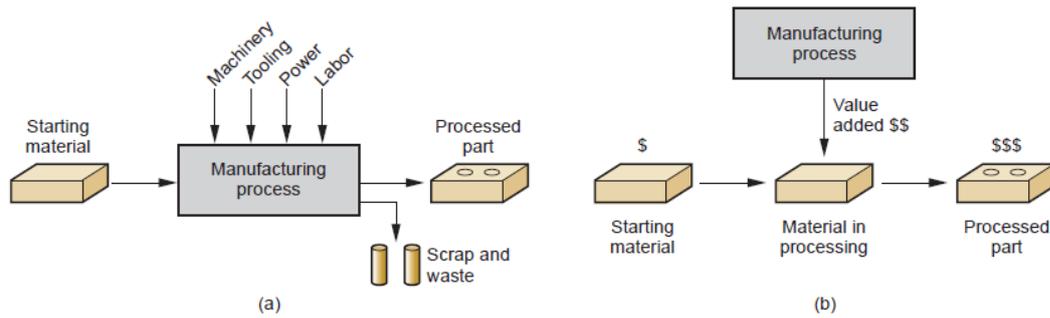
Kechagias Dkk (2015), melaksanakan penelitian mengenai “pengaruh parameter permesinan terhadap kekasaran permukaan AL7075 menggunakan pahat *end mill* 8mm pada proses *slot mill*”. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa semakin besarnya nilai *cutting speed* maka kekasaran permukaan semakin kecil, namun sebaliknya pada parameter permesinan *feed rate*, dimana semakin besar nilai *feed rate* maka semakin besar pula nilai kekasaran permukaan material tersebut.

Matthew Dkk (2008), dengan judul “*Rapid Manufacturing in Biomedical Materials: Using Subtractive Rapid Prototyping for Bone Replacement*” mempelajari tentang pembuatan implan berbentuk akurat menggunakan bahan biosensitif, untuk yang menggunakan bahan khusus atau bahan alami seperti tulang atau karang. *Subtractive Rapid Prototyping* (SRP) sangat sesuai untuk kebutuhan yang disesuaikan dengan material khusus menggunakan mesin CNC. sistem SRP yang berfungsi penuh yang secara otomatis dapat menghasilkan *fixture* dan rencana persiapan, termasuk semua kode NC untuk membuat bagian, langsung dari *file* CAD.

Lin dan Ho (2008), dengan judul “*Electropolishing of 304 stainless steel: Surface roughness control using experimental design strategies and a summarized electropolishing model*” mempelajari kualitas dari material dengan *Electropolishing* pada *stainless steel*. Pengukuran kekasaran dilakukan dengan menggunakan parameter Ra dalam campuran yang mengandung asam sulfat. Kualitas kekasaran permukaan dipengaruhi oleh waktu dan suhu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Ra dari 304SS adalah menurun dengan penurunan suhu dan waktu *polishing*, tetapi meningkat ketika suhu lebih rendah.

Rajendra (2009), dengan judul “*Surface roughness analysis of SS202 Stainless steel by electrochemical polishing*” mempelajari tentang proses *polishing* dengan merampingkan permukaan logam melalui proses elektrokimia. Dengan cara permukaan pada anoda akan diperhalus dengan menggunakan elektrolit pada kondisi kerapatan optimum dan suhu serta arus yang tepat. Penelitian dilakukan untuk mendapatkan tingkat perbaikan kehalusan baja SS202 melalui pemolesan elektrokimia.

2.2 Proses Manufaktur



Gambar 2.1 Dua cara mendefinisikan proses manufaktur a) *Technical process* dan b) *Economic process*

Sumber: Groover (2013:4)

Ada dua cara mendefinisikan proses manufaktur, yaitu secara proses teknis dan proses ekonomi. Manufaktur secara teknis adalah aplikasi dari *physical* dan *chemical processes* untuk mengubah geometri, *properties* dan penampilan dari material awal menjadi *parts* ataupun produk, proses manufaktur juga termasuk proses *assembly* dari banyak *parts* untuk membuat produk.

Proses manufaktur secara ekonomi adalah perubahan material menjadi produk yang memiliki nilai jual lebih tinggi karena telah melalui proses pembentukan ataupun *assembly*. Jadi kesimpulan dari proses manufaktur adalah menambahkan nilai guna ataupun nilai jual pada material dengan cara melakukan perubahan ukuran, *properties* ataupun menggabungkannya dengan material lain yang telah mengalami perubahan (Groover, 2013).

2.2.1 Proses Permesinan

Proses permesinan merupakan proses manufaktur, proses ini dipergunakan untuk memberikan akurasi dimensi sesuai dengan desain dan sebagai proses *finishing*. Proses ini mampu memaksimalkan hasil dari produksi, dimana hal yang diperhatikan dalam proses permesinan diantaranya *material removal* dan *surface modification* dengan beberapa metode pengerjaan. Proses permesinan adalah proses *secondary* ataupun *finishing* yang mampu meningkatkan kualitas hasil suatu produk (Kalpakjian, 2009).

