

BAB II

KAJIAN TEORITIS

2.1 Pengertian Pengelasan

Proses penyambungan logam dimana logam menjadi satu akibat panas dengan atau tanpa pengaruh tekanan. Atau dapat juga didefinisikan sebagai ikatan metalurgi yang ditimbulkan gaya tarik menarik antar atom¹. Menurut Suharto pengelasan merupakan suatu cara untuk menyambung logam padat dengan cara mencairkan melalui jalan pemanasan².

Menurut B. H Amstead, pengelasan adalah suatu proses penyambungan logam dimana logam menjadi satu akibat panas dengan atau tanpa tekanan³. Sedangkan Menurut Mochamad Alip, mengelas adalah suatu aktivitas menyambung dua bagian benda atau lebih dengan cara memanaskan atau menekan atau gabungan keduanya sedemikian rupa sehingga menyatu seperti benda utuh. Penyambungan bisa dengan atau tanpa bahan tambah (*filler material*) yang sama atau berbeda, titik cair atau strukturnya⁴. Hery Sunaryo berpendapat bahwa pengelasan adalah metode penyambungan logam dengan cara tarik menarik antar atom⁵.

¹ Harsono Wiryo Sumarto dan Toshei Okumura, *Teknologi Pengelasan Logam* (Jakarta : Paradya Paratama, 1979), h. 1

² Suharto, *Teknologi Pengelasan Logam* (Jakarta : Rineke Cipta, 1991), h. 77

³ B. H Amstead dkk, *Teknologi Mekanik*, (Jakarta : Erlangga, 1997), h. 162

⁴ Mochamad Alip, *Teori dan Praktek Las*, (Jakarta : F.P.T.K. IKIP Yogyakarta, 1989), h. 34

⁵ Hery Sunaryo, *Teknologi Las Kapal Jilid 1*, (Jakarta : Departemen Pendidikan Nasional, 2008), h. 126

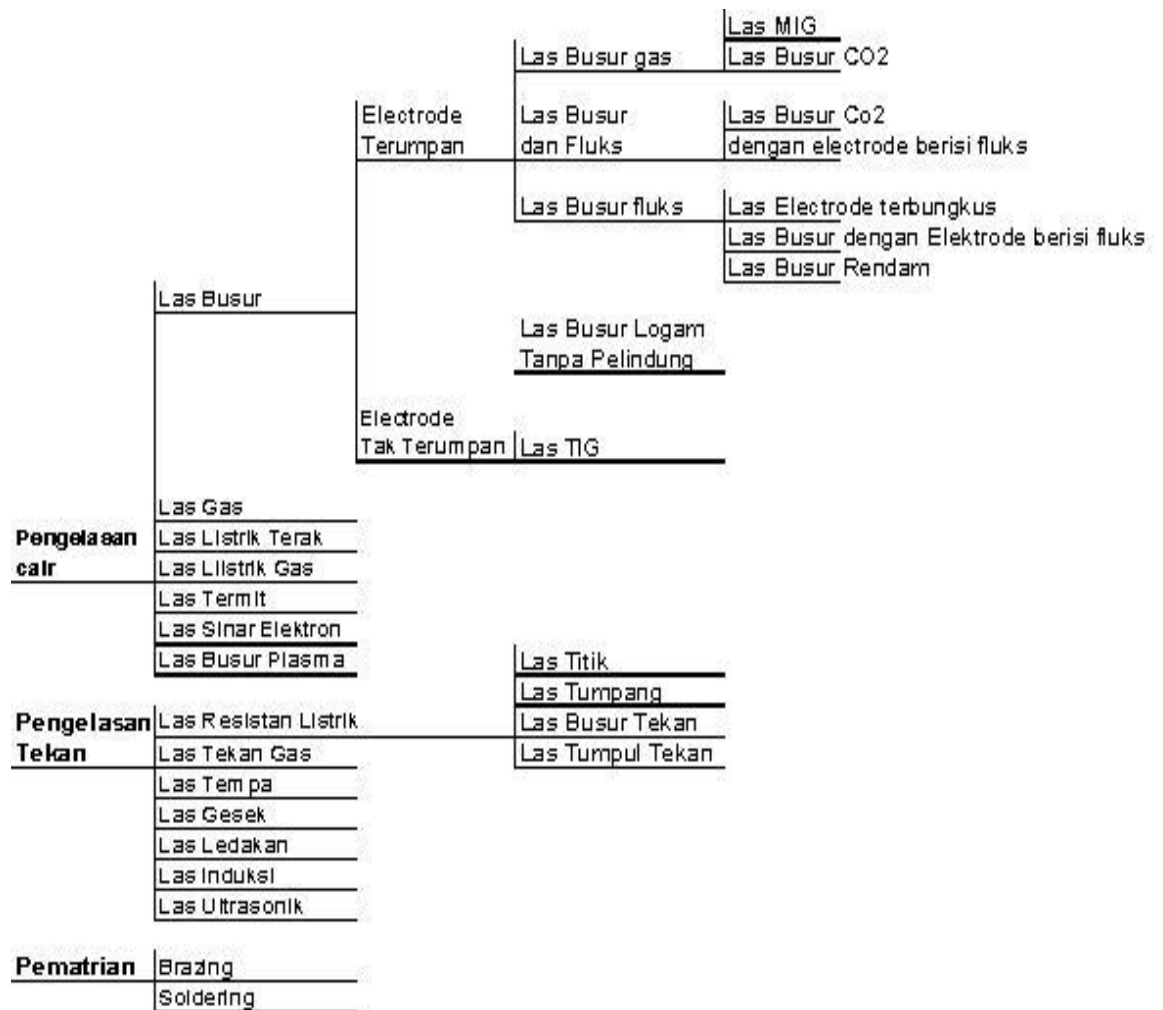
Berdasarkan terminologi diatas maka terdapat dua syarat dalam pengelasan, yakni: 1. Bahan yang disambung harus dapat mencair oleh panas dan 2. Bahan yang disambung harus cocok satu dengan yang lainnya (*compatible*). Sumber panas antara lain dapat diperoleh dari: busur listrik, campuran gas bakar (*hydro carbon*) dan oksigen, tahanan listrik, sinar laser, gabungan busur listrik dan gas lindung (Argon, helium), getaran ultra, gesekan (*friction*), pengeboman electron, ledakan thermal, getaran ultrasonic, dan lain-lain⁶. Berbagai pengelasan telah dikembangkan tergantung pada cara pemanasan dan peralatan yang digunakan. Berdasarkan cara kerja, pengelasan dibagi menjadi tiga kelas utama yaitu :

- a. Pengelasan cair, adalah pengelasan cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan sampai mencair dengan sumber panas listrik atau semburan api yang terbakar.
- b. Pengelasan tekan, adalah cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan kemudian ditekan hingga menjadi satu.
- c. Pematrian, adalah cara pengelasan dimana sambungan diikat dan disatukan dengan paduan yang memiliki titik cair rendah⁷.

