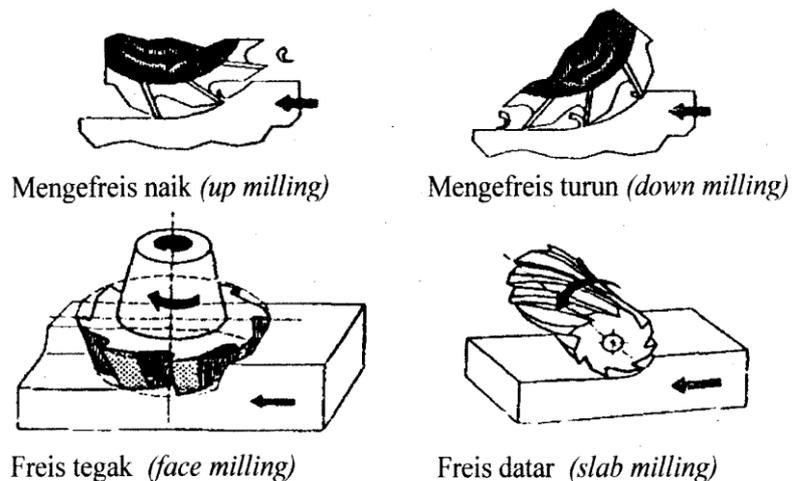


## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Mesin Freis

Salah satu mesin dalam proses pemesinan adalah Mesin freis, dimana mesin perkakas ini digunakan untuk menyelesaikan suatu benda kerja dengan mempergunakan pisau freis (*cutter*) sebagai pahat pemotong yang berputar pada sumbu mesin [Indaryanto, 1996].

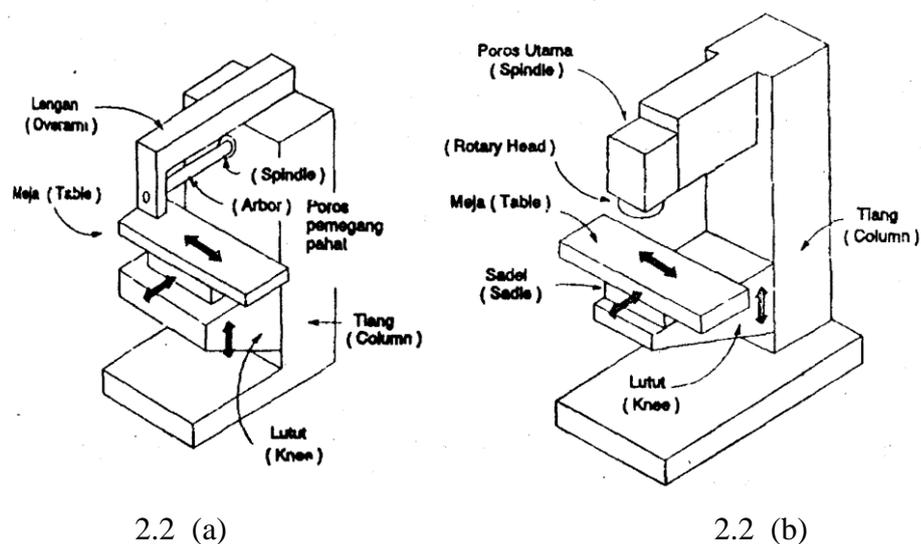


Gambar 2.1 Jenis pahat dan proses freis

Jenis Mesin freis adalah jenis datar dan tegak ditunjukkan berturut-turut secara skematis dalam gambar 2.2 (a) dan 2.2 (b). Pahat freis dengan diameter tertentu dipasangkan pada poros utama (*spindle*) mesin freis dengan perantara poros pemegang/ arbor (untuk pahat freis selubung) atau langsung melalui hubungan poros dan lubang konis/ *rotary head* (untuk pahat freis muka yang mempunyai