Proses *material removal* adalah membuang sebagian material dari pada benda kerja. Beberapa hal mendasar tentang *material removal* adalah:

1. *Cutting*
2. *Abrasive process*
3. *Advance machining process*

Proses permesinan dibutuhkan dalam proses produksi. Beberapa keuntungan dari proses permesinan, adalah:

1. Beragamnya jenis material benda
2. Beragamnya bentuk dan geometri benda
3. Ketelitian pengerjaan
4. Hasil *surface finishing* yang baik

2.2.2 Mesin *Milling*

Mesin *milling* merupakan mesin perkakas yang sering digunakan untuk menyelesaikan mengerjakan benda kerja dengan menggunakan pisau potong yang berputar pada sumbu mesin. Pada dasarnya proses pemotongan dilakukan dengan menyayat atau memakan benda kerja menggunakan alat potong yang berputar (*multipoint cutter*). Alat potong dipasang pada sumbu utama yang diputar oleh *spindle* kemudian benda kerja dimakamkan pada alat potong.

Berdasarkan posisi *spindle* utama ada 3 jenis mesin *milling*, antara lain:

1. Mesin *milling universal*
2. Mesin *milling vertical*
3. Mesin *milling horizontal*

Berdasarkan dari arah penyayatan, jenis pahat, dan posisi relatif pahat terhadap benda kerja mesin *milling* dibagi menjadi 2 jenis, yaitu:

1. *Peripheral Milling*
2. *Face Milling*

Menurut jenis pengerjaannya dengan *face milling* dibagi menjadi beberapa yaitu:

1. *Conventional Face Milling*
2. *Partial Face Milling*
3. *End Milling*

2.2.3 Parameter Pemotongan pada Proses *Milling*

Ada beberapa parameter pemotongan pada proses *milling*, yaitu:

1. Kecepatan Pemotongan (*Cutting Speed*)

Kecepatan pemotongan adalah kecepatan tangensial sisi luar pahat, biasanya diukur dalam m/menit. Kecepatan pemotongan berkaitan langsung dengan pahat *milling* dan kecepatan putar *spindle* seperti pada persamaan berikut.

$$v_c = \frac{\pi \cdot N \cdot D}{1000} \quad (2-1)$$

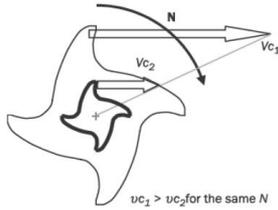
Sumber: Davim (2011)

Dimana:

v_c = Kecepatan pemotongan (m/min)

N = Kecepatan putar *spindle* (rpm)

D = Diameter pahat *milling* (mm)



Gambar 2.2 Ilustrasi kecepatan pemotongan pada 2 buah pahat dengan diameter berbeda

Sumber: Davim (2011)

2. *Feed per tooth*

Feed merupakan jarak pemakanan dalam satu kali revolusi pahat. *Feed* dapat di *convert* menjadi *feed rate* dengan menggunakan persamaan berikut.

$$v_f = f \cdot N \quad (2-2)$$

Sumber: Davim (2011)

Dimana:

v_f = *Feed rate* (mm/min)

f = *Feed* (mm/rev)

N = Kecepatan putar *spindle* (rpm)

Feed per tooth merupakan tebal *chip* yang dihasilkan setiap sudut pahat. *Feed* dapat di *convert* menjadi *feed per tooth* dengan menggunakan persamaan berikut.

$$v_f = f_z \cdot z \cdot N \quad (2-3)$$

Sumber: Davim (2011)

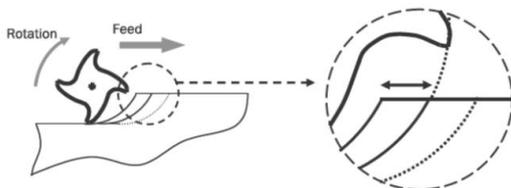
Dimana:

v_f = *Feed rate* (mm/min)

f_z = *Feed per tooth* (mm/tooth)

z = Jumlah *tooth*

N = Kecepatan putar *spindle* (rpm)

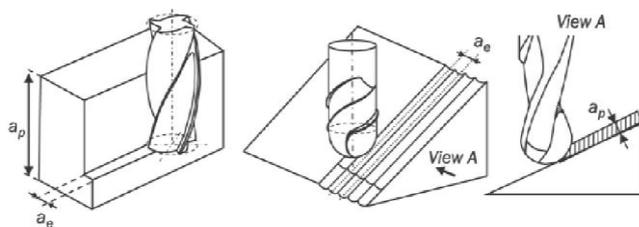


Gambar 2.3 Ilustrasi *feed per tooth* pada proses *milling*

Sumber: Davim (2011)

3. Kedalaman Pemotongan (*Depth of cut*)

Depth of cut adalah ukuran tebal *chip* yang dimakan oleh *cutting tool* dari permukaan benda kerja. *Depth of cut* mempengaruhi beban yang diterima oleh *cutting tool*, dimana semakin besar *depth of cut*, maka beban yang diterima *cutting tool* akan bertambah.