Untuk mempermudah untuk mengetahui berbagai macam pengelasan, maka para ahli pengelasan mengklasifikasikan pengelasan dalam bentuk diagram.

⁶ Sri Widharto, *Welding Inspection* (Jakarta : Mitra Wacana Media, 2013), h. 3

⁷ Harsono Wiryo Sumarto dan Toshei Okumura, *OP., Cit.*, h. 7

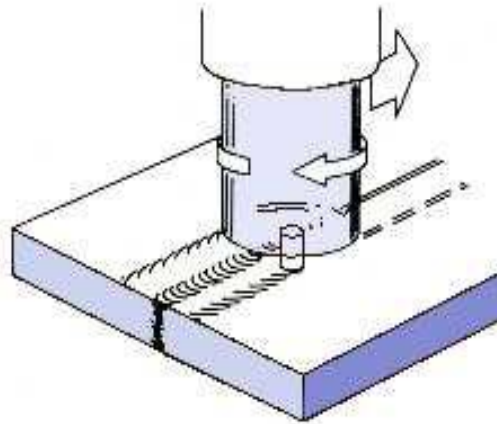


Gambar 2. 1 Skema Klasifikasi Pengelasan.

2.1.1 Friction Welding

Friction welding adalah proses pengelasan padat dimana panas untuk pengelasan dihasilkan oleh gerakan relatif antara dua permukaan yang saling bergesekan. Las gesek atau *friction welding* adalah termasuk *force welding* dengan panas yang diperoleh dari energi mekanik atau menimbulkan panas dengan cara mekanis disertai tekanan. Dalam arti yang redaksional bisa disempurnakan bahwa las gesek adalah pengelasan dimana padanya terjadi

perubahan energi mekanis menjadi panas dengan cara menggesekkan dua permukaan yang akan di las hingga mencapai temperatur tertentu⁸.



Gambar 2. 2 prinsip dasar *friction welding*

Proses ini merupakan proses penyambungan logam yang terjadi akibat panas yang ditimbulkan oleh gesekan antara dua bagian logam yang akan disambung. Kedua bagian logam yang akan disambung disatukan dibawah pengaruh tekanan aksial, kemudian salah satu logam diputar sehingga permukaan kontak akan menimbulkan panas (mendekati titik cair logam), maka setelah putaran dihentikan akan terbentuk sambungan logam. Manfaat yang dapat diperoleh dari pengelasan gesek, antara lain:

1. Tidak memerlukan fluks atau selaput las.
2. Tidak memerlukan gas dan elektroda dalam proses pengelasannya, tidak ada percikan api ataupun asap yang dihasilkan
3. Dapat menyambung dua buah logam yang berbeda sehingga dapat mengurangi biaya bahan baku dalam aplikasi pengelasan logam yang berbeda, dan sebagainya.

⁸Ir. Suharto, *Teknologi Pengelasan Logam* (Jakarta : Rineka Cipta, 1991), h. 177

Pada prinsipnya *friction welding* tidak dapat terlepas dari pemilihan *tools* yang baik. Karena akan berpengaruh pada koefisien gesek dan pembangkitan *heat* (panas).

2.1.2 Cacat Las

Cacat las adalah suatu keadaan yang mengakibatkan turunya kualitas dari hasil lasan. Kualitas hasil lasan yang dimaksud adalah berupa turunya kekuatan dibandingkan kekuatan bahan dasar base metal atau tidak baiknya performa/tampilan dari suatu hasil lasan. Atau dapat juga terlalu tingginya kekuatan hasil lasan sehingga tidak sesuai dengan tuntutan kekuatan suatu konstruksi⁹. Adapun macam – macam dari retak pengelasan diantaranya :

1. Retak.
2. Lubang.
3. Kropos.
4. Terperangkapnya logam asing yang tidak bisa menyatu dalam las – lasan.
5. Macam – macam bentuk permukaan dan yang lainnya¹⁰.

2.2 Mesin Bubut

Mesin bubut (*turning machine*) adalah suatu jenis mesin perkakas yang dalam proses kerjanya bergerak memutar benda kerja dan menggunakan mata potong pahat (*tools*) sebagai alat untuk menyayat benda kerja tersebut. Mesin bubut merupakan salah satu mesin proses produksi yang dipakai untuk membentuk benda kerja yang berbentuk silindris. Pada prosesnya benda kerja

⁹ Siswanto, S.T. dan Sofan Amri, S.Pd., *Konsep Dasar Teknik Las*, (Jakarta: Prestasi Pustaka, 2011) h. 146

¹⁰ Ir. Suharto, *Op. Cit*, h. 60

terlebih dahulu dipasang pada *chuck* (pencekam) yang terpasang pada spindel mesin, kemudian spindel dan benda kerja diputar dengan kecepatan sesuai perhitungan.

Fungsi utama mesin bubut adalah untuk membuat/memproduksi benda-benda berpenampang silindris, misalnya: poros lurus, poros bertingkat (*step shaft*), poros tirus (*cone shaft*), poros beralur (*groove shaft*), poros berulir (*screw thread*), dan berbagai bentuk bidang permukaan silindris lainnya misalnya anak buah catur (raja, ratu, pion dan sebagainya). Adapun bagian-bagian pada mesin bubut, antara lain:

a. Sumbu Utama (*Main Spindle*)

Sumbu utama atau dikenal dengan *main spindle*) merupakan suatu sumbu utama mesin bubut yang berfungsi sebagai dudukan *chuck* (cekam), plat pembawa, kolet, senter tetap dan lain-lain.



Gambar 2.3 Sumbu Utama (*Main Spindle*)

b. Meja Mesin (*bed*)

Meja mesin bubut berfungsi sebagai tempat dudukan kepala lepas, eretan, penyangga diam (*steady rest*) dan merupakan tumpuan gaya

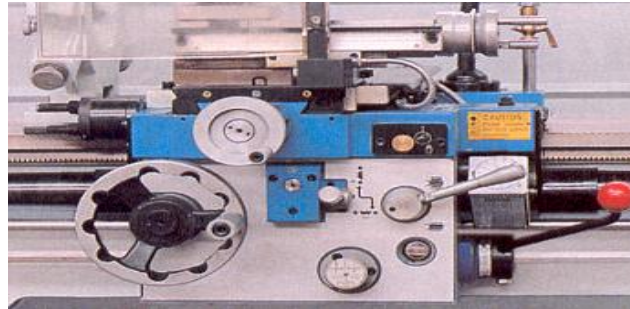
pemakanan waktu pembubutan. Bentuk alas ini bermacam-macam, ada yang datar dan ada yang salah satu atau kedua sisinya mempunyai ketinggian tertentu.



