

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Latar belakang dari penelitian ini diantaranya adalah tuntutan kemajuan teknologi terhadap modernisasi dalam segala bidang khususnya dalam bidang industri otomotif. Dalam bidang industri otomotif kita dituntut untuk menghasilkan komponen-komponen yang berkualitas misalnya seperti suatu alat yang ringan namun memiliki sifat yang kuat, tahan korosi dan dapat menahan beban yang besar dengan proses produksi yang efisien dan efektif. Produk berkualitas diperoleh dari adanya proses pemesinan yang baik.

Aluminium adalah salah satu material yang sering digunakan untuk membuat sebuah komponen dalam industri otomotif. Keuntungan penggunaan aluminium sebagai bahan baku dalam bidang industri ini karena memanfaatkan sifat aluminium yang ringan, tahan korosi, penghantar panas yang baik dan bertitik cair yang rendah, serta memiliki kemampuan permesinan yang baik sehingga aluminium sering kali digunakan untuk menggantikan logam lain dengan fungsi yang sama. Selain itu aluminium juga dapat dipadukan dengan beberapa unsur logam untuk meningkatkan sifat mekaniknya misalnya Al-Mg-Si, dimana paduan ini memiliki keunggulan diantaranya adalah kekuatan mekaniknya, keuletan, konduktivitas panas logam ini cukup memadai untuk kondisi perubahan tegangan (Surdia, 1986:136). Sehingga paduan logam diatas yang akan digunakan dalam penelitian ini.

Komponen-komponen produk dari bidang industri otomotif sangatlah beragam dan kadang-kadang komponen yang akan diinginkan mempunyai bentuk yang cukup rumit dan sulit untuk dibentuk melalui proses permesinan saja, sehingga perlunya dibentuk terlebih dahulu melalui proses pengecoran. Dapat didefinisikan bahwa proses pengecoran adalah proses pembentukan logam dengan cara dicairkan atau dilebur dengan suhu leburnya, lalu dituang ke dalam cetakan dan dibiarkan sampai membeku. Dalam perkembangan industri pengecoran logam dikenal beberapa peralatan yang digunakan untuk melebur logam salah satunya adalah Tanur Busur Listrik atau sering disebut *Electric Arc furnace (EAF)* dimana besi bekas akan dipanaskan dan dicairkan dengan busur listrik yang berasal dari elektroda ke besi bekas di dalam tanur.

Pengecoran logam adalah salah satu proses manufaktur yang sekarang semakin berkembang, salah satunya dengan berkembangnya proses *recycling*. *Recycling* aluminium merupakan proses di mana pemanfaatan kembali scrap dari logam dan menghasilkan sebuah produk baru. Proses yang digunakan cukup sederhana, yaitu dengan cara melakukan re-melting atau peleburan kembali logam tersebut. Proses *recycling* aluminium memiliki beberapa keunggulan di bidang industri khususnya industri otomotif antara lain penghematan biaya proses pembuatannya, dan kecendrungan terjadinya peningkatan sifat mekanik dan proses daur ulang dari aluminium memiliki beberapa keuntungan lainnya yaitu dapat mengurangi konsumsi energy di mana pada proses ini hanya membutuhkan 5 % dari *energy* pada saat pengolahan aluminium dari bijih bauksit. Komposisi unsur paduan aluminium akan meningkatkan sifat mekanik bahan paduan hasil pengecoran. Tingkat penyebaran unsur yang lebih merata dan homogen juga menyebabkan keseragaman dan nilai kekerasan permukaan akan lebih baik (Suprajo 2011).

Proses pengecoran logam tidak bisa terpisah dari proses permesinan, proses permesinan sendiri adalah tahapan selanjutnya untuk finishing produk hasil dari pengecoran. Proses permesinan pada setiap material memiliki hasil yang beragam tergantung dengan jenis kandungan materialnya. Proses permesinan yang sering kita jumpai salah satunya adalah proses pembubutan . Pada penelitian kali ini kita akan memilih proses pembubutan sebagai proses permesinan yang akan dilakukan, proses pembubutan sendiri dipilih karena keunggulannya, yaitu memiliki banyak fungsi permesinan selain untuk proses pembubutan.

Setelah dilakukannya proses permesinan yaitu dengan proses pembubutan maka akan dilakukan uji kekasaran permukaan. Salah satu parameter produk berkualitas dapat dilihat dari nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan setelah proses permesinan (Jonoadji 1999). Pada penelitian kali ini ingin mengetahui pengaruh tingkat *recycling* aluminium Al-Mg-Si terhadap kekasaran permukaan selama proses pembubutan .

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun yang menjadi rumusan masalah dalam pengerjaan penelitian ini adalah bagaimana pengaruh tingkatan *recycling* aluminium Al-Mg-Si terhadap kekasaran permukaan pada proses pembubutan.

### 1.3 Batasan Masalah

Akibat banyaknya kemungkinan yang akan terjadi, permasalahan harus dibatasi. Maka dari itu, penelitian ini difokuskan kepada:

1. Paduan aluminium Al-Mg-Si
2. Tidak membahas cacat setelah proses permesinan

### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui kualitas kekasaran permukaan produk hasil tingkatan *recycling* aluminium Al-Mg-Si terhadap proses pembubutan.
2. Mengetahui waktu proses pada produk hasil tingkatan *recycling* aluminium Al-Mg-Si terhadap proses pembubutan.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah :

1. Menghasilkan produk coran yang berkulaitas
2. Memberikan pengetahuan untuk menjadi acuan penelitian berikutnya
3. Dapat mengetahui nilai kekasaran permukaan produk hasil tingkatan *recycling* aluminium Al-Mg-Si terhadap proses pembubutan .



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Sebelumnya

Suparjo (2011) Paduan Aluminium daur ulang piston yang dihasilkan oleh industri kecil memiliki komposisi Al 84,76%, Si 1,04%, Fe 1.04%, Cu 2,173%, Mn 0,24%, Zn 3,53%, Sn 0,066%, Pb 0,18%, Ti 0,06 % , dan lain-lain 0,14%., Angka kekerasan Brinell setelah mendapat proses perlakuan panas 125,76. Komposisi unsur paduan aluminium akan menaikkan dan meningkatkan sifat mekanik bahan paduan hasil pengecoran industri kecil. Tingkat penyebaran unsur yang lebih merata juga menyebabkan keseragaman dan kekerasan permukaan akan lebih baik

Jonoadji (1999) Salah satu produk yang berkualitas dapat dilihat dari hasil proses permesinannya dengan melihat kekasaran permukaan yang dihasilkan. Faktor yang paling besar pengaruhnya adalah gerak makan dimana semakin besar proses pemakanannya maka semakin meningkat pula nilai kekasaran permukaannya ( $R_a$ ) .

Setyayunita (2016) Nilai kekerasan pada aluminium struktur daur ulang akan semakin meningkat seiring dengan semakin meningkatnya jumlah inklusi Fe pada hasil pengecoran recycling pertama hingga recycling ketiga dan inklusi Fe menurun pada recycling keempat. sebesar 78,38; 82,22; 87,8; dan 84,62 HRB pada bagian permukaan serta sebesar 76,72; 79,86; 80,02; dan 79,96 HRB pada bagian tengah.

#### 2.2 Aluminium

Bagi manusia logam aluminium sangat berguna dan penting. Dalam sistem periodik unsur, aluminium merupakan unsur kimia golongan IIIA dengan nomor atom 13 dan berat atom 26,98 gram per mol. Aluminium mudah teroksidasi membentuk lapisan tipis oksida ( $Al_2O_3$ ) yang tahan terhadap korosi di dalam udara bebas (Anton J. Hartono, 1992).

Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik dan sifat – sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam. (Surdia, 2005). Aluminium murni tidak stabil dalam proses oksidasi. Dalam keadaan berhubungan dengan udara aluminium membentuk lapisan tipis oksida di atas permukaan serta membentuk lapisan pelindung yang tahan terhadap korosi. Aluminium oksida membentuk dua bentuk isomer  $\alpha - Al_2O_3$  dan  $\gamma - Al_2O_3$ . (Seiler,1994). Aluminium dapat

di daur ulang tanpa kehilangan kualitas, dan daur ulang menghemat 95% dari energi yang dibutuhkan untuk memproduksi aluminium dari bijih. (DeGarmo, 2008 : 145).

Aluminium yang di jual di pasaran bukanlah aluminium murni 100%, dikarenakan di dalam aluminium selalu ada kandungan unsur pengotor. Gelembung gas yang masuk akibat proses peleburan dan pendinginan/pegecoran yang tidak sempurna menjadi penyebab adanya pengotor di dalam aluminium murni adalah, dan menjadikan kualitas material cetakan yang tidak baik, atau pengotor lainnya akibat dari bahan baku material yang tidak berkualitas.

### 2.2.1 Sifat Aluminium

Konsentrasi bahan dan perlakuan yang diberikan terhadap bahan aluminium murni dan aluminium paduan mempengaruhi sifat teknik oleh bahan tersebut. Aluminium terkenal sebagai bahan yang tahan terhadap korosi. Hal ini disebabkan oleh proses pembentukan lapisan aluminium oksida di permukaan logam aluminium segera setelah logam terpapar oleh udara bebas yang disebut fenomena pasivasi. Lapisan aluminium oksida ini mencegah terjadinya oksidasi lebih jauh. Jika dipadukan dengan logam yang bersifat lebih katodik, pasivasi dapat terjadi lebih lambat karena dapat mencegah oksidasi aluminium.

Aluminium memiliki konduktivitas termal yang sangat baik. Konduktivitas termal paduan aluminium sekitar 50 sampai 60% dari tembaga, dan menguntungkan dalam penukar panas, evaporator, listrik peralatan pemanas dan peralatan, dan otomotif kepala silinder dan radiator (ASM Handbook vol. 2, 2004 : 18).

#### 2.2.1.1 Sifat Fisik Aluminium

Sifat aluminium yang ulet, memiliki *machinability* yang baik dengan kekuatan tarik untuk aluminium murni sekitar 4~5 kgf/mm<sup>2</sup> dan bila diproses penguatan regangan seperti dirol dingin kekuatan bisa mencapai ± 15 kgf/mm<sup>2</sup> menyebabkan aluminium aplikatif untuk berbagai jenis komponen mesin. Secara umum sifat fisik aluminium dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1.Sifat fisik Aluminium Murni.

Sifat – Sifat	Kemurnian Al (%)	
		99,996
Massa Jenis (20 °C)	2,6989	2,71
Titik Cair(°C)	660,2	653 – 657
Panas Jenis (cal/g°C) (100 °C)	0,2226	0,2297
Hantaran Listrik	64,94	59 (dianil)
Tahanan Listrik Koefisien	0,00429	0,0115
Temperatur (°C)		
Koefisien Pemuaian (20–100 °C)	$23,86 \times 10^{-6}$	$23,5 \times 10^{-6}$
Jenis Kristal, konstanta kisi	FCC, a = 4,013 Kx	FCC, a = 4,04 kX

Sumber : Surdia dan Chijiwa, 1975

#### 2.2.2.2 Sifat Mekanik Aluminium

Adapun sifat-sifat mekanik dari aluminium adalah sebagai berikut:

##### 1. Kekuatan tarik

Kekuatan tarik adalah besar tegangan yang didapatkan ketika dilakukan pengujian tarik. Aluminium murni memiliki kekuatan tarik yang relatif rendah yaitu sekitar 90 MPa, sehingga untuk penggunaan yang memerlukan kekuatan tarik yang tinggi, aluminium perlu dipadukan. Aluminium paduan akan memiliki kekuatan tarik hingga 600 Mpa (paduan 7075) dengan dipadukan dengan logam lain, ditambah dengan berbagai perlakuan termal . Nilai tertinggi dari tegangan pada kurva tegangan-regangan hasil pengujian dapat menunjukkan nilai kekuatan tarik, dan biasanya terjadi ketika terjadinya necking. Kekuatan tarik dapat dijadikan sebagai suatu acuan terhadap kekuatan bahan, dan bukanlah ukuran kekuatan yang sebenarnya dapat terjadi di lapangan.