Gambar 2.4 Axial depth of cut (a_p) dan radial depth of cut (a_e)
Sumber: Davim (2011:225)

2.3 Kadar larutan

Dalam kimia, larutan adalah campuran homogen yang terdiri dari dua atau lebih zat. Zat yang jumlahnya lebih sedikit di dalam larutan disebut (zat) terlarut atau solut, sedangkan zat yang jumlahnya lebih banyak daripada zat-zat lain dalam larutan disebut pelarut atau solven. Komposisi zat terlarut dan pelarut dalam larutan dinyatakan dalam konsentrasi larutan, sedangkan proses pencampuran zat terlarut dan pelarut membentuk larutan disebut pelarutan atau solvasi. Contoh larutan yang umum dijumpai adalah padatan yang dilarutkan dalam cairan, seperti garam atau gula dilarutkan dalam air. Gas juga dapat pula dilarutkan dalam cairan, misalnya karbon dioksida atau oksigen dalam air. Selain itu, cairan dapat pula larut dalam cairan lain, sementara gas larut dalam gas lain. Terdapat pula larutan padat, misalnya aloi (campuran logam) dan mineral tertentu. Larutan adalah campuran homogen yang terdiri dari dua zat atau lebih. Larutan bisa mengandung dua komponen atau lebih yang disebut zat terlarut (*solute*) dan pelarut (*solvent*). Komposisi zat terlarut dan pelarut dalam larutan dinyatakan dalam konsentrasi larutan. Komposisi larutan adalah perbandingan zat-zat di dalam campuran. Untuk menentukan komposisi larutan digunakan istilah kadar atau konsentrasi. Kedua istilah ini menyatakan kuantitas zat terlarut dengan satuan tertentu. Satuan yang digunakan untuk menyatakan kadar larutan adalah persen berat (% b/b, persen volume (% v/v), ppb (part per *billion*), dan ppm (part per *million*). Persen berat menyatakan banyaknya berat zat terlarut terhadap berat larutan. Persen berat bisa diterapkan dalam campuran padat-cair atau padat-padat. Secara matematika, persen berat suatu zat dirumuskan sebagai berikut.

$$\text{Persen Berat Zat A} = \frac{\text{Berat Zat A}}{\text{Berat zat total (Pelarut+terlarut)}} \times 100\%$$

Persen volume menyatakan fraksi volume zat terlarut terhadap volume larutan dalam satuan persen. Persen volume bisa diterapkan untuk campuran cair-cair atau gas-cair. Secara matematik, persen volume suatu zat dirumuskan sebagai berikut.

$$\text{Persen Berat Zat A} = \frac{\text{Berat Zat A}}{\text{Berat zat total (Pelarut+terlarut)}} \times 100\%$$

Pengenceran dilakukan untuk mendapatkan volume yang konsentrasinya lebih kecil dari larutan stok yang ada. Caranya adalah dengan menambahkan pelarut ke dalam larutan stok yang ada. Pengenceran dapat dihitung dengan rumus,

$$M_1.V_1 = M_2.V_2$$

M_1 = Konsentrasi zat mula-mula (molaritas zat awal)

V_1 = Volume Awal

M_2 = Konsentrasi setelah pengenceran (molaritas setelah pengenceran)

V_2 = Volume setelah pengenceran ($V_1 + \text{Air}$)

1. Larutan volumetri

Molalitas, diberi simbol (m), adalah jumlah gram molekul zat yang dilarutkan dalam 1 kg pelarut. Molaritas, diberi simbol (M), adalah jumlah gram molekul zat yang dilarutkan dalam pelarut hingga volume 1 liter. Normalitas, diberi simbol (N), adalah jumlah bobot ekuivalen zat yang dilarutkan dalam pelarut hingga volume 1 liter.

2. Persen (%)

Persen bobot per bobot (b/b) menyatakan jumlah gram zat dalam 100 gram larutan atau campuran. Persen bobot per volume (b/v) menyatakan jumlah gram zat dalam 100 ml larutan, sebagai pelarut digunakan air atau pelarut lain. Persen volume per volume (v/v) menyatakan jumlah ml zat dalam 100 ml larutan.

Untuk pernyataan persen tanpa penjelasan lebih lanjut untuk campuran padat atau setengah padat, yang dimaksud adalah b/b, untuk larutan dan suspensi suatu zat padat dalam cairan yang dimaksud adalah b/v, untuk larutan cairan di dalam cairan yang dimaksud adalah v/v dan untuk larutan gas dalam cairan yang dimaksud adalah b/v.

Sumber: Departemen Kesehatan RI. 1995. Farmakope Indonesia Edisi IV.

2.4 *Electropolishing*

Electropolishing juga dikenal sebagai pemolesan secara elektrokimia, anodik *polishing* atau *polishing* elektrolit merupakan proses elektrokimia yang menghilangkan materi dari benda kerja logam. Hal ini digunakan untuk cat, *passivate*, dan Deburr bagian logam. Hal ini sering digambarkan sebagai kebalikan dari *electroplating*. Dan tujuan utama *electropolishing* adalah untuk meminimalkan kekasaran mikro, mengurangi resiko kotoran atau residu yang tertinggal, dan menurunkan kekasaran permukaan, dan mengkilapkan sehingga memudahkan pembersihan dan mendapatkan tingkat kontaminasi yang rendah sesuai dengan kebutuhan material implan. Pemilihan larutan elektrolit berdasar pada ASM *Metal Handbook*.