Gambar 2.4 Meja Mesin (*bed*)

c. Eretan

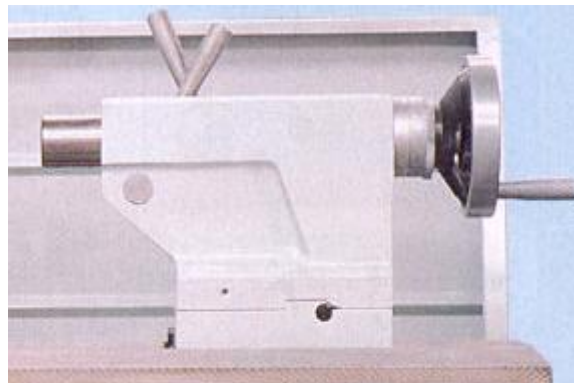
Kegunaan eretan ini adalah untuk memberikan pemakanan yang besarnya dapat diatur menurut kehendak operator yang dapat terukur dengan ketelitian tertentu yang terdapat pada roda pemutarnya. Perlu diketahui bahwa semua eretan dapat dijalankan secara otomatis ataupun manual. Eretan terdiri dari tiga macam yaitu:atas eretan memanjang (*longitudinal carriage*) yang bergerak sepanjang alas mesin, eretan melintang (*cross carriage*) yang bergerak melintang alas mesin dan eretan atas (*top carriage*), yang bergerak sesuai dengan posisi penyetelan diatas eretan melintang.



Gambar 2.5 Eretan

d. Kepala Lepas (*tail stock*)

Kepala lepas digunakan untuk dudukan senter putar sebagai pendukung benda kerja pada saat pembubutan, dudukan bor tangkai tirus dan cekam bor sebagai menjepit bor. Kepala lepas dapat bergeser sepanjang alas mesin, porosnya berlubang tirus sehingga memudahkan tangkai bor untuk dijepit.



Gambar 2.6 Kepala Lepas (*Tail Stock*)

e. Tuas Pengatur Kecepatan Transporter dan Sumbu Pembawa

Tuas pengatur kecepatan, digunakan untuk mengatur kecepatan poros transporter dan sumbu pembawa. Ada dua pilihan kecepatan yaitu kecepatan tinggi dan kecepatan rendah. Kecepatan tinggi digunakan untuk

pengerjaan benda-benda berdiameter kecil dan pengerjaan penyelesaian sedangkan kecepatan rendah digunakan untuk pengerjaan pengasaran, ulir, alur, mengkartel dan pemotongan (*cut off*).



Gambar 2.7 Tuas Pengatur Kecepatan Transporter dan Sumbu Pembawa

f. Tuas pengubah pembalik transporter dan sumbu pembawa

Tuas pembalik putaran, digunakan untuk membalikkan arah putaran sumbu utama, hal ini diperlukan bilamana hendak melakukan pengerjaan penguliran, pengkartelan, ataupun membubut permukaan.

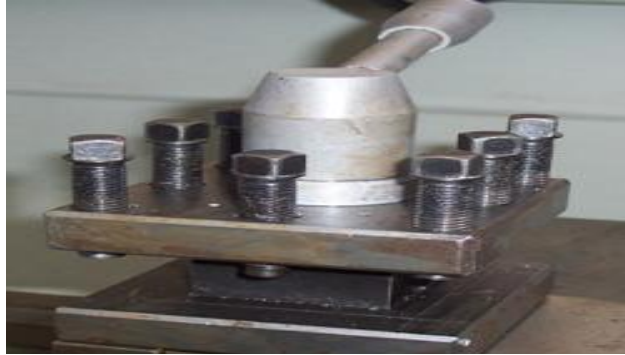


Gambar 2.8 Tuas Pengubah Pembalik Transporter dan Sumbu Pembawa

g. Penjepit Pahat (*Tools Post*)

Penjepit pahat digunakan untuk menjepit atau memegang pahat, yang bentuknya ada beberapa. Jenis ini sangat praktis dan dapat menjepit

pahat 4 (empat) buah sekaligus sehingga dalam suatu pengerjaan bila memerlukan 4 (empat) macam pahat dapat dipasang dan disetel sekaligus.



Gambar 2.9 Penjepit Pahat

h. Keran Pendingin

Keran pendingin digunakan untuk menyalurkan pendingin (*collant*) kepada benda kerja yang sedang dibubut dengan tujuan untuk mendinginkan pahat pada waktu penyayatan sehingga dapat menjaga pahat tetap tajam dan panjang umurnya. Hasil bubutannya pun halus.



Gambar 2.10 Keran Pendingin

Selain bagian tersebut, terdapat alat kelengkapan mesin bubut, yaitu:

a. Chuck (Cekam)

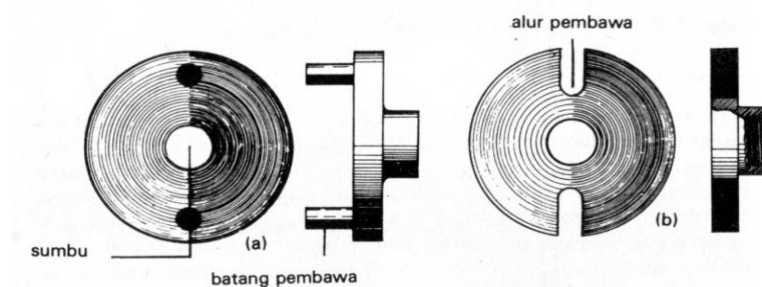
Cekam adalah sebuah alat yang digunakan untuk menjepit benda kerja.