##### 2. Kekerasan

Kekerasan gabungan dari berbagai sifat yang terdapat dalam suatu bahan yang mencegah terjadinya suatu deformasi terhadap bahan tersebut ketika diaplikasikan suatu gaya. Berbagai metode dapat digunakan untuk menguji kekerasan. Yang paling umum adalah metode Brinell, Mohs, Vickers, dan Rockwell. Kekerasan bahan aluminium murni sangatlah kecil, yaitu sekitar 20 skala Brinell, sehingga dengan sedikit gaya saja dapat mengubah bentuk logam. Elastisitas, plastisitas, kekuatan tarik,

viskoelastisitas, *ductility* mempengaruhi nilai kekerasan suatu bahan . Untuk kebutuhan aplikasi yang membutuhkan kekerasan, aluminium perlu dipadukan dengan logam lain dan/atau diberi perlakuan termal atau fisik.

### 3. *Ductility* (kelenturan)

*Ductility* didefinisikan sebagai sifat mekanis dari suatu bahan untuk menerangkan seberapa jauh bahan dapat diubah bentuknya secara plastis tanpa terjadinya retakan. *Ductility* ditunjukkan dengan bentuk *necking*nya; material dengan *ductility* yang tinggi akan mengalami *necking* yang sangat sempit, sedangkan bahan yang memiliki *ductility* rendah, hampir tidak mengalami *necking* hal tersebut ditunjukkan dalam suatu pengujian tarik. Sedangkan dalam hasil pengujian tarik, elongasi adalah nilai hasil dari *ductility*. Seberapa besar pertambahan panjang suatu bahan ketika dilakukan uji kekuatan tarik dapat disebut juga elongasi. Elongasi ditulis dalam persentase pertambahan panjang per panjang awal bahan yang diujikan.

### 4. *Recyclability* (daya untuk didaur ulang)

Salah satu logam yang dapat di daur ulang tanpa penurunan kualitas adalah aluminium, peleburannya memerlukan sedikit energi, hanya sekitar 5% dari energi yang diperlukan untuk memproduksi logam utama yang pada awalnya diperlukan dalam proses daur ulang.

## 2.2.2 Unsur Aluminium Paduan

Setelah besi dan baja, penggunaan aluminium sebagai logam berada pada urutan yang kedua dan merupakan urutan tertinggi diantara logam non ferro. Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi yang baik, hantaran listrik yang baik dan sifat-sifat lainnya. Ditambahkannya Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni dan sebagainya, secara satu persatu atau bersama-sama dapat menambah sifat mekaniknya,. Dengan penambahan unsur-unsur tadi akan berpengaruh terhadap sifat baik lainnya.

Material ini dipergunakan dalam bidang yang luas, bukan saja untuk peralatan rumah tangga tapi juga dipakai untuk material mobil, kapal laut, pesawat terbang, konstruksi dan penggunaan lainnya.

### 1. Aluminium Murni

Aluminium dapat mencapai kemurnian 99,85%, dengan mengolah kembali dapat mencapai kemurnian 99,99%. Menurut kemurniannya aluminium dapat merubah nilai



korosinya. Pada umumnya untuk kemurnian 99,0% atau di atasnya dapat digunakan di udara dan akan bertahan dalam waktu beberapa tahun. Aluminium dapat digunakan untuk kabel dan dibentuk lembaran tipis (*aluminium foil*) karena memiliki hantaran listrik Al sekitar 65% hantaran listrik tembaga, tetapi massa jenisnya sekitar sepertiganya sehingga memungkinkan untuk memperluas penampangnya.

## 2. Paduan Aluminium

Paduan Al di klasifikasikan dalam berbagai standard oleh berbagai negara di dunia. *Standard Aluminium Association (AA)* di Amerika menggunakan penandaan dengan empat angka sebagai berikut :

1xxx adalah Al Murni

2xxx adalah Al – Cu

3xxx adalah Al – Mn

4xxx adalah Al – Si

5xxx adalah Al – Mg

6xxx adalah Al – Mg – Si

7xxx adalah Al – Zn

### a. Seri 2000, Paduan Al – Cu dan Al – Cu – Mg

Mengandung 4% Cu dan 0.5% Mg dan paduan ini dinamakan duralumin. Salah satu duralumin adalah paduan 2017, komposisi standarnya adalah aluminium dengan kandungan (4% Cu, 0.5% Mg, 0.5% Mn). Paduan 2024, paduan yang ditingkatkan magnesiumnya dari komposisi standar, yaitu aluminium dengan kandungan (4.5% Cu, 1.5% Mg, 0.5% Mn). Paduan yang mempunyai ketahanan korosi yang jelek adalah paduan yang mengandung Cu, jadi apabila ketahanan korosi diperlukan permukaannya dilapisi dengan Al murni atau paduan Al yang tahan korosi, material yang telah dilapisi tersebut disebut *Al clad*.

### b. Seri 3000, Paduan Al – Mn

Unsur yang memperkuat Al tanpa mengurangi ketahanan korosi adalah Mn (mangan), dan digunakan untuk membuat paduan yang tahan korosi. Paduan 3003, adalah paduan aluminium dengan kandungan 1.2% Mn dan 1% Mg yang dipergunakan sebagai paduan tahan korosi.

c. Seri 4000, Paduan Al – Si

Paduan sangat baik kecairannya dan cocok untuk paduan coran adalah paduan Al – Si. Paduan ini mempunyai ketahanan korosi yang baik, sangat ringan, koefisien pemuaian yang rendah dan sebagai penghantar panas dan listrik yang baik. Setelah dilakukan beberapa perbaikan komposisi material ini biasa dipakai untuk torak motor dan sebagai filler las.

d. Seri 5000 Paduan Al – Mg

Paduan Al – Mg mempunyai ketahanan korosi yang sangat baik, dengan kandungan 2–3% Mg (magnesium) mempunyai sifat mudah ditempa, diroll dan diekstrusi. Paduan yang paling kuat dalam seri ini adalah paduan 5056. Paduan 5083 yang diambil adalah paduan dengan 4.5% Mg, sifatnya kuat dan mudah dilas, digunakan sebagai tangki LNG.

e. Seri 6000, Paduan Al - Mg – Si

Dibandingkan dengan paduan-paduan lainnya paduan ini mempunyai kekuatan yang kurang baik sebagai bahan tempaan. Tetapi sangat liat, sangat baik mampu bentuknya untuk penempaan, ekstrusi dan lain-lain. Paduan seri 6000 adalah 6063 yang banyak digunakan untuk rangka konstruksi.

f. Serie 7000, Paduan Al – Zn

Yaitu suatu paduan yang terdiri dari aluminium (5.5% Zn, 2.5% Mn, 1.5% Cu, 0.3% Cr) ini dinamakan paduan 7075. Dibandingkan paduan-paduan lainnya paduan ini mempunyai kekuatan tertinggi. Penggunaan paduan ini kebanyakan untuk bahan konstruksi pesawat terbang, selain itu banyak digunakan sebagai bahan konstruksi.

### 2.2.2.1 Penggolongan Paduan Aluminium

Standarisasi logam aluminium menurut *American Standart Testing Materials* (ASTM) mempergunakan angka dalam menetapkan penggolongan aluminium paduan. Sebuah sistem empat digit yang dilengkapi dengan titik desimal digunakan untuk mengidentifikasi aluminium dan paduan aluminium dalam bentuk coran dan pengecoran ingot. Berikut adalah cara penggolongan aluminium berdasarkan paduannya:

Tabel 2.2 Sistem Penamaan Paduan Aluminium Tempa

Unsur Paduan Utama	No. Seri
Aluminium, 99 % dan lebih besar	1xxx
Copper	2xxx
Manganese	3xxx
Silicon	4xxx
Magnesium`	5xxx
Magnesium dan Silicon	6xxx
Zinc	7xxx
Unsur lain	8xxx

Sumber: DeGarmo, 2008 : 147

Cara pembacaan:

1. Angka awal menunjukkan jenis – jenis unsur paduan yang terdapat pada logam aluminium.
2. Angka kedua menunjukkan sifat khusus misalnya : angka kedua menunjukkan angka satu (1) sampai dengan sembilan (9) memerlukan perhatian maka tidak memerlukan perhatian khusus dan jika khusus angka kedua menunjukkan bilangan nol (0).
3. Dua menunjukkan modifikasi dari paduan dalam perdagangan.

Contoh pembacaan :

ASTM 2017 artinya Adalah paduan aluminium – copper tanpa perhatian khusus dan mengalami modifikasi dari paduan Al – Cu.

Dan berikut paduan aluminium tuang menurut *Aluminum Association of America* (AA) yang dirancang dalam 8 seri, yaitu

Tabel 2.3 Sistem Penamaan Aluminium Tuang

No. Seri	Komposisi Paduan
1xx.x	Aluminium murni
2xx.x	Paduan aluminium – tembaga
3xx.x	Paduan aluminium – silicon – magnesium
4xx.x	Paduan aluminium – silicon
5xx.x	Paduan aluminium – magnesium
6xx.x	Jarang digunakan
7xx.x	Paduan aluminium – seng
8xx.x	Paduan aluminium – timah

Sumber : ASM Handbook Vol. 2. 2004

Digit pertama mengidentifikasi grup paduan, digit kedua dan ketiga mengidentifikasi paduan aluminium atau kemurnian dari aluminium tersebut. Digit terakhir dipisahkan oleh titik desimal, menunjukkan bentuk produk (pengecoran atau ingot).

#### 2.2.2.2 Proses pembentukan fasa intermetalik

Fasa kedua yang mengendap pada struktur mikro paduan aluminium paduan, yang terbentuk sebagai akibat dari komposisi kimia yang melebihi batas kelarutannya disebut fasa intermetalik. Keberadaan fasa ini sangat dipengaruhi oleh komposisi dan mekanisme pembentukan yang terjadi

Sebagai tambahan dari reaksi fasa utama di atas terjadi juga pengendapan fasa yang mengandung Fe dan Mn. Fasa yang paling sering muncul pada paduan Al-Si adalah fasa  $Al_{15}(Mn, Fe)_3Si_2$  dan  $Al_5FeSi$ , dan selanjutnya pada tahap terakhir proses pembekuan terjadi pengendapan fasa  $Mg_2Si$  dan  $Al_2Cu$ . Paduan Fe dan Mn memegang peranan penting dalam meningkatkan sifat mekanis yang didasarkan pada struktur mikro. Keberadaan Fe dalam membentuk fasa  $Al_5FeSi$  yang getas, sehingga keberadaan fasa ini dapat menurunkan keuletan. Fasa  $Al_{15}(Mn, Fe)_3Si_2$  yang berasal dari paduan Mn juga memiliki sifat yang keras dan getas seperti yang dihasilkan oleh Fe. Kedua fasa ini menyebabkan sulitnya proses pemesinan. Fasa metalik  $\alpha$ -aluminium lebih mudah tumbuh dibandingkan dengan kristal silikon dan fasa intermetalik lainnya. Namun diantara fasa

intermetalik, terdapat perbedaan kecepatan pertumbuhan, di mana fasa  $Al_{15}(Mn, Fe)_3Si_2$  lebih mudah tumbuh dibandingkan fasa  $Al_5FeSi$  sehingga fasa ini lebih mendominasi pada saat pembekuan cepat. Kecepatan pembekuan sangat mempengaruhi ukuran, bentuk dan distribusi fasa intermetalik. Pembekuan yang lambat akan menghasilkan fasa intermetalik yang kasar dan juga terjadi konsentrasi fasa kedua pada batas butir.

## 2.3 Proses Pengecoran

Salah satu teknik pembuatan produk dimana logam dicairkan dalam tungku peleburan kemudian dituangkan ke dalam rongga cetakan yang serupa dengan bentuk asli dari produk cor yang akan dibuat adalah proses pengecoran logam (*casting*). Sebagai suatu proses manufaktur yang menggunakan logam cair dan cetakan, pengecoran digunakan untuk menghasilkan bentuk asli produk jadi.

Proses pengecoran logam memiliki kelebihan dapat membuat bentuk yang rumit, dapat menghemat waktu dan pengerjaan produk massal, ukuran produk tidak terbatas, dapat menggunakan bahan yang tidak dapat dikerjakan dengan proses pemesian, bahan dapat dilebur ulang sedangkan pengecoran logam juga memiliki kekurangan antara lain kurang ekonomis untuk produksi dalam jumlah kecil, permukaan secara umum lebih kasar dibanding proses pemesian, toleransi kepresisian ukuran harus lebih besar dibanding produk pemesian.