Reaksi yang Terjadi Saat Proses *Electropolishing*:

1. Reaksi yang terjadi dalam larutan:

H_2SO_4 akan terhidrolisis dengan reaksi sebagai berikut:



H_3O^+ akan terhidrolisis dengan reaksi sebagai berikut:



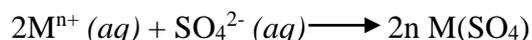
2. Reaksi yang terjadi pada anoda

Reaksi yang terjadi pada anoda adalah reaksi oksidasi

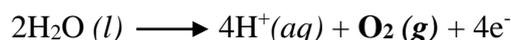
- a. Oksidasi logam (pengotor/pelapis) menjadi ion-ion logam:



- b. Ion logam akan larut ke dalam elektrolit,



- c. H_2O hasil hidrolisis sehingga pada permukaan *stainless steel* anoda akan terbentuk gelembung-gelembung gas. Reaksinya sebagai berikut:



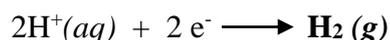
3. Reaksi yang terjadi pada katoda

Reaksi yang terjadi pada katoda adalah reaksi reduksi

- a. Reduksi ion logam yang larut dalam elektrolit menjadi logam pelapis katoda:



- b. Ion H^+ yang dihasilkan dari hidrolisis elektrolit pada permukaan katoda akan terbentuk gelembung-gelembung gas, reaksinya sebagai berikut.

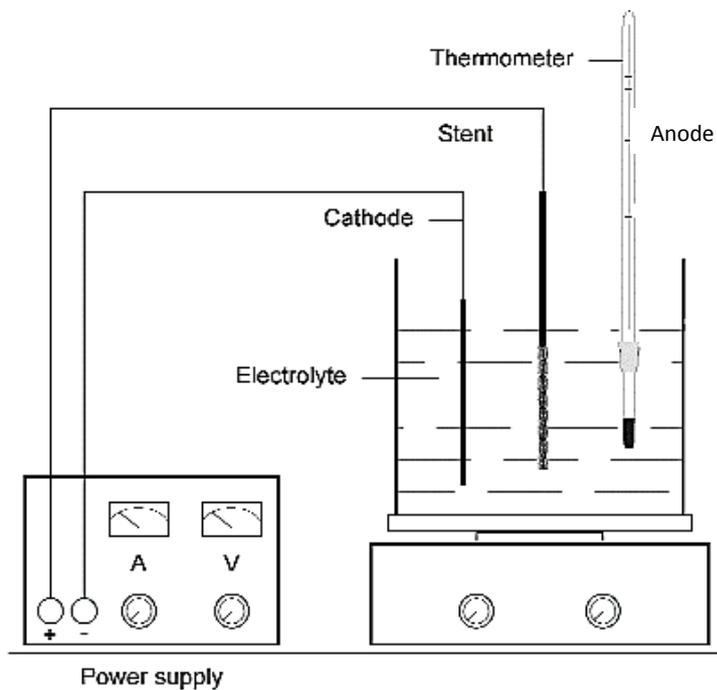


2.3.1 Mekanisme *Electropolishing*

Mekanisme *electropolishing* yakni benda kerja direndam dalam bak suhu yang dikendalikan dari elektrolit dan berfungsi sebagai anoda terhubung ke terminal positif dari daya DC, terminal negatif yang melekat pada katoda. saat melewati anoda, logam pada permukaan dioksidasi dan dilarutkan dalam elektrolit, ke katoda. Pada katoda, sebuah pengurangan reaksi terjadi, yang biasanya menghasilkan hidrogen. Elektrolit yang digunakan untuk *electropolishing* yang paling sering terkonsentrasi adalah larutan asam yang memiliki viskositas tinggi, seperti campuran asam sulfat dan asam fosfat.

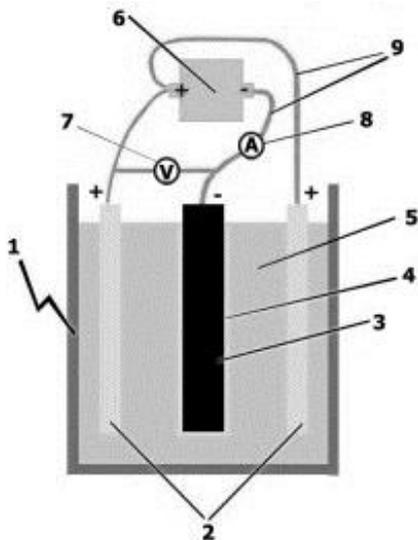
Untuk mencapai *electropolishing* dari permukaan kasar, pada bagian yang berbeda ketinggian dari profil permukaan harus membubarkan lebih cepat dari relung/ lekuk. Proses ini, disebut meratakan. *Electropolishing* harus berada di bawah difusi terbatas dataran tinggi

dengan arus konstan, dicapai dengan mengikuti pada tegangan (kurva polarisasi), dan di bawah suhu pengadukan dengan kondisi konstan.



Gambar 2.5 Instalasi *electroplishing*
Sumber: Rajendra (2009)

2.3.2 Bagian-bagian pada alat *Electropolishing*



Gambar 2.6 Bagian bagian *electroplishing*
Sumber: Metalindo abadi (2010)

1. Bak Plating

Bak Plating terbuat dari bahan yang tahan dengan larutan elektrolit yang digunakan. Umumnya terbuat dari kaca ataupun PVC. Ukuran bak menentukan ukuran dan jumlah barang yang bisa diproses.