Gambar 2.11 Chuck (Cekam)

b. Plat pembawa

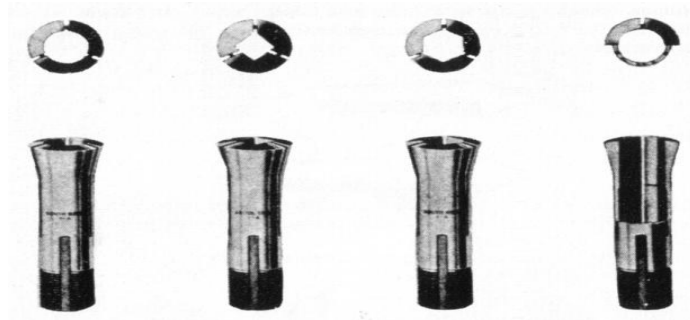
Plat pembawa ini berbentuk bulat pipih digunakan untuk memutar pembawa sehingga benda kerja yang terpasang padanya akan ikut berputar dengan poros mesin, permukaannya ada yang beralur dan ada yang berlubang



Gambar 2.12 Plat Pembawa

c. Kolet (Collet)

Kolet digunakan untuk menjepit benda silindris yang sudah halus dan biasanya berdiameter kecil. Bentuknya bulat panjang dengan leher tirus dan berlubang, ujungnya berulir dan kepalanya dibelah menjadi tiga.



Gambar 2.13 Kolet (*collet*)

d. Senter

Senter terbuat dari baja yang dikeraskan dan digunakan untuk mendukung benda kerja yang akan dibubut. Ada dua jenis senter yaitu senter mati (tetap) dan senter putar. Pada umumnya senter putar pemasangannya pada ujung kepala lepas dan senter tetap pemasangannya pada sumbu utama mesin (*main spindle*).



Gambar 2.14 Senter

e. Taper Attachment (Kelengkapan tirus)

Alat ini digunakan untuk membubut tirus. Selain menggunakan alat ini membubut tirus juga dapat dilakukan dengan cara menggeser kedudukan kepala lepas ataupun menggunakan eretan atas.



Gambar 2.15 Taper Attachment (Kelengkapan tirus)

2.2.1 Alat Potong

Alat potong adalah alat/pisau yang digunakan untuk menyayat produk/benda kerja. Dalam pekerjaan pembubutan salah satu alat potong yang sering digunakan adalah pahat bubut. Jenis bahan pahat bubut yang banyak digunakan di industri-industri dan bengkel-bengkel antara lain baja karbon, HSS, karbida, diamond dan ceramik.

2.2.2 Kecepatan Potong

Kecepatan potong (CS) adalah kemampuan alat potong menyayat bahan dengan aman menghasilkan tatal dalam satuan panjang /waktu (m/menit atau feet/menit). Pada gerak putar seperti mesin bubut, kecepatan potong (CS) adalah keliling kali putaran atau **$p. d. n$**

Dimana: d = diameter pisau/benda kerja dalam satuan milimeter

n = kecepatan putaran pisau/benda kerja dalam satuan putaran/menit (rpm).

Karena nilai kecepatan potong untuk setiap jenis bahan sudah ditetapkan secara baku, maka komponen yang bisa diatur dalam proses

penyayatan adalah putaran mesin/benda kerja. Dendandemikian rumus untuk menghitung putaran menjadi:

$$N = \frac{Cs}{P.d}$$

Karena satuan Cs dalam meter/menit sedangkan satuan diameter pisau/benda kerja dalam millimeter, maka rumus menjadi:

$$N = \frac{1000.Cs}{P.d}$$

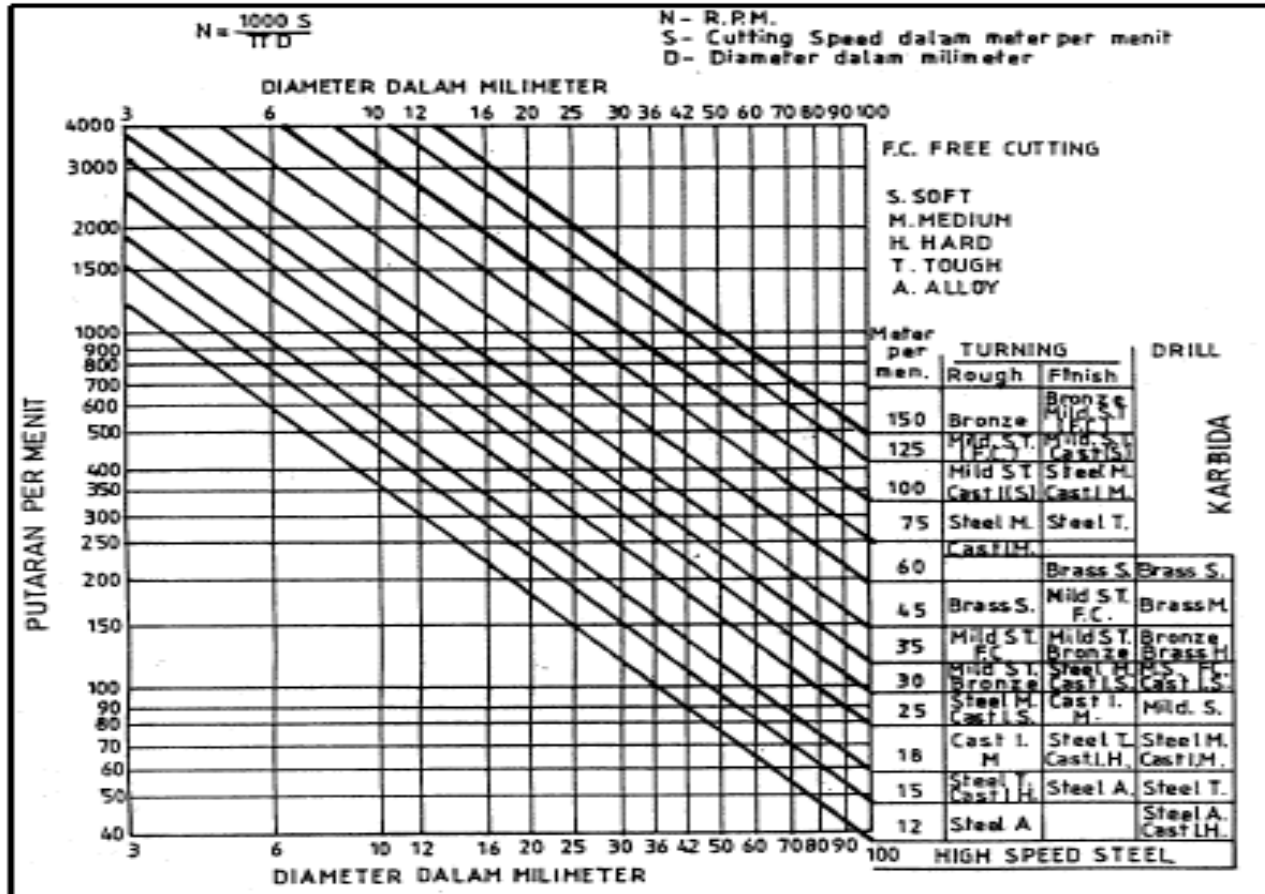
Dalam menentukan besarnya kecepatan potong dan putaran mesin, selain dapat dihitung dengan rumus diatas juga dapat dicari pada tabel kecepatan potong pembubutan yang hasil pembacaannya mendekati dengan angka hasil perhitungan.