### 2.3.1 Proses Pengecoran Daur Ulang Aluminium

Proses di mana *scrap* dari logam ini dapat digunakan kembali menjadi suatu produk merupakan pengertian daur ulang aluminium. Proses yang digunakan sangat sederhana, yaitu dengan cara melakukan *re-melting* logam tersebut. Sekitar tahun 1900, proses *recycling* Al masih sedikit dilakukan dan belum menghasilkan keuntungan yang besar, dan proses ini berkembang sekitar tahun 1968 ketika kaleng minuman yang berasal dari logam aluminium mulai di daur ulang dan pada tahun 1972 sudah sebesar 24.000 metrik ton kaleng minuman yang di daur ulang dan melonjak tajam pada tahun 2006 yang mencapai 525.000 metrik ton. Proses daur ulang dari Al memiliki beberapa keuntungan yaitu mengurangi konsumsi energy/*energy savings* di mana pada proses ini hanya dibutuhkan 5 % dari *energy* pada saat pengolahan Al dari bijih bauksit. Daur ulang aluminium selain itu, dapat mengurangi emisi gas buang yang dihasilkan pada saat proses pengolahan Al dari

bauxit, terutama mereduksi CO<sub>2</sub> dan gas rumah kaca seperti CF<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>, dan PFC, sehingga lebih ramah lingkungan.

## 2.4 Proses Permesinan

Proses permesinan merupakan salah satu cara untuk menghasilkan produk dalam jumlah banyak dengan waktu yang relatif singkat dalam industri manufaktur adalah proses permesinan. Banyak sekali jenis mesin yang digunakan, ini berarti mengarah pada proses yang berbeda-beda untuk setiap bentuk produk yang ingin dihasilkan. Dalam proses permesinan, benda kerja merupakan jenis material dengan sifat mekanis tertentu yang dipotong secara terus-menerus oleh pahat potong untuk menghasilkan bentuk sesuai keinginan, oleh sebab itu perlu penyesuaian material pahat pada saat permesinan.

Proses pemotongan logam merupakan suatu proses yang digunakan untuk mengubah bentuk dari logam (komponen mesin) dengan cara memotong. Dalam istilah teknik yang sering disebut dengan nama proses permesinan adalah proses pemotongan dengan menggunakan pahat potong yang dipasang pada mesin perkakas. Komponen mesin yang terbuat dari logam mempunyai bentuk yang beraneka ragam bentuknya. Umumnya mereka dibuat dengan proses permesinan dari bahan yang berasal dari proses sebelumnya yaitu proses penuangan (*casting*) atau proses pengolahan bentuk (*metal forming*). Karena bentuk yang ingin dihasilkan beraneka ragam tersebut maka proses permesinan yang dilakukannya pun bermacam-macam sesuai dengan bidang yang dihasilkan yaitu silinder atau rata. Klasifikasi proses permesinan dibagi menjadi tiga yaitu menurut jenis gerakan relatif pahat atau perkakas potong terhadap benda kerja, pembentukan permukaan, dan jenis mesin perkakas yang digunakan, (Rochim, 1993)

Proses pemesinan dengan menggunakan prinsip pemotongan logam dibagi dalam tiga kelompok dasar, yaitu :

- a. proses pemotongan dengan mesin pres
- b. proses pemotongan konvensional dengan mesin perkakas
- c. proses pemotongan non konvensional .

Proses permesinan juga dapat diartikan dengan proses pemotongan logam yang dilakukan dengan cara membuang bagian benda kerja yang tidak digunakan menjadi geram (*chips*) sehingga terbentuk benda kerja. Proses pemesinan adalah proses yang paling banyak dilakukan untuk menghasilkan suatu produk jadi yang berbahan baku logam.

Diperkirakan sekitar 60% hingga 80% dari seluruh proses pembuatan suatu mesin yang komplit dilakukan dengan proses pemesinan.

Lima elemen utama proses permesinan yaitu:

- a. *Cutting speed* (kecepatan potong) ;  $v$  (m/min)
- b. *Feeding speed* (kecepatan makan) ;  $v_f$  (mm/min)
- c. *Depth of cut* (kedalaman potong) ;  $a$  (mm)
- d. *Cutting time* (Waktu pemotongan);  $t_c$  (min), dan
- e. *Rate of metal removal* (kecepatan penghasiian geram) ;  $Z$  (cm<sup>3</sup> /min).

Berdasarkan dimensi benda kerja atau pahat serta besaran dari mesin perkakas dapat dihitung elemen proses permesinan ( $v$ ,  $v_f$ ,  $a$ ,  $t_c$ , dan  $Z$ ). Untuk proses bubut terdapat dua sudut pahat yang penting yaitu sudut potong utama (*principal cutting edge angle*) dan sudut geram (*rake angle*). Kedua sudut tersebut cukup berpengaruh pada gaya pemotongan.

#### 2.4.1 Klasifikasi Proses Permesinan

Proses pemesinan adalah proses dimana dilakukan dengan cara memotong bagian benda kerja yang tidak digunakan dengan menggunakan pahat (*cutting tool*), sehingga terbentuk permukaan benda kerja menjadi komponen yang dikehendaki. Pahat yang digunakan dipasang pada satu jenis mesin perkakas dengan gerakan relatif tertentu (berputar atau bergeser) disesuaikan dengan bentuk benda kerja yang akan dibuat. Pahat yang digunakan dapat diklasifikasikan sebagai pahat bermata potong tunggal (*single point cutting tool*) dan pahat bermata potong jamak (*multiple point cutting tool*). Pahat dapat melakukan gerak makan (*feeding*) dan gerak potong (*cutting*). Proses pemesinan dapat diklasifikasikan dalam dua klasifikasi besar yaitu proses pemesinan untuk membentuk benda kerja silindris dengan benda kerja atau pahat berputar, dan proses pemesinan untuk membentuk 4 benda kerja permukaan datar tanpa memutar benda kerja.

Klasifikasi yang pertama meliputi proses bubut dan variasi proses yang dilakukan dengan menggunakan mesin bubut

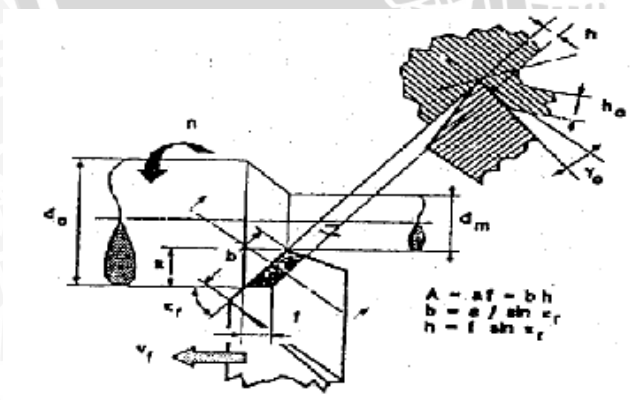
- a. mesin gurdi (*drilling*)
- b. mesin frais (*milling*)
- c. mesin gerinda (*grinding*)

Klasifikasi kedua meliputi

- a. proses sekrap (*shaping, planing*),
- b. proses slot (*slotting*),
- c. proses menggergaji (*sawing*), dan
- d. proses pemotongan roda gigi (*gear cutting*).

#### 2.4.2 Proses Pembubutan

Mesin bubut adalah mesin perkakas untuk proses pemotongan logam (*metal-cutting process*). Fungsi utama mesin bubut adalah digunakannya untuk memproses benda kerja dengan bentuk penampang lingkaran atau benda kerja. Operasi dasar dari mesin bubut adalah melibatkan benda kerja yang berputar dan *cutting tool*-nya bergerak linier atau benda kerja berputar pada angka putaran dengan nilai tertentu kemudian alat potong bergerak maju dengan nilai kecepatan tertentu sehingga terjadi pemotongan yang menghasilkan tatal atau geram.



Gambar 2.1 Proses pembubutan

Sumber : Rochim, 1993



Mesin bubut adalah suatu mesin perkakas yang membentuk benda kerjanya dengan cara menyayat, dimana gerak utamanya adalah gerak rotasi pada benda kerja dan gerak pemakanannya adalah gerak translasi pahat ke kiri dan kekanan searah dengan sumbu mesin bubut sebagai gerak bantu. Pergerakan pemakanan pahat kekanan dan kekiri merupakan fungsi utama mesin bubut untuk pengerjaan silindris. Pahat juga bisa bergerak untuk facing (menghasilkan permukaan rata pada sisi datar dari silinder).

Dengan mengatur perbandingan kecepatan translasi pahat dan kecepatan rotasi benda kerja maka akan diperoleh berbagai macam ulir dengan ukuran kisaran yang berbeda. Hal ini dapat dilakukan dengan jalan menukar roda gigi translasi (*change gears*) yang menghubungkan poros spindel dengan poros ulir (*lead screw*). Roda gigi penukar diperlukan secara khusus untuk memenuhi keperluan pembuatan ulir. Jumlah gigi pada masing-masing roda gigi penukar bervariasi besarnya mulai dari jumlah 15 sampai dengan jumlah gigi maksimum sebanyak 127. Roda gigi penukar dengan jumlah 127 mempunyai ke-khususan karena digunakan untuk mengkonversi dari ulir matrik ke ulir inchi.

Prinsip kerja mesin bubut dimulai dari poros spindel akan memutar benda kerja melalui piringan pembawa sehingga memutar roda gigi pada poros spindel. Melalui roda gigi penghubung, putaran akan disampaikan ke roda gigi poros ulir. Oleh klem berulir, putaran poros ulir tersebut diubah menjadi gerak translasi pada eretan yang membawa pahat. Akibatnya pada benda kerja akan terjadi sayatan yang membentuk ulir. Adapun fungsi mesin bubut adalah sebagai berikut :

- a. Untuk membuat benda kerja berbentuk silindris atau lingkaran
- b. Untuk membubut panjang
- c. Untuk membubut melintang
- d. Untuk membubut tirus
- e. Untuk membuat alur
- f. Untuk pembubutan bola
- g. Untuk pembuatan lubang (pengedrillan)
- h. Untuk menghaluskan permukaan benda kerja
- i. Untuk menggurdi
- j. Untuk membuat chamfer
- k. Untuk membubut dalam
- l. Untuk membuat gerigi
- m. Untuk me-reamer

- n. Untuk membubut bertingkat
- o. Untuk *knurling*

Salah satu contoh proses pemotongan logam adalah proses pembubutan. Proses ini terjadi dengan cara alat potong bergerak translasi terhadap benda kerja yang berputar bersama dengan pencekam (*chuck*), sehingga terjadi pemotongan logam dan menghasilkan geram. Gambar 2.1 adalah skematis dari sebuah proses pembubutan dimana  $n$  (putaran poros utama),  $f$  (pemakanan) dan  $a$  adalah (kedalaman potong). Pada proses bubut terdapat tiga parameter utama yang berpengaruh terhadap gaya potong, peningkatan panas, keausan, dan kondisi permukaan benda kerja yang dihasilkan. Ketiga parameter itu adalah

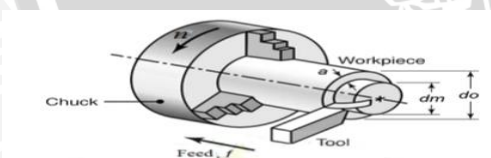
a. kecepatan potong ( $V$ )  
Kecepatan potong adalah kecepatan keliling benda kerja dengan satuan meter per menit (m/min),

b. pemakanan ( $f$ ),

Pemakanan adalah perpindahan atau jarak tempuh pahat tiap satu putaran benda kerja dengan satuan milimeter per putaran (mm/rev), dimana arah pemakanan adalah sejajar poros spindel (aksial),

c. kedalaman potong ( $a$ ).

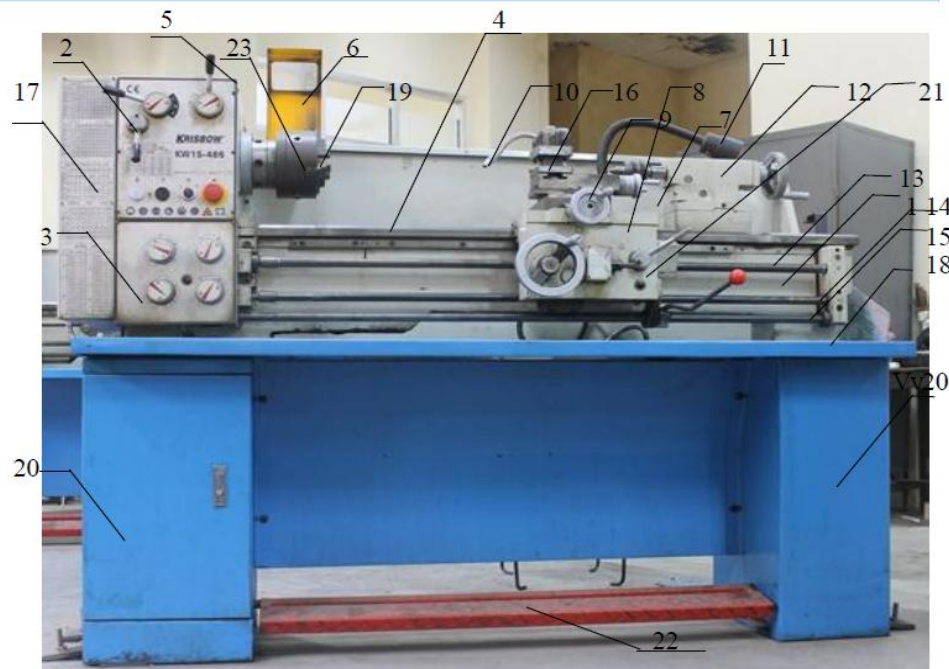
Kedalaman potong adalah tebal material terbuang pada arah radial dengan satuan milimeter (mm).