2. Anoda

Anoda dihubungkan dengan kutub positif dari *rectifier*. Anoda biasanya terbuat dari logam yang akan dilapiskan. Dengan adanya arus listrik anoda tersebut bisa larut ke dalam larutan elektrolit. Dalam waktu bersamaan ion logam dalam larutan yang dekat dengan benda kerja, berubah menjadi logam dan melapisi benda kerja. Contohnya anoda Nickel, Copper, Zinc, Tin, dan Brass. Terdapat anoda yang tidak bisa larut. Jadi untuk menggantikan ion logamnya harus ditambahkan bahan kimia ke dalam larutan elektrolit, seperti anoda chrom, carbon, Platinize Titanium, dan *Stainless Steel*.

3. Katoda

Katoda atau benda kerja dihubungkan dengan kutub negatif dari *rectifier*. Permukaan benda kerja yang dekat dengan anoda akan lebih mudah terlapisi dibandingkan dengan yang lebih jauh atau terhalang. Posisi benda kerja terhadap anoda akan membantu meratakan lapisan dan mempercepat proses.

4. Lapisan logam

Lapisan logam yang terbentuk mempunyai karakteristik yang khusus. Tergantung dari kadar kandungan bahan kimia dalam elektrolit, kondisi proses, dan kualitas arus listrik. Lapisan logam ini dalam satuan micron, dan bisa diukur dengan menggunakan thickness meter.

5. Larutan Elektrolit

Larutan elektrolit berfungsi sebagai penghantar listrik dan media pelarutan dari ion logam. Larutan elektrolit ini biasanya terdiri garam yang mengandung ion logam, buffer (pengatur pH), dan aditif (*Surfactant*, *Brightener* dan Katalis). Volume larutan elektrolit yang menyusut karena penguapan bisa dikembalikan lagi ke volume semula dengan menambahkan air bilasan dari proses tersebut. Untuk mempertahankan kadar dari larutan elektrolit, bisa dilakukan test secara berkala dengan menambahkan bahan kimia yang berkurang.

6. *Rectifier*

Rectifier merupakan sumber arus DC dari Proses *Electropolishing*. *Rectifier* sebaiknya yang bisa diatur Volt DC nya, sehingga bisa disesuaikan dengan ukuran benda kerja dan jenis proses *polishing*. Sebuah penyearah adalah perangkat listrik yang mengkonversi *alternating current* (AC), yang secara berkala berbalik arah, untuk mengarahkan arus (DC), yang mengalir hanya satu arah.

Rectifier memiliki banyak kegunaan, tetapi sering ditemukan sebagai komponen DC pasokan listrik dan tegangan tinggi arus searah sistem transmisi listrik. Banyak aplikasi

dari *rectifier*, seperti pasokan listrik untuk radio, televisi dan peralatan komputer, yang memerlukan arus DC stabil dan konstan (seperti yang dihasilkan oleh baterai). Dalam aplikasi ini output dari *rectifier* adalah merapikan penyaring elektronik (biasanya kapasitor) untuk menghasilkan arus yang stabil dan untuk melakukan fungsi yang berlawanan yaitu mengubah arus DC ke AC yang biasa disebut inverter.

7. Volt meter

Volt meter adalah untuk mengukur tegangan dalam proses *polishing*. Volt diatur untuk mendapatkan ampere yang diinginkan atau sesuai dengan perhitungan standar. Pengaturan Volt yang tidak tepat akan mempengaruhi kualitas lapisan dan lamanya proses kerja.

8. Ampere meter

Ampere meter berfungsi mengukur ampere dari arus listrik selama proses Polishing. Ampere sangatlah penting, karena bisa digunakan untuk menghitung jumlah logam yang melapisi, sehingga bisa digunakan untuk menghitung biaya produksi.

9. Material

Material yang sama merupakan penghantar listrik dari *Rectifier* ke anoda atau katoda. Ukuran dari material disesuaikan dengan ampere yang digunakan. Sebisa mungkin jangan terlalu banyak sambungan, karena dapat memperburuk aliran arus listrik. Setiap sambungan yang ada harus sering di cek dan dibersihkan agar arus listrik tetap stabil.

2.4 *Stainless Steel 316L*

Stainless Steel adalah baja tahan karat yang mengandung sekitar 10,5% Kromium. Fungsi dari kromium tersebut adalah 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. *Stainless Steel 316L* 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 316L. Tipe ini memiliki keunggulannya yaitu tahan karat dan mampu las yang baik karena memiliki kandungan karbon yang rendah dengan kandungan karbon yang dimiliki oleh *stainless steel 316L* adalah berkisar 0,03%.

2.5 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.