Tabel 2.1 Kecepatan potong pahat HSS (*High Speed Steel*)¹¹

No.	Bahan	Meter/menit	Feet/menit
1.	Baja karbon rendah (0.05-0.30 % C)	24,4-33,5	80-100
2.	Baja karbon sedang (0,30-0,60 % C)	21,4-24,4	70-80
3.	Baja karbon tinggi (0,60-1,70 % C)	15,2-18,3	50-60
4.	Baja tempa	15,3-18,3	50-60
5.	Baja campuran	15,2-21,4	50-70
6.	<i>Setainless Steel</i>	9,1-12,2	30-40
7.	Besi tuang lunak	30,5-45,7	100-150
8.	Besi tuang keras	20,5-21,4	70-100
9.	Besi tuang dapat tempa	24,4-27,4	80-90
10.	Kuningan dan <i>Bronze</i>	61,0-91,4	200-300
11.	<i>Bronze</i> dengan tegangan tarik tinggi	21,4-45,7	70-150
12.	Logam monel	12,2-15,2	40-50
13.	Aluminium dan Aluminium paduan	61,0-91,4	200-300

¹¹ Sumbodo Wirawan, *Tenik Produksi Mesin Industri SMK Jilid 2*, (Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional, 2008), h. 307

Tabel 2.2 Daftar kecepatan potong pembubutan¹²



2.2.3 Waktu Potong

Waktu pengerjaan disini adalah durasi waktu (lamanya waktu) yang digunakan untuk menyelesaikan pekerjaan. durasi ini sangat penting diperhatikan sehubungan dengan efisiensi pengerjaan. Apalagi dikaitkan dengan sistem bisnis komersial atau kegiatan unit produksi di sekolah, waktu pengerjaan sangat penting untuk diperhitungkan. Hal-hal yang berkaitan dengan waktu pengerjaan adalah :

¹² Ibid, 308

a. Kecepatan pemakanan (f)

Kecepatan pemakanan adalah jarak tempuh gerak maju pisau/benda kerja dalam satuan millimeter permenit atau *feet* permenit. Pada gerak putar, kecepatan pemakanan, f adalah gerak maju alat potong/benda kerja dalam n putaran benda kerja/pisau per menit. Pada mesin bubut, tabel kecepatan pemakanan f dinyatakan dalam satuan millimeter perputaran sehingga

$$f = f \cdot n$$

Besarnya kecepatan pemakanan dipengaruhi oleh:

1. Jenis bahan pahat yang digunakan
2. Jenis pekerjaan yang dilakukan, misalnya membubut rata, mengulir, memotong atau mengkartel dan lain-lain.
3. Menggunakan pendinginan atau tidak.
4. Jenis bahan yang akan dibubut, misalnya besi, baja, baja tahan karat (*stainless steel*), atau bahan-bahan non fero lainnya kedalaman pemakanan.

Sebagai pedoman umum untuk mengetahui besarnya kecepatan pemakanan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.3 Kecepatan Pemakanan untuk pahat HSS¹³

Material	Pemakanan yang disarankan untuk pahat HSS			
	Pekerjaan kasar		Pekerjaan penyelesaian	
	Milimeter permenit	Inch permenit	milimeter permenit	inch permenit
Baja mesin	0,25-0,50	0,010-0,020	0,07-0,25	0,003-0,010
Baja perkakas	0,25-0,50	0,010-0,020	0,07-0,25	0,003-0,010
Besi tuang	0,40-0,65	0,015-0,025	0,13-0,30	0,005-0,012
Perunggu	0,40-0,65	0,015-0,025	0,07-0,25	0,003-0,010
Aluminium	0,40-0,75	0,015-0,030	0,13-0,25	0,005-0,010

¹³ *Ibid*, h. 348

b. Frekuensi pemakanan

Frekuensi pemakanan adalah jumlah pengulangan penyayatan mulai dari penyayatan pertama hingga selesai. Frekuensi pemakanan tergantung pada kemampuan mesin, jumlah bahan yang harus dibuang, sistem penjepitan benda kerja dan tingkat *finishing* yang diminta.

c. Panjang benda berja / jarak tempuh alat potong (L).

Pada proses pembubutan, jarak tempuh pahat sama dengan panjang benda kerja yang harus dibubut ditambah kebebasan awal.

d. Perhitungan waktu pengerjaan mesin bubut (T)

Pada proses pembubutan perhitungan waktu pengerjaan waktu pengerjaan = (Jarak tempuh pahat x frekwensi pemakanan) dibagi (Kecepatan pemakanan kali kecepatan putaran mesin).

$$T = \frac{L \cdot i}{F}$$

Dimana: $F = f \cdot n$

f = Kecepatan Pemakanan

n = Putaran Mesin

$L = l + l_a$

2.3 Alumunium

Alumunium dan paduan alumunium termasuk logam ringan yang memiliki kekuatan tinggi, tahan terhadap karat dan merupakan logam konduktor yang baik. Alumunium sering kali digunakan dalam kehidupan manusia diantaranya untuk bahan aditif makanan, bahan pesawat terbang, pembuatan poros, dan sebagainya.



Gambar 2.16 Alumunium

Pada dasarnya alumunium diklasifikasikan menurut tiga cara yaitu :

- a. Berdasarkan pembuatannya, yaitu dengan klasifikasi paduan coran atau paduan tempat.
- b. Berdasarkan perlakuan panasnya, yaitu dapat atau tidak dapatnya diperlakukan panas.
- c. Berdasarkan unsur paduannya, dalam hal ini alumunium dibagi menjadi tujuh jenis yaitu :

1. Al murni

Jenis ini adalah alumunium dengan kemurnian antara 99,0% dan 99,9%. Alumunium dalam seri ini di samping sifatnya yang baik dalam tahan karat, konduksi panas dan konduksi listrik juga memiliki sifat yang memuaskan dalam mengelas dan memotong. Hal yang kurang menguntungkan adalah kekuatan yang rendah.

2. Al – Cu

Jenis paduan Al – Cu adalah jenis yang dapat diperlakukan panas. Dengan melalui penguatan endap atau penyepuhan sifat

mekanik paduan ini dapat menyamai sifat dari baja lunak, tetapi daya tahan korosinya rendah bila dibanding dengan jenis paduan lainnya. Sifat mampu-lasnya juga kurang baik, karena itu paduan jenis ini biasanya digunakan pada konstruksi keling dan banyak sekali digunakan dalam konstruksi pesawat terbang seperti duralumin dan super duralumin.