Gambar 2.2 Skematis proses pembubutan

Sumber: Kalpakjian & Schmid, 2006

Adapun bagian-bagian dari mesin bubut adalah



Gambar 2.3 Mesin Bubut KW15-486

Sumber : Manualbook GAP-BED Lathe CQ 6230A-1 910x310 MM

1. *Bed Way*

adalah penopang sebagai tempat relay bertumpu.

2. *Head Stok*

Adalah tempat dimana *gear box* dan *Quick Change gear box* dipasang.

3. *Quick Change Gear box / feed box*

Juga sering disebut dengan *Feed Box* berfungsi untuk mentransmisikan daya dan putaran dari *Gear Box* serta mengatur kecepatannya sebelum diteruskan kemekanisme pemakanan/*Apron*. *Gear Box* dan *Quick Change Gear Box* terletak pada *Head Stock*.

4. *Cariage Box*

Adalah meja penggerak pahat dan terletak di atas apron.

5. *Electrical Box*

Adalah tempat rangkaian sistem elektronik *lathe machine*.

6. *Chuck Protecting Cover*

Adalah penutup chuck yang berfungsi sebagai pelindung pengguna dari serpihan geram.

7. *Splash Guard*

Adalah pelindung dan pembatas agar geram tidak terlempar kemana-mana.

8. *Lower Carriage*

Adalah penopang dari *top carriage*.

#### 9. *Top carriage*

Adalah penopang dari *tool holder*.

#### 10. *Cooling*

Adalah sebagai saluran cairan pendingin.

#### 11. *Working Light*

Adalah lampu yang berfungsi sebagai penerang saat pengguna bekerja.

#### 12. *Tail Stock*

*Tail stock* terletak berhadapan dengan *spindle*. Berfungsi untuk menahan ujung benda kerja saat pembubutan dan juga dapat digunakan untuk memegang *tool* pada saat pengerjaan *drilling*, *reaming*, dan *tapping*.

#### 13. *Lead Screw*

Adalah poros berulir yang berfungsi untuk menggerakkan *carriage box* saat melakukan penguliran.

#### 14. *Feed Rod*

Adalah poros yang berfungsi untuk menggerakkan *carriage* saat melakukan pembubutan.

#### 15. *Switch Rod*

Adalah bagian mesin yang berfungsi untuk merubah putaran dari feed rod.

#### 16. *Tool Holder*

Adalah bagian mesin bubut yang berfungsi untuk memegang pahat.

#### 17. *Quadrant*

Adalah susunan *Pulley* yang mentransmisikan putaran antara *gearbox* dan *quick change gear box*.

#### 18. *Oil Tray*

Adalah tempat geram dan pengalir *coolant* menuju *reservoir*.

#### 19. *Steady Rest*

Adalah alat bantu untuk menopang benda kerja yang kedudukannya tetap.

#### 20. *Foot Stand*

Adalah penopang dari seluruh rangkaian mesin bubut.

#### 21. *Thread Indicator*

Adalah Indikator putaran *flywheel*.

## 22. Foot Breake

Adalah pedal injak yang berfungsi untuk menghentikan mesin dengan memutus arus listrik.

### 2.4.2.1 Parameter Proses Pembubutan

Dalam setiap perencanaan proses permesinan pasti akan menentukan nilai ukuran yang obyektif dan pahat harus memakan sebagian material benda kerja sampai ukuran obyektif yang diinginkan itu dicapai. Hal ini dapat dilaksanakan dengan cara menentukan penampang geram (sebelum terpotong). Selain itu, setelah berbagai aspek teknologi ditinjau, kecepatan pemakanan yang menghasilkan geram dapat dipilih supaya waktu pemotongan sesuai dengan yang dikehendaki. Untuk itu perlu dipahami lima elemen dasar proses permesinan yaitu :

#### 1. Kecepatan Pemotongan (V)

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ (m/menit)}$$

dimana:

D = Diameter awal benda kerja (mm)

n = Putaran spindle (rpm)

..... (2-1)

#### 2. Kecepatan gerak pemakanan

$$v = f \cdot n \text{ (mm/min) ..... (2-2)}$$

Dimana,

v : kecepatan gerak pemakanan (mm/min)

f : gerak makan (mm/rev)

n : putaran poros utama (rpm)

#### 3. Waktu pemotongan

$$t_c = l_t / v_f \text{ (min) ..... (2-3)}$$

Dimana,

t<sub>c</sub> : waktu pemotongan (min)

l<sub>t</sub> : panjang permesinan (mm)

vf : kecepatan pemakanan (mm/min)

#### 4. Kecepatan penghasilan geram

$$Z = A.V \text{ (cm}^3\text{/min)} \dots\dots\dots (2-4)$$

Dimana, penampang geram sebelum terpotong

$$A = f . a \text{ ( mm}^2 \text{ ) } \dots\dots\dots (2-5)$$

$$\text{Maka : } Z = f . a . v \text{ (cm}^3\text{/min)} \dots\dots\dots (2-6)$$

Dimana,

Z = kecepatan penghasilan geram (cm<sup>3</sup> / min)

f = gerak makan (mm/rev)

a = kedalaman potong (mm)

V = kecepatan potong (m/min)

#### 2.4.2.2 Jenis-Jenis Pahat Mesin Bubut

Pahat bubut merupakan salah satu komponen alat potong yang sangat diperlukan pada proses pembubutan, karena pahat bubut dengan beragam jenisnya dapat membuat benda kerja dengan berbagai bentuk sesuai tuntutan pekerjaan misalnya, dapat digunakan untuk membubut permukaan/ *facing* rata, bertingkat, alur, chamfer, tirus, memperbesar lubang, ulir dan memotong. Kemampuan atau performa pahat bubut dalam melakukan pemotongan sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya, jenis bahan atau material yang digunakan, geometris dari pahat bubut, sudut potong pahat bubut dan bagaimana teknik penggunaannya sudah sesuai petunjuk dalam prosedur. Apabila beberapa faktor tersebut diatas dapat terpenuhi berdasarkan standar yang telah ditentukan, maka pahat bubut akan maksimal kemampuannya atau performanya dalam proses pembubutan. Setiap pabrik pembuat pahat bubut biasanya pada buku standarnya selalu mencantumkan spesifikasi dan klasifikasi produk buaatannya, diantaranya mencantumkan kode standar yang digunakan misalnya dengan standar ISO 513.

## 1 Bahan/ Material Pahat Bubut

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini begitu pesat terutama dalam industri manufaktur atau proses permesinan, sehingga sudah banyak diciptakan variasi jenis dan sifat material, baik untuk alat potong pahat bubut atau bahan (*work material*). Pada awalnya manusia hanya mampu membuat alat potong pahat bubut dari jenis baja karbon, kemudian ditemukan unsur atau paduan yang lebih keras sampai ditemukannya material alat potong pahat bubut yang paling keras yaitu *diamond*. Unsur-unsur yang berpengaruh terhadap performa alat potong atau pahat bubut diantaranya: *Chromium (Cr)*, *Tungsten/ Wolfram* , *Vanadium (V)*, *Molybdenum (Mo)* dan *Cobalt (Co)*. Sifat yang diperlukan untuk sebuah alat potong tidak hanya kekerasannya saja, akan tetapi masih ada sifat lain yang diperlukan untuk membuat suatu alat potong memiliki performa yang baik misalnya, bagaimana ketahanan terhadap gesekan yang didapatkan, ketahanan terhadap panas, dan ketahanan terhadap benturan, dll.

Macam-macam pahat bubut dilihat dari jenis material/ bahan yang digunakan meliputi:

- a. Baja karbon, Baja kecepatan tinggi/ *High Speed Steels (HSS)*,
- b. Paduan cor *nonferro (cast nonferrous alloys; cast carbides)*,
- c. Karbida (*cemented carbides; hardmetals*),
- d. Keramik (*ceramics*), CBN (*cubic boron nitrides*), dan
- e. Intan (*sintered diamonds & natural diamond*)

### 2.5 Kekasaran Permukaan

Salah satu karakteristik geometris yang ideal dari suatu komponen adalah permukaan yang halus dan rata. Dalam praktiknya memang tidak mungkin untuk menghasilkan suatu komponen dengan permukaan yang benar-benar halus. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, misalnya faktor manusia (operator) dan faktor-faktor dari mesin-mesin yang digunakan untuk membuat produk tersebut. Akan tetapi, dengan kemajuan teknologi terus-menerus berusaha untuk membuat peralatan yang mampu membentuk permukaan komponen dengan tingkat kehalusan yang cukup tinggi menurut standar ukuran yang berlaku dalam metrologi yang dikemukakan oleh para ahli

pengukuran geometris benda melalui pengalaman penelitian. Tingkat kehalusan suatu permukaan memang peranan yang cukup penting dalam perencanaan suatu komponen mesin khususnya yang menyangkut masalah gesekan pelumasan, keausan, tahanan terhadap kelelahan dan sebagainya. Oleh karena itu, dalam perencanaan dan pembuatannya harus dipertimbangkan terlebih dulu mengenai peralatan mesin yang mana harus digunakan untuk membuatnya serta berapa ongkos yang harus dikeluarkan selama proses permesinan. Agar proses pembuatannya tidak terjadi penyimpangan yang berarti maka karakteristik permukaan ini harus dapat dipahami oleh perencana lebih-lebih lagi oleh operator pembuatnya. Komunikasi karakteristik permukaan biasanya dilakukan dalam gambar teknik. Akan tetapi untuk menjelaskan secara sempurna mengenai karakteristik suatu permukaan nampaknya cukup sulit. Walaupun hingga saat ini sudah banyak parameter yang digunakan dalam pembahasan karakteristik permukaan, namun belum ada suatu parameter yang menjelaskan secara sempurna mengenai keadaan yang sebenarnya dari permukaan. Untuk pembahasan selanjutnya mengenai kekasaran permukaan maka terlebih dahulu perlu dibicarakan mengenai batasan yang ada dan beberapa parameter penting yang ada kaitannya dengan kekasaran atau kehalusan permukaan yang hingga saat ini masih banyak dipakai dalam praktiknya.

### **2.5.1 Batasan Permukaan dan Parameter-parameternya**

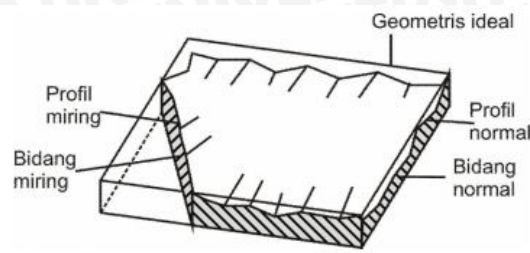
#### **1. Permukaan Menurut istilah keteknikan,**

Permukaan adalah sebuah batas yang memisahkan benda padat dengan sekitarnya. Dalam prakteknya, bahan yang digunakan kebanyakan dari besi atau logam. Oleh karena itu, benda-benda padat yang bahannya terbuat dari tanah, batu, kayu dan karet tidak akan dibahas dalam pembicaraan mengenai karakteristik permukaan dan proses pengukurannya.