Tabel 2.1

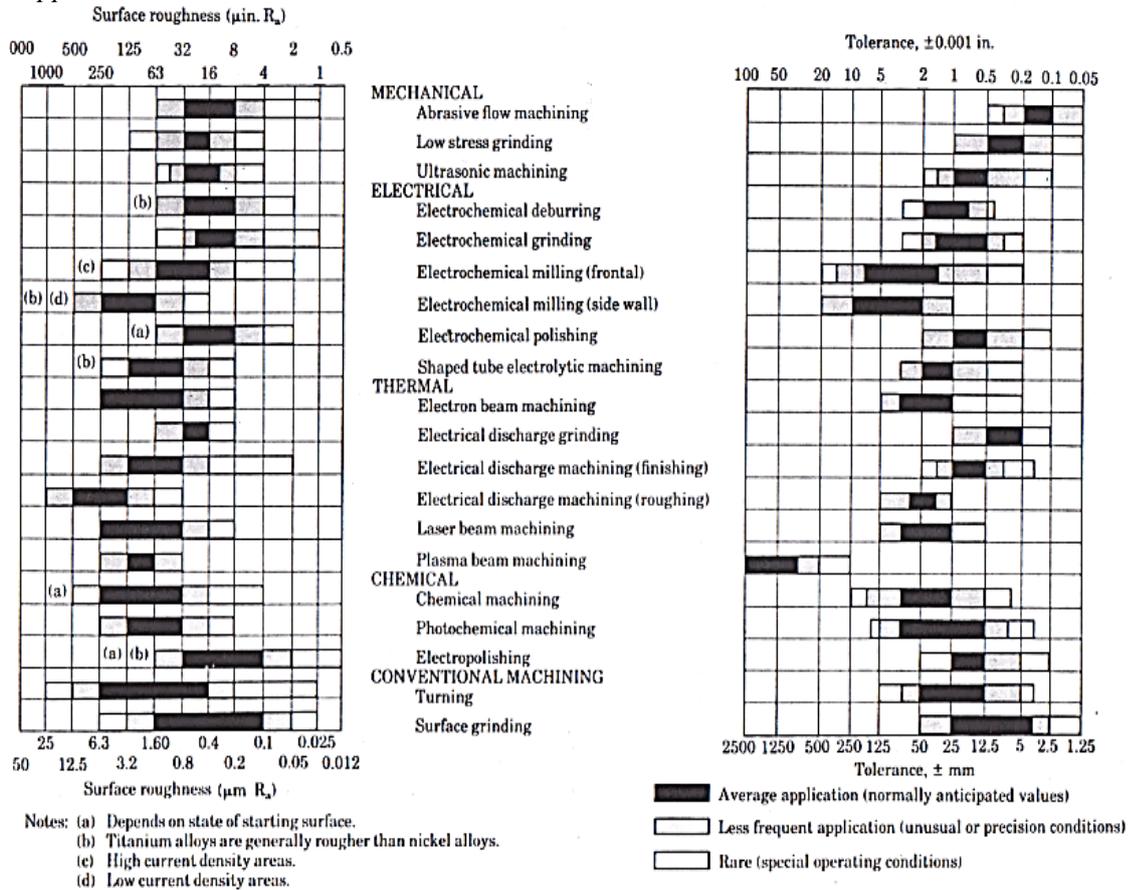
Tabel Nilai Kualitas Kekasaran Permukaan (Ra)

Kelas Kekasaran	Harga Ra (μ m)	Toleransi (μ m) (+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	2,5
N9	6,3	4,8-9,6	
N10	12,5	9,6-18,75	8
N11	25	18,5-37,5	
N11	50	37,5-75,0	

Sumber: Munadi (1980:230)

Tabel 2.2

Range Kekasaran Nilai kekasaran permukaan dengan macam-macam proses menurut *Mechanical Support*



Sumber: Kalpakjian (1987:764)

Tabel 2.3
 Nilai Kekasaran Permukaan dengan Macam-Macam Proses Menurut *Mechanical Support*

Process	Roughness Average R_a - Micrometers μm (microinches $\mu\text{in.}$)												
	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6	0.80	0.40	0.20	0.10	0.05	0.025	0.012
	(2000)	(1000)	(500)	(250)	(125)	(63)	(32)	(16)	(8)	(4)	(2)	(1)	(0.5)
Flame cutting	[Average Application: 50-25; Less Frequent Application: 50-12.5]												
Snagging	[Average Application: 50-25; Less Frequent Application: 50-12.5]												
Sawing	[Average Application: 50-25; Less Frequent Application: 50-12.5]												
Planing, shaping	[Average Application: 25-12.5; Less Frequent Application: 25-6.3]												
Drilling	[Average Application: 12.5-6.3; Less Frequent Application: 12.5-3.2]												
Chemical milling	[Average Application: 12.5-6.3; Less Frequent Application: 12.5-3.2]												
Elect. discharge mach	[Average Application: 12.5-6.3; Less Frequent Application: 12.5-3.2]												
Milling	[Average Application: 12.5-6.3; Less Frequent Application: 12.5-3.2]												
Broaching	[Average Application: 6.3-3.2; Less Frequent Application: 6.3-1.6]												
Reaming	[Average Application: 6.3-3.2; Less Frequent Application: 6.3-1.6]												
Electron beam	[Average Application: 6.3-3.2; Less Frequent Application: 6.3-1.6]												
Laser	[Average Application: 6.3-3.2; Less Frequent Application: 6.3-1.6]												
Electro chemical	[Average Application: 6.3-3.2; Less Frequent Application: 6.3-1.6]												
Boring, turning	[Average Application: 6.3-3.2; Less Frequent Application: 6.3-1.6]												
Barrel finishing	[Average Application: 6.3-3.2; Less Frequent Application: 6.3-1.6]												
Electrolytic grinding	[Average Application: 3.2-1.6; Less Frequent Application: 3.2-0.80]												
Roller burnishing	[Average Application: 3.2-1.6; Less Frequent Application: 3.2-0.80]												
Grinding	[Average Application: 3.2-1.6; Less Frequent Application: 3.2-0.80]												
Honing	[Average Application: 3.2-1.6; Less Frequent Application: 3.2-0.80]												
Electro-polish	[Average Application: 3.2-1.6; Less Frequent Application: 3.2-0.80]												
Polishing	[Average Application: 3.2-1.6; Less Frequent Application: 3.2-0.80]												
Lapping	[Average Application: 3.2-1.6; Less Frequent Application: 3.2-0.80]												
Superfinishing	[Average Application: 3.2-1.6; Less Frequent Application: 3.2-0.80]												
Sand casting	[Average Application: 50-25; Less Frequent Application: 50-12.5]												
Hot rolling	[Average Application: 50-25; Less Frequent Application: 50-12.5]												
Forging	[Average Application: 25-12.5; Less Frequent Application: 25-6.3]												
Perm mold casting	[Average Application: 12.5-6.3; Less Frequent Application: 12.5-3.2]												
Investment casting	[Average Application: 12.5-6.3; Less Frequent Application: 12.5-3.2]												
Extruding	[Average Application: 12.5-6.3; Less Frequent Application: 12.5-3.2]												
Cold rolling, drawing	[Average Application: 12.5-6.3; Less Frequent Application: 12.5-3.2]												
Die casting	[Average Application: 12.5-6.3; Less Frequent Application: 12.5-3.2]												