3. Al – Mn

Paduan ini adalah jenis yang tidak dapat diperlaku-panaskan sehingga kenaikan kekuatannya hanya dapat diusahakan melalui pengerjaan dingin dalam proses pembuatannya. Bila dibandingkan dengan jenis Al-murni paduan ini mempunyai sifat yang sama dalam hal daya tahan korosi, mampu potong dan sifat mampulasnya. Dalam hal kekuatannya jenis paduan ini lebih unggul dari pada jenis Al-murni.

4. Al – Si

Paduan Al-Si termasuk jenis yang tidak dapat diperlaku-panaskan. Jenis ini dalam keadaan cair mempunyai sifat mampu alir yang baik dan dalam proses pembekuannya hampir tidak terjadi retak. Karena sifat – sifatnya, maka paduan jenis Al-Si banyak digunakan sebagai bahan atau logam las dalam pengelasan paduanaluminium baik paduan cor maupun paduan tempa.

5. Al – Mg

Jenis ini termasuk paduan yang tidak dapat diperlaku-panaskan, tetapi mempunyai sifat yang baik dalam daya tahan korosi, terutama korosi oleh air laut, dan dalam sifat mempu-lasnya. Paduan Al-Mg banyak digunakan tidak hanya dalam konstruksi umum, tetapi juga untuk tangki – tangki penyimpanan gas alam cair dan oksigen cair.

6. Al – Mg – Si

Paduan ini termasuk dalam jenis yang dapat diperlaku-panaskan dan mempunyai sifat mampu-potong, mampu las dan daya tahan korosi yang cukup. Sifat yang kurang baik dan paduan ini adalah terjadinya pelunakan pada daerah las sebagai akibat daripanas pengelasan yang timbul.

7. Al – Zn

Paduan ini termasuk jenis yang dapat diperlaku-panaskan. Biasanya ke dalam paduan pokok Al-Zn ditambahkan Mg, Cu dan Cr. Kekuatan tarik yang dapat dicapai lebih dari 50kg/mm², sehingga paduan ini dinamakan juga ultra duralumin.

Berikut adalah tabel komposisi dari aluminium :

Tabel 2.4 Komposisi aluminium¹⁴

	Si	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ti
2014	0.8	4.4	0.8	0.5	-	-	-	-
2024	-	4.4	0.6	1.5	-	-	-	-
2219	-	6.3	0.3	-	-	-	-	0.06
6061	0.6	0.3	-	1.0	0.2	-	-	-
7005	-	-	0.4	1.4	0.1	-	4.5	0.04
7039	0.3	0.1	0.2	2.8	0.2	-	4.0	0.1
7146	0.2	-	-	1.3	-	-	7.1	0.06

a. Sifat Fisika

Alumunimun memiliki sifat fisika seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut.

¹⁴ Sindo Kou, *Welding Metallurgy*, (Canada: John Wiley & Sons, 1987), h. 282

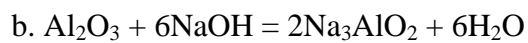
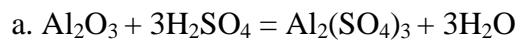
Tabel 2.5 Sifat Fisika Aluminium¹⁵

NO	Sifat	Nilai
1	Jari-jari atom	143 Pm
2	Volume atom	10 cm ³ /gr.atm
3	Density (660°C)	2,368 gr/cm ³
4	Density (20°C)	2,6989 gr/cm ³
5	Potensial elektroda (25°C)	-1,67 volt
6	Kapasitas panas (25°C)	5,38 cal/mol °C
7	Panas pembakaran	399 cal/gr mol
8	Tensile strength	700 MPa
9	Kekerasan brinell	12-16 skala mehs
10	Hantaran panas (25°C)	0,49 cal/det °C
11	Valensi	3
12	Kekentalan (700°C)	0,0127 poise
13	Panas peleburan	94,6 cal/gr
14	Panas uap	200 cal/gr
15	Massa atom	26,98
16	Titik lebur	660°C
17	Titik didih	2452°C
18	Tegangan permukaan	900 dyne/cm
19	Tegangan tarik	4,76 kg/mm

¹⁵ Hery Sunaryo, *Op. Cit*, h. 13

b. Sifat Kimia

Alumunium mempunyai nomor atom 13. Dan massa atom relatif 26,98. Alumunium juga bersifat amfoter. Ini dapat ditunjukkan pada reaksi sebagai berikut:



Alumunium merupakan unsur yang sangat reaktif sehingga mudah teroksidasi. Karena sifat kereaktifannya maka alumunium tidak ditemukan di alam dalam bentuk unsur melainkan dalam bentuk senyawa baik dalam bentuk oksida alumina maupun silikon. Sifat-sifat alumunium yang lebih unggul bila dibandingkan dengan logam lain adalah sebagai berikut:

1. Ringan, Massa jenis aluminium pada suhu kamar (29°C) sekitar $2,7 \text{ gr/cm}^3$.
2. Kuat, Alumunium memiliki daya renggang 8 kg/mm^3 , tetapi daya ini dapat berubah menjadi lebih kuat dua kali lipat apabila alumunium tersebut dikenakan proses pencairan atau roling. Alumunium juga menjadi lebih kuat dengan ditambahkan unsur-unsur lain seperti Mg, Zn, Mn, Si.
3. Ketahanan Terhadap Korosi, Alumunium mengalami korosi dengan membentuk lapisan oksida yang tipis dimana sangat keras dan pada lapisan ini dapat mencegah karat pada Alumunium yang berada di bawahnya. Dengan demikian logam Alumunium adalah logam yang mempunyai daya tahan korosi yang lebih baik dibandingkan dengan besi dan baja lainnya.

4. Daya Hantar Listrik Yang Baik, Alumunium adalah logam yang paling ekonomis sebagai penghantar listrik karena massa jenisnya dari massa jenis tembaga, dimana kapasitas arus dari Alumunium kira-kira dua kali lipat dari kapasitas arus pada tembaga.
5. Anti Magnetis, Alumunium adalah logam yang anti magnetis.
6. Toksifitas, Alumunium adalah logam yang tidak beracun dan tidak berbau.
7. Kemudahan dalam proses, Aluunium mempunyai sifat yang baik untuk proses mekanik dari kemampuan perpanjangannya, hal ini dapat dilihat dari proses penuangan, pemotongan, pembengkokan, ekstrusi dan penempaan Alumunium
8. Sifat dapat dipakai kembali, Alumunium mempunyai titik lebur yang rendah, oleh karena itu kita dapat memperoleh kembali logam Alumunium dari scrap.