Kadang-kadang ada juga istilah lain yang berkaitan dengan permukaan yaitu profil. Istilah profil sering disebut dengan istilah lain yang hampir sama yaitu bentuk. Profil atau bentuk yang dikaitkan dengan istilah permukaan mempunyai arti sendiri yaitu garis hasil pemotongan secara normal atau miring dari suatu penampang permukaan. Untuk mengukur dan menganalisis suatu permukaan dalam tiga dimensi cukup sulit. Oleh karena itu, untuk mempermudah pengukuran maka penampang permukaan perlu dipotong. Cara pemotongan biasanya ada empat cara yaitu pemotongan normal, miring, singgung dan pemotongan singgung dengan jarak kedalaman yang nilainya sama. Garis hasil

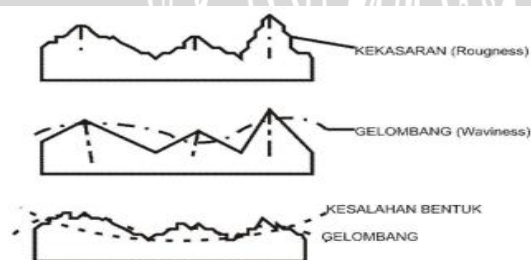


pemotongan inilah yang disebut dengan profil, dalam kaitannya dengan permukaan. Dalam analisisnya hanya dibatasi pada pemotongan secara normal. Gambar 2.5 menunjukkan perbedaan antara sebuah bidang dan profil.



Gambar 2.4 Bidang dan profil pada penampang permukaan  
Sumber : Pengukuran Kekasaran Permukaan, 225

Dengan melihat profil ini maka bentuk dari suatu permukaan pada dasarnya dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu permukaan yang bergelombang (*waviness*) dan permukaan yang kasar (*roughness*). Permukaan yang kasar berbentuk gelombang pendek yang tidak teratur dan terjadi karena getaran pisau (pahat) potong atau proporsi yang kurang tepat dari pemakanan (*feed*) pisau potong dalam proses pembuatannya sedangkan permukaan yang bergelombang mempunyai bentuk gelombang yang lebih panjang dan tidak teratur yang dapat terjadi karena beberapa faktor misalnya posisi senter yang tidak tepat, adanya gerakan tidak lurus (*non linier*) dari pemakanan (*feed*), getaran yang dihasilkan oleh mesin, tidak seimbang (*balance*) batu gerinda, perlakuan panas yang terjadi (*heat treatment*) yang kurang baik, dan masih banyak lagi. Dari kekasaran (*roughness*) dan gelombang (*waviness*) inilah kemudian timbul kesalahan bentuk. Untuk lebih jelasnya lihat Gambar 2.5 berikut ini.



Gambar 2.5 Kekasaran, gelombang dan kesalahan bentuk dari suatu permukaan  
Sumber : Pengukuran Kekasaran Permukaan, 225

## 2. Parameter-parameter permukaan

Sebelum membahas parameter-parameter permukaan perlu dibicarakan terlebih dulu mengenai profil permukaan yaitu :

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

Bentuk dari profil geometris ideal ini dapat berupa garis lurus, lingkaran, dan garis lengkung. Profil ini merupakan profil dari geometris permukaan yang ideal yang tidak mungkin diperoleh dikarenakan banyaknya faktor yang mempengaruhi dalam proses pembuatannya.

### b. Profil Referensi (*Reference Profile*)

Bentuknya cukup sama dengan bentuk profil geometris ideal, tetapi tepat menyinggung puncak tertinggi dari profil terukur pada panjang sampel yang diambil dalam pengukuran. Profil ini digunakan sebagai dasar dalam menganalisis karakteristik dari suatu permukaan..

### c. Profile Dasar (*Root Profile*)

Profil dasar adalah profil referensi yang didapatkan dari digeserkan kebawah hingga tepat pada titik paling rendah pada profil terukur.

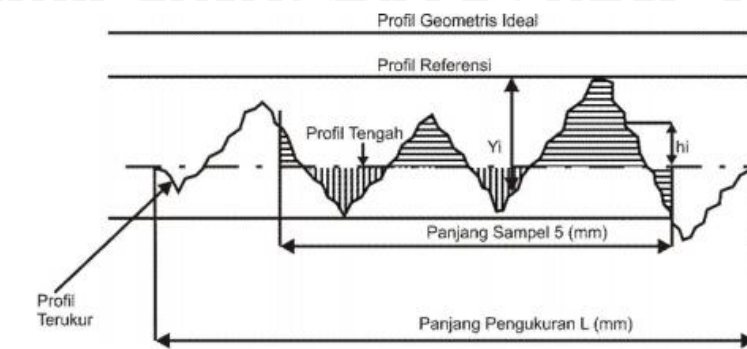
### d. Profil Terukur (*Measured Profile*)

Profil inilah yang akan dijadikan sebagai data untuk menganalisis karakteristik kekasaran permukaan produk pemesinan. Profil terukur juga adalah profil dari suatu permukaan yang diperoleh melalui proses pengukuran.

### e. Profile Tengah (*Centre Profile*)

Profil tengah ini sebetulnya merupakan profil referensi yang digeserkan kebawah dengan arah tegak lurus terhadap profil geometris ideal sampai pada batas tertentu yang membagi luas penampang permukaan menjadi dua bagian yang sama yaitu atas dan bawah. Profil tengah adalah profil yang berada tepat ditengah-tengah dengan posisi sedemikian rupa sehingga jumlah luas bagian atas profil tengah sampai pada profil terukur sama dengan jumlah luas bagian bawah profil tengah sampai pada profil terukur.

Untuk lebih memperjelas dimana posisi dari profil geometis ideal, profil terukur, profil referensi, profil dasar, dan profil tengah, dapat dilihat Gambar 2.6 berikut ini



Gambar 2.6 Profil dari suatu permukaan  
Sumber : Pengukuran Kekasaran Permukaan, 227

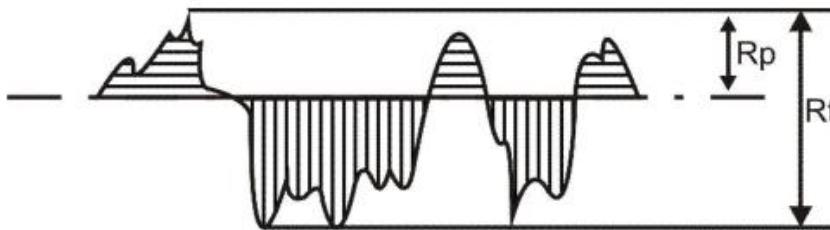
Beberapa parameter yang bisa dijabarkan dari profil-profil yang telah disebutkan diatas antara lain adalah:

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

Kedalaman total ini merupakan besarnya jarak dari profil referensi m. Lihat  $\mu$  sampai dengan profil dasar. Satuannya adalah dalam micron ( Gambar 2.6)

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

Kedalaman perataan ( $R_p$ ) adalah jarak rata-rata dari profil referensi sampai dengan profil terukur. Dapat dikatakan juga bahwa kedalaman perataan merupakan jarak antara profil tengah dengan profil referensi. Lihat Gambar 2.7



Gambar 2.7 Kedalaman total dan kedalaman perataan  
Sumber : Pengukuran Kekasaran Permukaan, 227

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

$$R_a = \frac{1}{s} \int_0^s hl^2 \cdot dx \text{ (}\mu\text{m)}$$

..... (2-7)

Menentukan nilai kekasaran rata-rata ( $R_a$ ) dapat pula dilakukan secara grafis. Adapun caranya adalah sebagai berikut :

1. gambarlah sebuah garis yang lurus pada penampang permukaan yang diperoleh dari pengukuran (profil terukur) yaitu garis X – X yang posisinya tepat menyentuh lembah paling dalam, gambar 2.8
2. ambilah sampel panjang untuk pengukuran sepanjang L yang memungkinkan memuat sejumlah bentuk gelombang yang hampir sama.
3. ambilah luasan pada daerah A di bawah kurva dengan menggunakan planimeter atau dengan metode ordinat. Dengan demikian diperoleh jarak garis center C – C terhadap garis X – X secara tegak lurus yang besarnya adalah sebagai berikut:

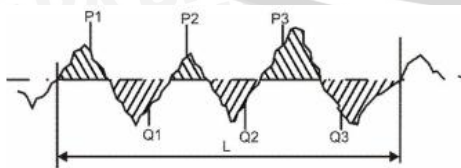
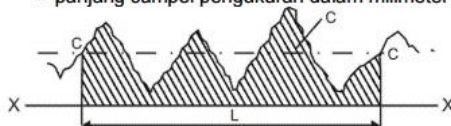
$$H_m = \frac{\text{daerah A}}{L}$$

..... (2-8)

4. sekarang dapat diperoleh suatu 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). Lihat gambar 2.9. Dengan demikian maka  $R_a$  dapat ditentukan besarnya dengan rumus yaitu :

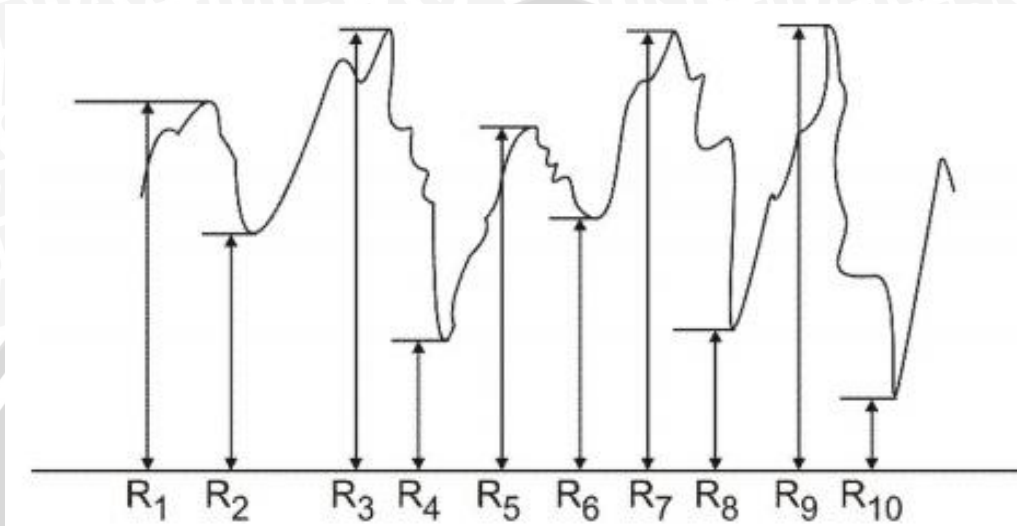
$$R_a = \frac{\text{Luas daerah P} + \text{Luas daerah Q}}{L} \times \frac{1000}{V_v} \text{ (}\mu\text{m)}$$

Dimana:  
 $V_v$  = perbesaran vertikal. Luas P dan Q dalam milimeter  
 $L$  = panjang sampel pengukuran dalam milimeter



Gambar 2.8 Menentukan kekasaran rata-rata  
 Sumber : Pengukuran Kekasaran Permukaan, 228

Kekasaran rata-rata dari puncak ke lembah ( $R_z$ ) sebetulnya hampir sama dengan kekasaran rata-rata aritmetis ( $R_a$ ), tetapi cara menentukan  $R_z$  adalah lebih mudah daripada menentukan  $R_a$ , Gambar 2.10 menunjukkan cara menentukan  $R_z$ . Sampel pengukuran diambil sejumlah profil yang memuat, misalnya 10 daerah yaitu 5 daerah puncak tertinggi dan 5 daerah lembah yang terdalam.



Gambar 2.9 Menentukan kekasaran rata-rata dari puncak ke lembah  
Sumber : Pengukuran Kekasaran Permukaan, 228

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

$$R_z = \frac{1}{5} (R_1 + R_3 + R_5 + R_7 + R_9 + P_a) - \frac{1}{5} (R_2 + R_4 + R_6 + R_8 + R_i) \times \frac{1000}{V_v} \quad \dots\dots (2-9)$$

Toleransi Harga  $R_a$  yaitu

Seperti halnya nilai toleransi ukuran (lubang dan poros), nilai kekasaran rata-rata aritmetis  $R_a$  juga mempunyai nilai toleransi kekasaran. Dengan demikian masing-masing harga kekasaran mempunyai kelas kekasaran yaitu dari N1 sampai N12. Besarnya nilai toleransi untuk  $R_a$  biasanya diambil antara 50% ke atas dan 25% ke bawah. Tabel 2.4 menunjukkan nilai kekasaran rata-rata beserta toleransinya.