The ranges shown above are typical of the processes listed. KEY [Solid Bar] Average Application [Hatched Bar] Less Frequent Application
 Higher or lower values may be obtained under special conditions.

Sumber: *Mechanical support* (2014)

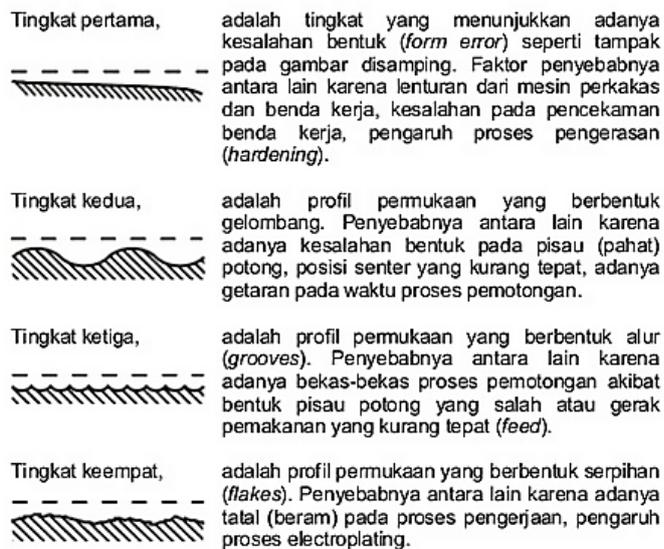
Menurut tabel nilai kekasaran permukaan di atas bahwa nilai kekasaran untuk milling yaitu $0,80 - 6,3 \mu\text{m}$ jika dibandingkan dengan range *electropolish* yaitu $0,1 - 0,8 \mu\text{m}$ hampir mendekati nilai ideal kekasaran dari *electropolish*.

2.5.1 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 mikrojeometrik. Permukaan produk yang membentuk rupa dapat disebut golongan makrojeometrik. Sebagai contohnya adalah: poros, sisi, lubang.

Sedangkan profil adalah sebuah garis tiruan permukaan yang mensimulasikan keadaan permukaan bidang dari benda kerja tersebut ketika dipotong secara normal atau serong (Munadi, 1980:224). Suatu keadaan permukaan yang diberi syarat pada gambar teknik disebut permukaan nominal (*nominal surface*). Macam-macam contoh dari bentuk profil adalah pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Tabel ketidak teraturan permukaan profil
Sumber: Munadi (1980:225)

2.5.2 Parameter Kekasaran Permukaan

Ada 4 parameter yang digunakan untuk menentukan kekasarannya 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.

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

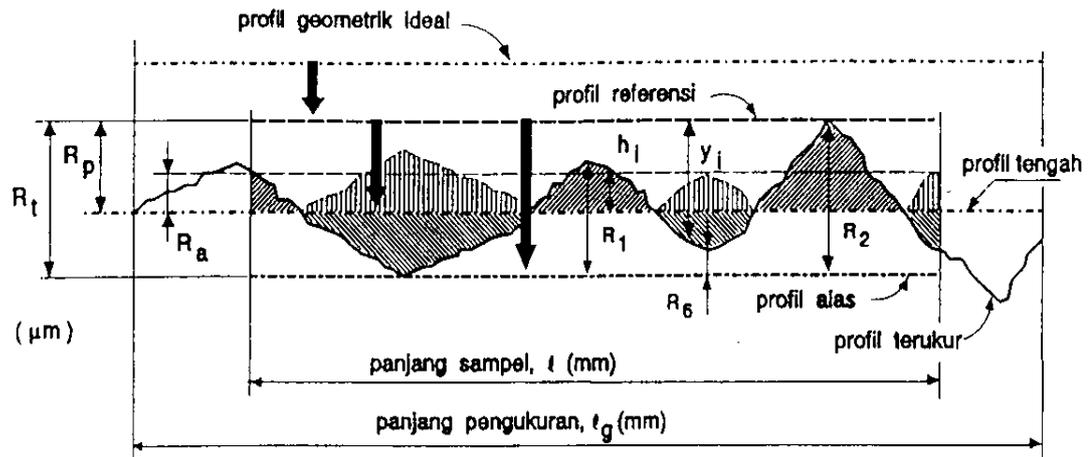
Sumber: Taufiq Rochim (2001:56)