2.3.1 Paduan Alumunium Seri 4000

Paduan alumunium seri 4000 adalah jenis alumunium yang paduannya memiliki komposisi Silicon (Si) 0,6%, Tembaga (Cu) 0,2%, Mangan (Mn) 0,04%, dan Magnesium (Mg) 2%. Alumunium jenis ini banyak digunakan pada industri pesawat, kapal laut, dan sebagainya.

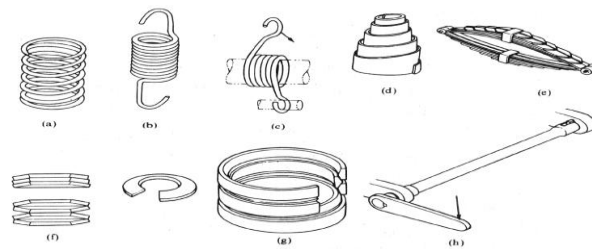


Gambar 2.17 Paduan Alumunium Seri 4000

2.4 Pegas

Pegas adalah elemen mesin flexibel yang digunakan untuk memberikan gaya, torsi, dan juga untuk menyimpan atau melepaskan energi. Energi disimpan pada benda padat dalam bentuk *twist*, *stretch*, atau kompresi. Energi *direcover* dari sifat elastis material yang telah terdistorsi. Beberapa contoh spesifik aplikasi pegas adalah.

1. Untuk menyimpan dan mengembalikan energi potensial, seperti misalnya pada '*gun recoil mechanism*'.
2. Untuk memberikan gaya dengan nilai tertentu, seperti misalnya pada *relief valve*.
3. Untuk meredam getaran dan beban kejut, seperti pada automobil.
4. Untuk indikator/kontrol beban, contohnya pada timbangan.
5. Untuk mengembalikan komponen pada posisi semula, contohnya pada '*brake pedal*'.



Gambar 2.18 Macam – Macam Pegas

2.4.1 Klasifikasi Pegas

Pegas dapat diklasifikasikan berdasarkan jenis fungsi dan beban yang bekerja yaitu pegas tarik, pegas tekan, pegas torsi, dan pegas penyimpan energi. Tetapi klasifikasi yang lebih umum adalah berdasarkan bentuk fisiknya. Klasifikasi berdasarkan bentuk fisik adalah:

1. *Wire form spring (helical compression, helical tension, helical torsion, custom form).*
2. *Spring washers (curved, wave, finger, belleville).*
3. *Flat spring (cantilever, simply supported beam).*
4. *Flat wound spring (motor spring, volute, constant force spring).*

2.4.2 Bahan Pegas

Material pegas yang ideal adalah material yang memiliki kekuatan *ultimate* yang tinggi, kekuatan *yield* yang tinggi, dan modulus elastisitas yang rendah untuk menyediakan kemampuan penyimpanan energi yang maksimum.

Parameter *loss coefficient*, Δ_v yang menyatakan fraksi energi yang didisipasikan pada siklus *stress - strain* juga merupakan faktor penting dalam pemilihan material. Material pegas yang baik haruslah memiliki sifat *loss coefficient* yang rendah, kekuatan *fatigue* tinggi, *ductility* tinggi, ketahanan tinggi serta harus tahan *creep*. Bahan-bahan pegas terlihat pada tabel berikut :

Tabel 2.6 Jenis Material Penyusun Pegas¹⁶

Material	Allowable shear stress (τ) MPa			Modulus of rigidity (G) kN/m^2	Modulus of elasticity (E) kN/mm^2
	Severe service	Average service	Light service		
1. Carbon steel				80	210
(a) Upto to 2.125 mm dia.	420	525	651		
(b) 2.125 to 4.625 mm	385	483	595		
(c) 4.625 to 8.00 mm	336	420	525		
(d) 8.00 to 13.25 mm	294	364	455		
(e) 13.25 to 24.25 mm	252	315	392		
(f) 24.25 to 38.00 mm	224	280	350	70	196
2. Music wire	392	490	612		
3. Oil tempered wire	336	420	525		
4. Hard-drawn spring wire	280	350	437.5	44	105
5. Stainless-steel wire	280	350	437.5		
6. Monel metal	196	245	306	44	105
7. Phosphor bronze	196	245	306		
8. Brass	140	175	219	35	100

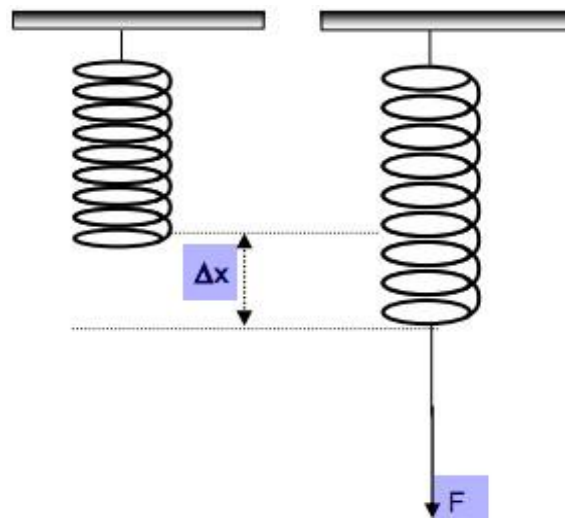
2.4.3 Gaya Pegas

Gaya pegas dapat didefinisikan sebagai gaya atau kekuatan lenting suatu pegas untuk kembali ke posisi atau bentuk semula. Pegas memiliki sifat elastis yang dapat diartikan kemampuan benda untuk kembali ke bentuk semula setelah

¹⁶ Setya Nurahmandani, *Fisika 2*, (Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional, 2008), h. 66

gaya yang bekerja padanya dihilangkan. Ketika pegas ditarik yang berarti ada gaya luar yang bekerja maka ia akan mulur atau memanjang. Ketika gaya luar itu dihilangkan ia akan kembali ke bentuk semula.

Robert Hooke adalah salah seorang yang meneliti tentang gaya pegas. Ilmuwan ini menelurkan hukum hooke yang menyatakan Jika pada sebuah pegas bekerja sebuah gaya luar, maka pegas akan bertambah panjang sebanding dengan besarnya gaya yang diberikan.