Tabel 2.4 Tabel toleransi Ra

Kelas kekasaran	Harga C.L.A (µm)	Harga Ra (µm)	Toleransi $N_{+20\%}$ - $N_{-20\%}$	Panjang sampel (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	
N5	16	0.4	0.3 – 0.6	0.8
N6	32	0.8	0.6 – 1.2	
N7	63	1.6	1.2 – 2.4	
N8	125	3.2	2.4 – 4.8	
N9	250	6.3	4.8 – 9.6	2.5
N10	500	12.5	9.6 – 18.75	
N11	1000	25.0	18.75 – 37.5	
N12	2000	50.0	37.5 – 75.0	
				8

Sumber : Pengukuran Kekasaran Permukaan, 229

Toleransi nilai kekasaran rata-rata, Ra dari suatu permukaan tergantung juga pada proses pengerjaannya. Nilai hasil penyelesaian permukaan dengan menggunakan mesin gerinda sudah tentu lebih halus dari pada dengan menggunakan mesin bubut. Tabel 2.5 berikut ini memberikan contoh nilai kelas kekasaran rata-rata menurut proses pengerjaannya.

Tabel 2.5 Tabel toleransi Ra menurut proses permesinan

Proses pengerjaan	Selang (N)	Harga Ra
<i>Flat and cylindrical lapping, Superfinishing Diamond turning</i>	$N_1 - N_4$	0.025 – 0.2
<i>Flat cylindrical grinding</i>	$N_1 - N_8$	0.025 – 3.2
<i>Finishing</i>	$N_4 - N_8$	0.1 – 3.2
<i>Face and cylindrical turning, milling and reaming</i>	$N_5 - N_{12}$	0.4 – 50.0
<i>Drilling</i>	$N_7 - N_{10}$	1.6 – 12.5
<i>Shapping, planing, horizontal milling</i>	$N_6 - N_{12}$	0.8 – 50.0
<i>Sandcasting and forging</i>	$N_{10} - N_{11}$	12.5 – 25.0
<i>Extruding, cold rolling, drawing</i>	$N_6 - N_8$	0.8 – 3.2
<i>Die casting</i>	$N_6 - N_7$	0.8 – 1.6

Sumber : Pengukuran Kekasaran Permukaan, 229

## 2.6 Hipotesis

Bedasarkan tinjauan pustaka dan penelitian sebelumnya dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin banyak jumlah *recycling* pada alumunium maka semakin naik pula tingkat kekasaran permukaannya.

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode experimental sebenarnya dimana dapat secara langsung diketahui pengaruh tingkat *recycling* aluminium Al-Mg-Si terhadap kekasaran permukaan pada proses pembubutan.

### 3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan 13 April 2016 sampai dengan 10 Mei 2016 serta dilakukan di Laboratorium  $\alpha$   $\beta$   $\gamma$  dan Laboratorium Metrologi Industri Universitas Brawijaya.

### 3.3 Variabel Penelitian

#### 3.3.1 Variabel Bebas

Variabel bebas adalah tingkat *recycling* (1,2,3,dan 4) aluminium Al-Mg-Si

#### 3.3.2 Variabel Terikat

Variabel terikat pada penelitian ini adalah kekasaran permukaan pada setiap tingkat daur ulang aluminium Al-Mg-Si

#### 3.3.3 Variabel Terkontrol

Variabel terkontrol pada penelitian ini antara lain :

1. Menggunakan aluminium Al-Mg-Si sebagai bahan cor
2. Temperatur peleburan yang di gunakan yaitu 700°C
3. Volume cetakan konstan
4. Kecepatan spindel 25196 rpm
5. Kecepatan pemotongan = 1345 m/min,
6. Pemakanan = 1 mm,
7. Diameter awal = 17 mm
8. Pahat karbida

### 3.4 Alat dan Bahan

#### 3.4.1 Bahan

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Aluminium Al-Mg-Si

Material aluminium paduan Mn dan Si yang digunakan sebagai bahan penelitian



Gambar 3.1 Aluminium Al-Mg-Si

Sumber : Laboratorium  $\alpha \beta \gamma$  Landungsari, Malang

#### 3.4.2 Alat

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Timbangan elektrik

Timbangan elektrik disini berfungsi sebagai alat penimbang bahan yang digunakan selama proses penelitian



Gambar 3.2 Timbangan elektrik

Sumber : Laboratorium  $\alpha \beta \gamma$  Landungsari, Malang

2. Tungku Peleburan (*electrical furnace*)

Alat ini berguna untuk melebur aluminium Al-Mg-Si selama proses pengecoran berlangsung.





Gambar 3.3 Tungku Peleburan

Sumber : Laboratorium  $\alpha \beta \gamma$  Landungsari, Malang

### 3. Cetakan Logam

Alat ini berguna untuk menjadi cetakan bentuk spesimen coran yang ingin dibentuk .



Gambar 3.4 Cetakan Logam

Sumber : Laboratorium  $\alpha \beta \gamma$  Landungsari, Malang

### 4. *Surface roughness tester*

Alat ini berguna untuk mengukur kekasaran permukaan spesimen yang akan diuji .



Gambar 3.5 *Surface roughness tester*

Sumber : Laboratorium Metrologi Industri Universitas Brawijaya

5. *Thermogun*

Alat ini berguna sebagai alat pengukur suhu.



Gambar 3.6 *Thermogun*

Sumber : Laboratorium  $\alpha$   $\beta$   $\gamma$  Landungsari, Malang

6. *Stopwatch*

Alat ini berguna sebagai penghitung waktu selama proses penelitian berlangsung.



Gambar 3.7 Stopwatch

Sumber : Laboratorium  $\alpha$   $\beta$   $\gamma$  Landungsari, Malang

#### 7. Sarung tangan

Alat ini digunakan untuk melindungi tangan kita saat proses penelitian berlangsung.



Gambar 3.8 Sarung tangan

Sumber : Laboratorium  $\alpha$   $\beta$   $\gamma$  Landungsari, Malang

#### 8. Pahat Karbida

Pahat karbida ini adalah pahat yang digunakan untuk memakan spesimen selama proses pembubutan.

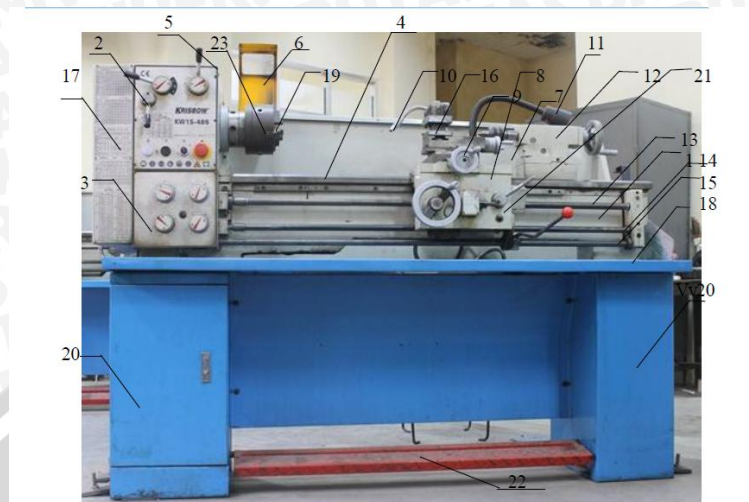


Gambar 3.9 Pahat karbida

Sumber : Laboraturium  $\alpha$   $\beta$   $\gamma$  Landungsari, Malang

## 9. Mesin Bubut

Mesin ini digunakan untuk membubut spesimen selama proses berlangsung



Gambar 3.10 Mesin bubut

Sumber : Manualbook GAP-BED Lathe CQ 6230A-1 910x310 MM

### 3.5 Prosedur Penelitian

1. Aluminium Al-Mg-Si disiapkan beserta alat-alat lain yang diperlukan pada proses pengcoran spesimen.
2. Memasukan aluminium Al-Mg-Si pada tungku listrik dan meleburnya dengan temperatur 700°C
3. Setelah lebur tuangkan logam cair ke dalam cetakan yang sudah disiapkan
4. Dilakukan pengulangan peleburan dan pengecoran pada bahan yang sama
  - a. Untuk spesimen A : *recycling* pertama
  - b. Untuk spesimen B : *recycling* kedua
  - c. Untuk spesimen C : *recycling* ketiga
  - d. Untuk spesimen D : *recycling* keempat
5. Catat waktu yang dibutuhkan selama peleburan
6. Foto mikrostruktur pada hasil *recycling* aluminium Al-Mg-Si

7. Spesimen hasil daur ulang aluminium Al-Mg-Si coran di proses permesinan dengan di bubut dengan kondisi pemesinan sesuai dengan yang di tentukan pada variabel terkontrol.
8. Setiap spesimen recycling dilakukan proses permesinan yang sama .
9. Setelah dilakukan proses pembubutan maka ambilah data kekasaran permukaan dari setiap spesimen daur ulang aluminium Al-Mg-Si yang telah di lakukan proses permesinan.

### 3.6 Rancangan Hasil Percobaan

Hasil percobaan nantinya akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik agar memudahkan untuk membaca informasi hasil penelitian serta akan di sertakan foto makrostruktur dari spesimen untuk melihat wujud kekasaran permukaan pada spesimen, dan adanya perhitungan nilai kekasaran permukaan untuk membandingkan dengan nilai kekasaran permukaan yang di dapat pada alat.

#### 3.6.1 Rancangan Tabel Hasil Penelitian

Tabel Data Proses Permesinan

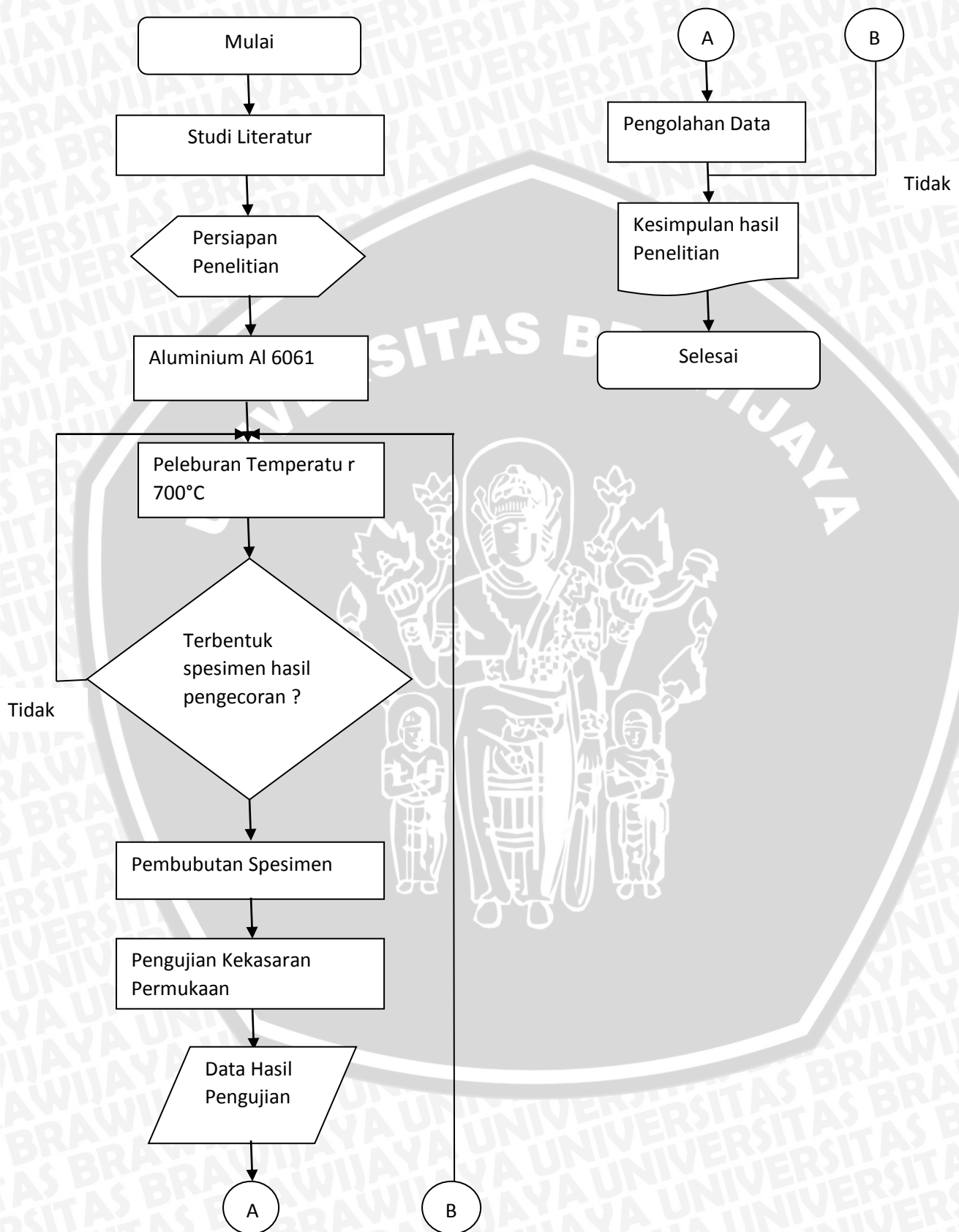
Tabel Data kekasaran permukaan aluminium Al-Mg-Si