Dimana:

R_a = Penyimpangan rata-rata

l = Panjang sempel

H_i = Kordinat kurva profil



Gambar 2.8 Panjang sampel dan posisi profil
 Sumber: Taufiq Rochim (2001:56)

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

- 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.
- Kedua, ambillah beberapa sampel panjang pengukuran sepanjang L yang dapat memungkinkan memuat sejumlah bentuk gelombang yang hampir sama.
- 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:

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

Sumber: Taufiq Rochim (2001)

- 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:

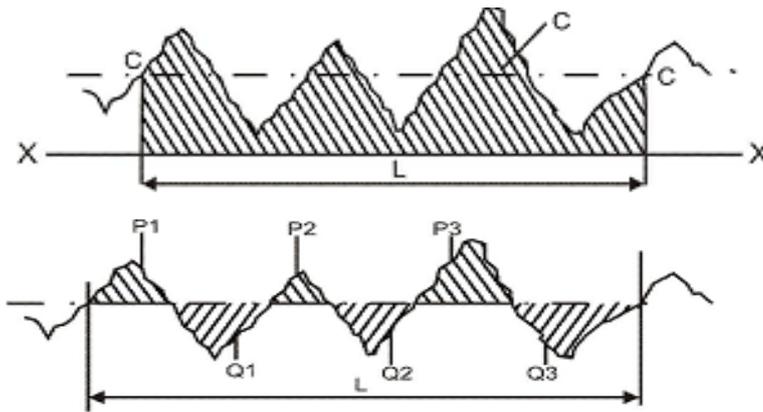
$$R_a = \frac{\text{Luas daerah P} + \text{Luas daerah Q}}{L} \times \frac{1000}{V_v} (\mu m) \quad (2-3)$$

Sumber: Taufiq Rochim (2001)

Dengan:

V_v = Perbesaran vertikal. Luas P dan Q dalam milimeter

L = Panjang sampel pengukuran dalam milimeter

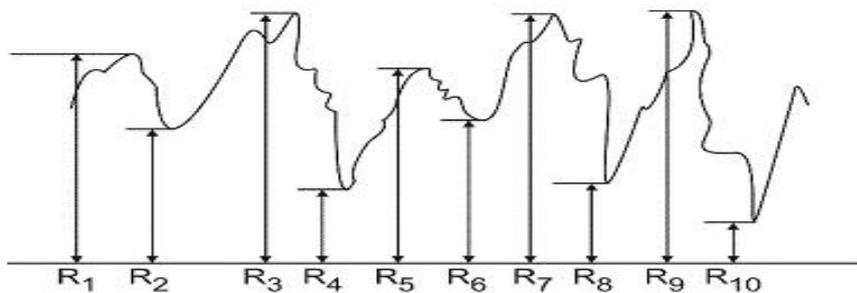


Gambar 2.9 Kekasaran rata-rata (R_a)

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 2.11 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:



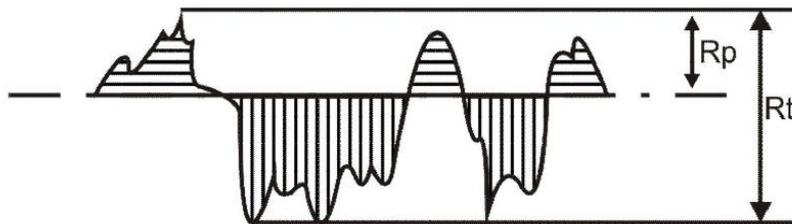
Gambar 2.10 Kekasaran permukaan R_z

Sumber: Munadi (1980:229)

$$R_z = \frac{1}{5} (R_1 + R_3 + R_5 + R_7 + R_9) - \frac{1}{5} (R_2 + R_4 + R_6 + R_8 + R_{10}) \times \frac{1000}{v_v} \quad (2-4)$$

Sumber: Munadi (1980)

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



Gambar 2.11 Kedalaman total dan kedalaman perataan
Sumber: Munadi (1980:227)

2.5.3 Pengujian Struktur Mikro

Pengujian ini merupakan salah satu metode pengujian yang digunakan untuk mengetahui struktur mikro suatu logam dengan menggunakan mikroskop elektron karena mikroskop ini mempunyai daya pengamatan lebih besar $10^{-6} - 10^{-2}$ cm, atau pembesaran sampai 5000–30000 kali.

Pengamatan struktur mikro didasarkan pada perbedaan intensitas sinar pantul permukaan logam yang masuk ke dalam mikroskop sehingga terjadi gambar yang berbeda (gelap, agak terang, terang). Terhadap logam yang dihaluskan (*polish*) dan dicelupkan kedalam suatu larutan kimia (etsa).

2.6 Hipotesis

Berdasarkan tinjauan pustaka yang telah dibuat maka peneliti dapat menarik hipotesis penelitian sebagai berikut.

1. Apabila nilai dari *feed rate* semakin tinggi, maka nilai kekasaran permukaan akan meningkat.
2. Semakin tinggi kadar konsentrasi larutan, maka proses reaksi yang terjadi akan semakin cepat sehingga menghasilkan Ra yang rendah.