Gambar 2.19 Gaya Pegas

Hukum Hooke dirumuskan sebagai berikut

$$F = k \cdot \Delta x$$

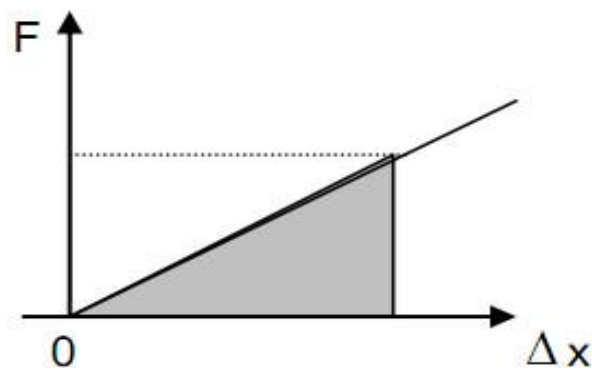
Dimana, F = Gaya yang bekerja pada pegas

Δx = Pertambahan panjang

K = Konstanta Pegas

Sebuah pegas yang diberi gaya, baik ditarik atau ditekan akan memiliki energi potensial. Usaha yang dilakukan oleh gaya F untuk menarik sebuah pegas

sehingga bertambah panjang sebesar Δx besarnya sama dengan perubahan energi potensial dari pegas. Berikut adalah grafik yang menunjukkan hubungan antara gaya F dengan Δx .



Gambar 2.20 Grafik hubungan antara gaya F dengan Δx

Daerah yang berwarna gelap merupakan daerah usaha atau perubahan energi potensial. Maka, energi potensial bisa dirumuskan:

$$W = \Delta E_p = \frac{1}{2} \cdot k \cdot (\Delta x)^2$$

2.5 Gaya Gesek

Pada umumnya, benda yang bergerak memiliki gaya gesek. Gaya gesek terjadi ketika kedua benda saling bersentuhan dan arah gaya gesek selalu berlawanan arah dengan arah gerak benda. Gaya gesek terbagi atas 2 bagian, yaitu: gaya gesek statis dan gaya gesek kinetis¹⁷.

¹⁷ Dudi Indrajit, *Mudah Dan Aktif Belajar Fisika*, (Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional, 2008), h. 26

Gaya gesek statis menurut percobaan empiris adalah gaya statis maksimum antara dua permukaan tanpa adanya pelicin, dimana gaya gesek statis maksimum sebanding dengan gaya normal. Oleh karena itu dirumuskan.

$$F_s = N$$

Dimana,

F_s = Gaya gesek statis (N)

N = Besar gaya normal (N)

Gaya gesek kinetis dikatakan dalam hukum empiris sebagai gaya tarik yang mengimbangi gaya normal, maka dirumuskan.

$$F_k \leq N$$

Dimana,

F_k = Gaya gesek kinetik (N)

N = Besar gaya normal (N)

2.5.1 Gesekan Adalah Proses Panas

Energi dapat bertransformasi menjadi panas, apabila dua permukaan saling bergesekan dan berhubungan satu sama lain, dengan demikian energi *thermal* yang dihasilkan akan mempengaruhi properties dan karakteristik struktur mikro bahan-bahan yang di gesekkan¹⁸. Analisis *thermal* yang terjadi adalah

¹⁸ *Friction Thermal Hand book Section 6, h. 1*

proses konduksi panas dan memungkinkan menjadi tolak ukur perhitungan panas ketika kedua benda saling bergesekan dalam proses penyambungan.

$$Q = LV\varphi$$

Dimana

$Q = \text{Kalor (Joule)}$

$L = \text{Beban (Kg)}$

$V = \text{Kecepatan (Rpm)}$

Pemodelan proses gesekan thermal, didasari perubahan *thermal* diferensial keseimbangan energi¹⁹. Berikut adalah rumus perhitungan *thermal* diferensial.

$$\frac{\partial H}{\partial t} = \nabla \cdot (k\nabla T)$$

Dimana

$H = \text{Entalpi}$

$T = \text{Suhu,}$

$K = \text{Konduktivitas thermal}$

$r = \text{Vector dalam koordinat Cartesian}$

Thermal diasumsikan konstan dan hubungan termodinamika terhadap entalpi digunakan (dengan asumsi tidak ada perubahan fase berlangsung), waktu tergantung distribusi suhu T .

¹⁹ *Ibid*, h. 2

2.6. Pengujian Hasil Las

Bila diperhatikan, tujuan dari pemeriksaan las adalah untuk menjamin mutu dan kepercayaan terhadap konstruksi las. Untuk hal ini, pemeriksaan harus dilakukan terus menerus, sejak dari dari tahap perencanaan sampai dengan tahap pemakaian. Pemeriksaan harus dilaksanakan dalam tahap-tahap tertentu.

1. Pengujian dan pemeriksaan penjajagan.
2. Pengujian dan pemeriksaan untuk penelitian dan pengembangan.
3. Desain, pengujian dan pemeriksaan untuk pemilihan bahan, pengujian dan pemeriksaan untuk pembuat, serta pengujian dan pemeriksaan untuk penentuan persyaratan desain.
4. Bahan, pemeriksaan penerimaan.
5. Pembuatan, pengujian dan pemeriksaan untuk cara pengelasan, pengujian dan pemeriksaan untuk pemilihan kondisi pengelasan, pengujian dan perlakuan sebelum dan setelah pengelasan,serta pengujian dan pemeriksaan pembuatan.
6. Penggunaan, pemeriksaan penerimaan, dan pemeriksaan peralatan.

Tujuan lainnya dari pengujian dan pemeriksaan adalah penilaian mutu, sehingga terdapat suatu jaminan mutu. Sehubungan dengan hal tersebut, dapat dilihat sifat-sifat yang menentukan mutu sambungan.

- A. Kekuatan, statik, fatik, pada suhu tinggi, pada suhu rendah
- B. Kekuatan mulur.
- C. Keuletan
- D. Ketangguhan

E. Ketahanan korosi

F. Penampakan

G. Kebebas bocoran

Pengujian hasil pengelasan pada umumnya dibagi dalam pengujian yang merusak dan tidak merusak. Pengujian yang merusak diantaranya: uji mekanik (uji tarik, uji tekuk, uji kekerasan, uji tumbuk), analisa kimia, metalografi (pengujian makro, pengujian mikro) dan uji busur. Pengujian yang tidak merusak adalah uji amatan, uji ultra sonik (getaran tegak, getaran miring, getaran datar, getaran rendam, getaran permukaan), uji radiografi (radiografi langsung, flouruskopi), uji cairan penembus (cairan fluoresen, cairan berwarna), pemancaran suara, pengukuran regangan, uji serbuk (cara dengan garpu magnet, cara dengan magnet lurus, cara dengan aliran listrik, cara lilitan kumparan, cara uliran *fluks*).