#### 3.6.2 Rancangan Grafik Hasil Penelitian

Grafik Pengaruh Tingkat Recycling Aluminium Al-Mg-Si Terhadap Waktu Pemotongan

Grafik perbandingan tingkat *recycling* terhadap kekasaran permukaan

### 3.7 Diagram Alir Penelitian

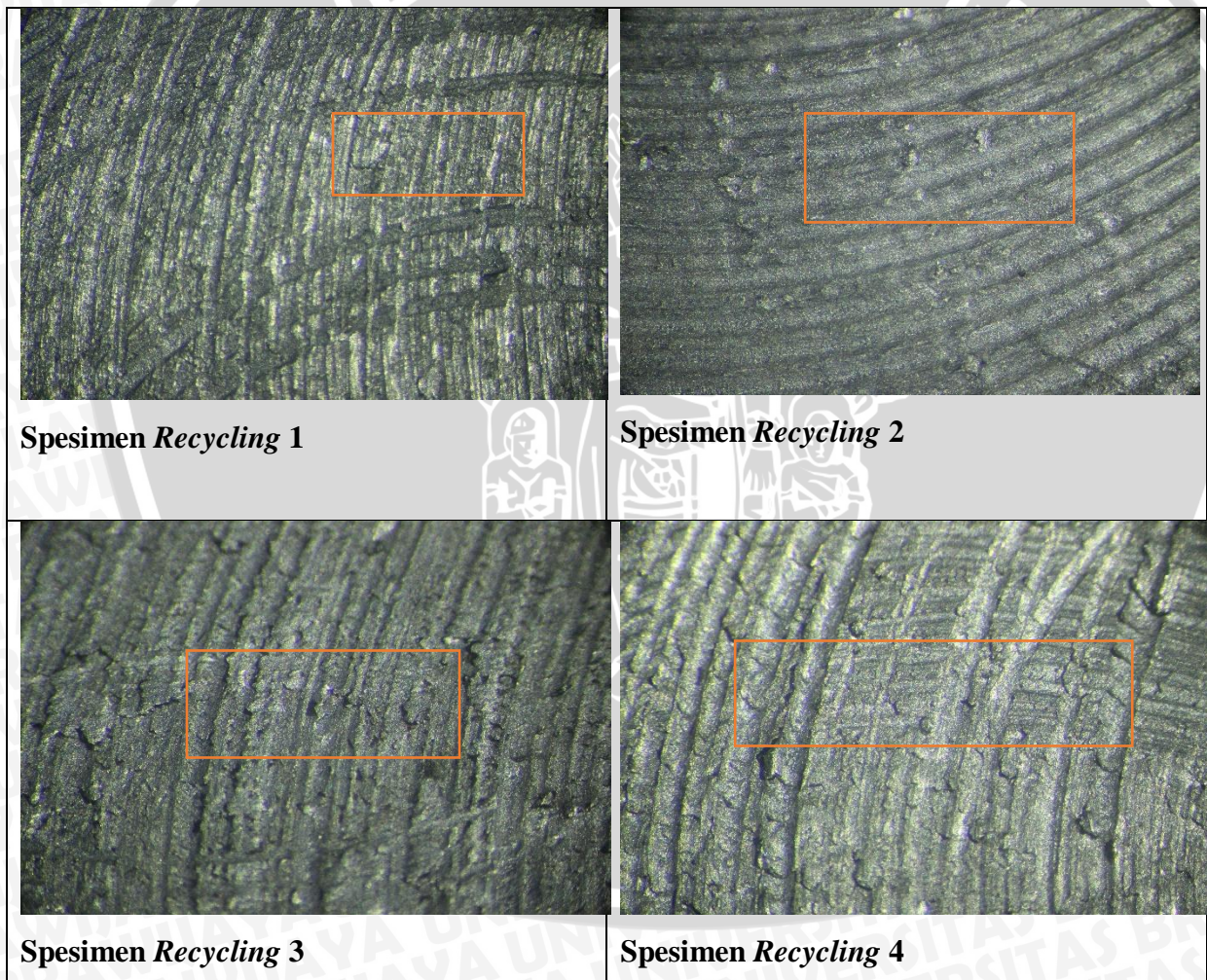


**BAB IV**  
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**4.1 Analisa Data**

**4.1.1 Hasil Foto Makrostruktur**

Untuk mendapatkan data visualisasi dari permukaan spesimen maka dilakukan pengambilan foto makrostruktur pada setiap spesimen *recycling* . Dibawah ini merupakan foto makrostruktur dari setiap tingkatan *recycling*.



Gambar 4.1 Gambar makrostruktur spesimen *recycling*

Dari gambar hasil uji foto makrostruktur diatas dapat kita lihat bahwa semakin naik tingkat *recycling* maka semakin kasar pula permukaan yang di dihasilkan . Dari uji foto makrostruktur dapat sekilas kita lihat kekasaran permukaan dari bukit dan lembah yang di dihasilkan . Semakin tinggi nilai kekasaran permukaan maka jarak antara lembah dan bukit semakin lebar .

#### 4.1.2 Data Hasil Penelitian Proses Pemotongan

Data ini di dapatkan dari proses permesinan pembubutan dengan parameter

$V_c$  (Kecepatan pemotongan) = 71,79 m/min,  $a$  (Pemakanan) = 0.5 mm,  $d$  (diameter awal) = 17 mm,  $n$  (putaran) = 1345 rpm .

Tabel 4.1 Data Kecepatan Pemotongan Pada Proses Pembubutan

<i>Recycling</i>	Replikasi	$f$ (mm/rev)	Rata-rata $f$	$v$ (mm/min)	Rata-rata $v$	$t$ (sekon)	Rata-rata $t$
1	1	0,0371	0,037733	49,90	50,75	30	29,55
	2	0,0395		53,13		28,22	
	3	0,0366		49,23		30,43	
2	1	0,0379	0,037133	50,98	49,94	29,38	30,01
	2	0,0366		49,23		30,43	
	3	0,0369		49,63		30,21	
3	1	0,0358	0,035300	48,15	47,48	31,12	31,56
	2	0,0354		47,61		31,43	
	3	0,0347		46,67		32,12	
4	1	0,0347	0,034933	46,67	46,99	32,13	31,90
	2	0,0354		47,61		31,45	
	3	0,0347		46,67		32,13	

1. Gerak pemakanan (mm/rev)

$$f = l.i / T_m.n$$

$l$  = Panjang pembubutan

$i$  = jumlah pembubutan

$$f = \frac{25 \times 1}{(30/60) \times 1345} = 0,0371 \text{ mm/rev}$$

2. Kecepatan gerak pemakanan

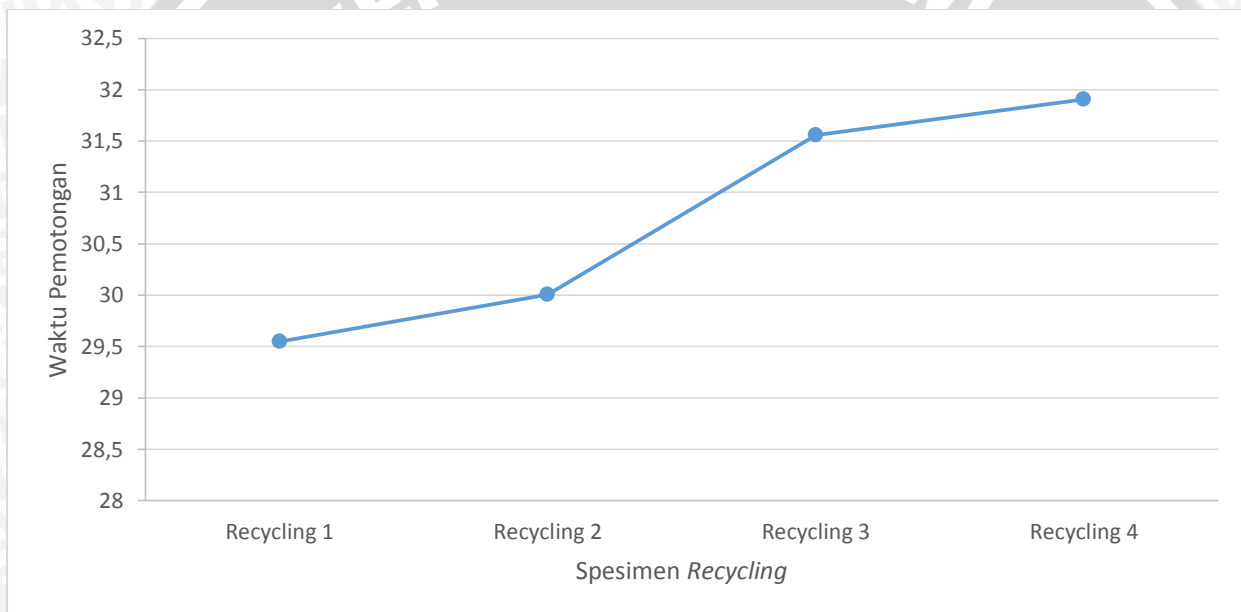


$$v = f \cdot n \text{ (mm/min)}$$

$$v = 0,0371 \times 1345 = 49,90 \text{ mm/min}$$

3. Waktu pemotongan didapatkan secara experimental saat proses pembubutan .

Pada proses pembubutan dapat kita ambil sampel spesimen recycling 1, replikasi 1 untuk menghasilkan spesimen dari diameter awal 17 mm menjadi 16 mm dengan parameter proses pembubutan dengan  $V_c$  (kecepatan pemotongan) 71,79 m/menit,  $n$  (putaran motor) sebesar 1345 rpm,  $a$  (pemakanan) 0.5 mm menghasilkan  $f$  (gerak pemakanan) sebesar 0,0371 mm/rev,  $v$  (kecepatan pemakanan) sebesar 49.90 mm/min dan  $t_m$  (waktu pemotongan) sebesar 30 sekon .



Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Tingkat Recycling Aluminium Al-Mg-Si Terhadap Waktu Pemotongan

Dari grafik pengaruh tingkat recycling aluminium Al-Mg-Si terhadap waktu pemotongan diatas dapat dilihat bahwa semakin naik tingkat recycling aluminium Al-Mg-Si maka semakin meningkat pula waktu pemotongan yang diperlukan untuk memotong spesimen *recycling* aluminium Al-Mg-Si. Dapat juga kita lihat dari hasil perhitungan dimana semakin meningkatnya *recycling* maka gerak makan dan kecepatan pemakanan semakin menurun berbanding terbalik dengan waktu pemotongan yang semakin meningkat. Waktu pemotongan yang semakin meningkat dapat terjadi di karenakan semakin keras spesimen

maka semakin diperlukan waktu yang lebih lama untuk memotong spesimen dan berbanding terbalik dengan gerak pemakanan dan kecepatan pemakanan yang menurun karena semakin susahnya proses pemakanan karena spesimen semakin keras.

Menurut tinjauan pustaka bahwa pada saat pengecoran terjadi proses pembentukan fase intermetalik yang mana terjadi proses pengendapan pada struktur mikro aluminium paduan, yang terbentuk sebagai akibat dari komposisi kimia yang melebihi batas kelarutannya.

Bedasarkan uji komposisi (terlampir) paduan yang terkandung dalam spesimen hasil *recycling* adalah Fe dan Mn . Menurut sifat mekanis Fe memiliki peranan penting untuk meningkatkan sifat mekanis yang didasarkan pada struktur mikro. Keberadaan Fe dalam aluminium paduan dapat membentuk fasa  $Al_5FeSi$  yang getas, sehingga keberadaan fasa ini dapat menurunkan keuletan. Fasa  $Al_{15}(Mn,Fe)_3Si_2$  yang berasal dari paduan Mn juga memiliki sifat yang getas dan keras seperti yang dihasilkan oleh Fe. Kedua fasa ini menyebabkan sulitnya proses pemesinan .

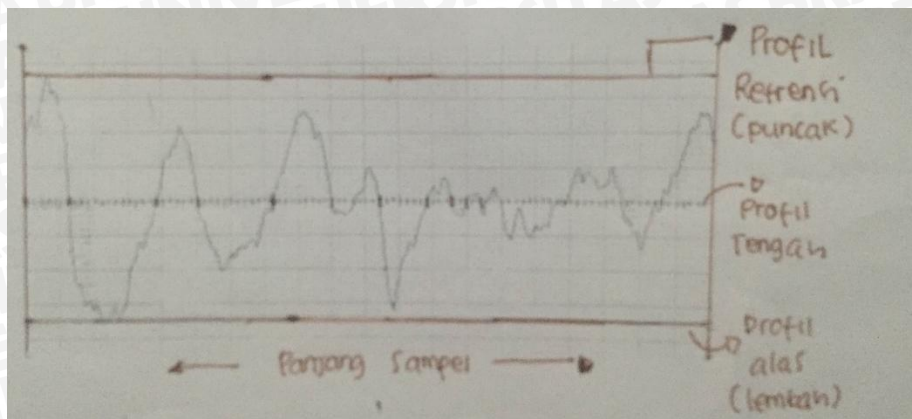
#### 4.1.3 Data Penelitian Kekasaran Permukaan Proses Pembubutan

Tabel 4.2 Data Kekasaran Permukaan

<i>Recycling</i>	Replikasi	Ra	Rata-rata (Ra)	Rz	Rata-rata (Rz)	Rq	Rata-rata (Rq)
1	1	1,22	1,31	7,22	7,71	1,56	1,62
	2	1,35		8,08		1,63	
	3	1,37		7,84		1,68	
2	1	1,77	1,87	8,79	10,95	2,17	2,29
	2	1,89		11,13		2,3	
	3	1,95		12,93		2,4	
3	1	2	2,17	8,92	12,35	2,36	2,60
	2	2,13		11,49		2,52	
	3	2,39		16,65		2,93	
4	1	2,78	2,95	19,95	20,61	3,83	4,02
	2	2,91		23,95		4,23	
	3	3,16		17,94		3,99	

Data diatas didapatkan dari alat pengujian kekasaran permukaan *surface roughness tester* dengan panjang pengujian = 1 mm, skala perbesaran vertikal 5000 dan skala perbesaran horizontal 200, kecepatan pengukuran 0,25 mm/s

Perhitungan *recycling* 1 secara analitik dengan menggunakan rumus sebagai berikut :



Gambar 4.3 Grafik gelombang data kekasaran permukaan alat *surface roughness tester*

h1	15	h20	0	h39	4	h58	5	h77	4	h96	4
h2	17	h21	4	h40	8	h59	2	h78	2	h97	7
h3	17	h22	6	h41	12	h60	0	h79	0	h98	10
h4	23	h23	8	h42	13	h61	2	h80	0	h99	1
h5	21	h24	9	h43	12	h62	1	h81	1	h100	9
h6	17	h25	7	h44	9	h63	3	h82	5		
h7	0	h26	0	h45	5	h64	1	h83	3		
h8	7	h27	3	h46	0	h65	2	h84	4		
h9	15	h28	6	h47	2	h66	0	h85	2		
h10	14	h29	8	h48	2	h67	1	h86	2		
h11	16	h30	10	h49	1	h68	1	h87	5		
h12	17	h31	8	h50	1	h69	0	h88	0		
h13	17	h32	7	h51	2	h70	2	h89	3		
h14	16	h33	6	h52	4	h71	0	h90	3		
h15	15	h34	6	h53	0	h72	5	h91	7		
h16	10	h35	4	h54	10	h73	1	h92	3		
h17	6	h36	2	h55	16	h74	1	h93	0		
h18	7	h37	1	h56	10	h75	5	h94	0		
h19	4	h38	2	h57	7	h76	4	h95	2		

h= adalah jarak titik yang terukur , dari profil tengah ke garis puncak dan profil tengah ke garis lembah

1. Ra (kekasaran rata-rata aritmatik)

$$Ra = ((\sum_{i=0}^{100} hi / 100) \times 0,5 \text{ mm} \times 1000) / 5000$$

$$Ra = ((606/100) \times 0,5 \text{ mm} \times 1000) / 5000$$

$$Ra = 0,606 \text{ } \mu\text{m}$$

2. Rz (kekasaran rata-rata kuadratik)

$$Rz = ((hi^2 + dx)^{\frac{1}{2}} \times 0,5 \text{ mm} \times 1000) / 5000$$

$$Rz = ((0,367 + 100)^{\frac{1}{2}} \times 0,5 \text{ mm} \times 1000) / 5000$$

$$= 1,001 \mu\text{m}$$

3. Rq (Kekasaran rata-rata)

$$Rq = \sum \frac{(R_1+R_2+R_3+R_4+R_5)-(R_6+R_7+R_8+R_9+R_{10})}{5} \times 0.5 \times \frac{1000}{5000}$$

$$Rq = \sum \frac{(17+23+21+13+13)-(15+16+17+17+13)}{5} = (\frac{7}{5} \text{ mm} \times 0,5 \text{ mm} \times 1000) / 5000 = 0,14 \mu\text{m}$$

Dapat dilihat bahwa nilai kekasaran rata-rata aritmatik (Ra) , kekasaran rata-rata (Rz) kuadratik, kekasaran rata-rata (Rq) secara experimental menggunakan alat pengujian kekasaran permukaan *surface roughness tester* berbeda dengan hasil perhitungan kekasaran permukaan secara analitik menggunakan rumus .

Ra (experimental) = 1,22  $\mu\text{m}$  Ra (analitik) = 0,606  $\mu\text{m}$

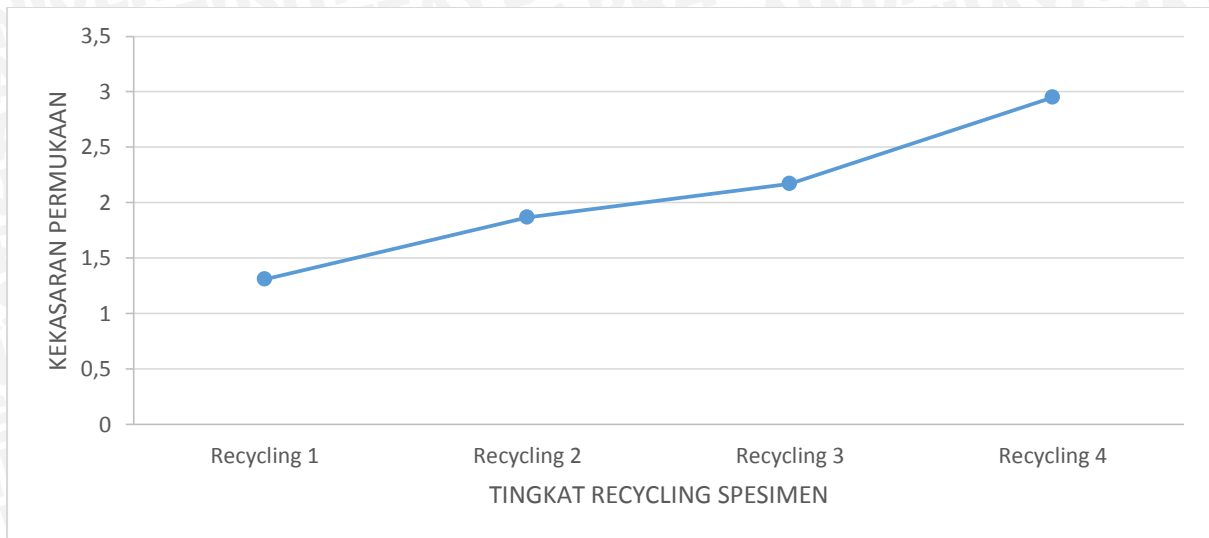
Rz (experimental) = 7,22  $\mu\text{m}$  Rz (analitik) = 1,001  $\mu\text{m}$

Rq (experimental) = 1,56  $\mu\text{m}$  Rq (analitik) = 0,14  $\mu\text{m}$

Tabel 4.3 Data toleransi nilai Ra dan Rz

Range of Ra ( $\mu\text{m}$ )	Sampling length ( $l$ ) (mm)	Range of Rz ( $\mu\text{m}$ )	Sampling length ( $l$ ) (mm)
(0.006) < Ra $\leq$ 0.02	0.08	(0.025) < Rz $\leq$ 0.10	0.08
0.02 < Ra $\leq$ 0.1	0.25	0.10 < Rz $\leq$ 0.5	0.25
0.1 < Ra $\leq$ 2	0.8	0.5 < Rz $\leq$ 10	0.8
2 < Ra $\leq$ 10	2.5	10 < Rz $\leq$ 50	2.5
10 < Ra $\leq$ 80	8	50 < Rz $\leq$ 200	8

Nilai kekasaran rata-rata aritmatik (Ra) , kekasaran rata-rata (Rz) kuadratik, kekasaran rata-rata (Rq) yang berbeda dikarenakan perhitungan analitik menggunakan rumus bisa dianggap kurang tepat dan teliti karena perhitungan yang dilakukan dengan jarak setiap 3 titik sekali . Dan kekasaran permukaan hasil analitik pun dianggap kurang tepat juga karena secara perhitungan analitik terjadi pembulatan saat perhitungan dan juga ada faktor pembacaan jarak yang kurang teliti . Tapi hasil nilai perhitungan Ra dan Rz analitik dan eksperimen masih masuk dalam nilai toleransi dengan  $l = 0,5 \text{ mm}$  . Sedangkan nilai Rq diasumsikan bahwa pengambilan data 5 lembah tertinggi dan 5 puncak tertinggi berbeda dengan penentuan dari alat sehingga nilainya tidak sama.



Gambar 4.4 Grafik pengaruh tingkat *recycling* aluminium Al-Mg-Si terhadap kekasaran permukaan

Dari data pada tabel 4.1 dan dengan adanya gambar 4.6 yaitu grafik perbandingan tingkat *recycling* terhadap kekasaran permukaan yang mana semakin naik tingkat *recycling* aluminium Al-Mg-Si maka semakin tinggi pula kekasaran permukaan yang dihasilkan. Untuk spesimen *recycling* 1 sebesar  $1,31 \mu\text{m}$ , spesimen *recycling* 2 sebesar  $1,87 \mu\text{m}$ , spesimen *recycling* 3 sebesar  $2,17 \mu\text{m}$ , dan spesimen *recycling* 4 sebesar  $2,95 \mu\text{m}$ .

Pada pembahasan gambar 4.2 mengenai pengaruh tingkat *recycling* terhadap waktu pemotongan sudah di jelaskan bahwa seiring meningkatnya tingkat *recycling* maka semakin meningkat pula waktu pemotongan yang di hasilkan. Waktu pemotongan yang meningkat di sebabkan oleh semakin kerasnya spesimen *recycling* karena terbentuk fase intermetalik yang meningkatkan sifat mekanis spesimen *recycling*.

Waktu pemotongan yang semakin meningkat berbanding lurus dengan semakin meningkatnya kekasaran permukaan yang di hasilkan. Karena fase intermetalik yang terbentuk pada spesimen mengakibatkan spesimen semakin keras, spesimen yang semakin keras akan mengakibatkan proses permesinan semakin lama dan susah apabila tidak sesuai dengan parameter permesinannya yang sesuai, maka penyimpangan yang dihasilkan dari proses permesinan sendiri salah satunya adalah kekasaran permukaan yang semakin meningkat.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

1. Semakin meningkatnya tingkat *recycling* aluminium Al-Mg-Si maka semakin meningkat pula waktu pemotongannya yaitu *recycling*<sub>1</sub> 29,55 sekon, *recycling*<sub>2</sub> 30,1 sekon, *recycling*<sub>3</sub> 31,5 sekon dan *recycling*<sub>4</sub> 31,9 sekon.
2. Semakin meningkatnya tingkat *recycling* aluminium Al-Mg-Si maka semakin meningkat pula nilai kekasaran permukaan yang di hasilkan yaitu untuk spesimen *recycling* 1 sebesar 1,31  $\mu\text{m}$ , spesimen *recycling* 2 sebesar 1,87  $\mu\text{m}$ , spesimen *recycling* 3 sebesar 2,17  $\mu\text{m}$ , dan spesimen *recycling* 4 sebesar 2,95  $\mu\text{m}$ .

#### 5.2 Saran

1. Sebaiknya di lakukan penelitian yang sama tetapi material berbeda yang sering di gunakan juga di dunia industri agar dapat menghasilkan produk ekonomis daur ulang lainnya selain *recycling* aluminium paduan .
2. Penelitian ini bisa dikembangkan juga dengan cara menambahkan perlakuan tambahan untuk menghasilkan produk yang memiliki sifat mekanis ataupun sifat yang lebih baik .