poros konis). Seperti halnya mesin bubut, putaran poros utama dapat dipilih sesuai dengan tingkatan putaran yang tersedia pada mesin freis. Posisi sumbu poros utama mesin freis dapat horizontal maupun vertikal, tergantung pada jenis mesinnya, dapat dilihat pada gambar 2.2 [Rochim, 1993]. Benda kerja yang dipasangkan pada meja dapat diatur kecepatannya tergantung pada harga gerak makan per gigi yang diinginkan. Besarnya kecepatan makan antara lain dipengaruhi oleh besarnya jumlah gigi pahat freis ( $z$ ). Untuk kecepatan makan yang sama maka gerak makan per gigi ( $f_z$ ) menjadi berlainan bila jumlah gigi berbeda. Kedalaman potong ( $a$ ) diatur dengan cara menaikkan meja melalui roda pemutar untuk menggeserkan lutut pada tiang mesin freis.

Dalam proses freis benda kerja dicekam dengan aman pada bagian atas meja mesin. Kemudian benda kerja tersebut ikut bergerak seiring dengan bergeraknya meja, dan terjadi pemotongan saat bersentuhan dengan putaran pahat.



Gambar 2.2. Skema mesin Freis

Mesin freis merupakan suatu mesin serbaguna yang mampu menangani berbagai operasi secara normal yang dilakukan oleh mesin lain. Mesin freis digunakan

tidak hanya untuk pemotongan permukaan pelat dan poros tidak beraturan tetapi juga untuk pembuatan roda gigi dan ulir, dan operasi lainnya seperti *drilling* dan *boring*.

## **B. Proses Freis**

Pengertian dari Proses Freis adalah proses menghilangkan sebagian bahan/material untuk membentuk permukaan *eksternal* yang dilakukan oleh pahat bermata potong jamak yang melakukan gerak potong berupa putaran dan benda kerja bergerak secara translasi sebagai gerak makan. Dimana hal ini untuk menghilangkan sebagian dari material yang tidak diinginkan sehingga benda kerja mencapai dimensi, toleransi dan tingkat penyelesaian yang telah direncanakan sebelumnya.

Secara umum, jenis pahat freis (*milling cutter*) dapat digolongkan menjadi dua yaitu pahat freis selubung (*slub milling cutter*) dan pahat freis muka (*face milling cutter*), yang dapat dilihat pada gambar 2.1. Pahat freis termasuk pahat bermata potong jamak dengan jumlah mata potong sama dengan jumlah gigi freis ( $z$ ). Berdasarkan jenis pahat yang digunakan, ada dua cara dalam proses freis yaitu mengefreis datar (*slab milling*) dengan sumbu putaran pahat freis selubung sejajar permukaan benda kerja, dan mengefreis tegak (*face milling*) dengan sumbu putaran pahat freis muka tegak lurus permukaan benda kerja. Kemudian mengefreis datar dibedakan menjadi dua macam cara, yaitu : mengefreis naik (*up milling*) dan mengefreis turun (*down milling*).

Pada proses turun, akan menyebabkan benda kerja lebih tertekan ke meja dan meja terdorong oleh pahat yang mungkin suatu saat (secara periodik) gaya dorongnya akan melebihi gaya dorong ulir/ roda gigi penggerak meja. Apabila sistem kompensasi “keterlambatan gerak balik” (*back lash compensator*) tidak baik, maka dapat menimbulkan adanya getaran bahkan kerusakan pada mesin. Proses freis naik lebih banyak digunakan karena alasan tersebut, akan tetapi keausan pahat lebih cepat karena mata potong lebih banyak menggesek benda kerja yaitu pada saat pahat mulai memotong (dimulai dengan ketebalan geram nol) dan selain itu permukaan benda yang dihasilkan akan lebih kasar. Dengan semakin baiknya konstruksi mesin, maka mengefreis turun cenderung dipilih karena lebih produktif dan benda kerja yang dihasilkan lebih halus. Karena pemotongan dimulai dengan ketebalan geram yang besar maka mengefreis turun tidak dianjurkan pada permukaan benda kerja yang terlalu keras [Rochim, 1993].

Dalam elemen dasar proses pemesinan umumnya adalah merupakan besaran atau variabel yang dapat diatur/ dipilih. Dimana spesifikasi geometri dari suatu produk, komponen mesin. beberapa jenis proses pemesinan harus dipilih sebagai suatu proses, ukuran objektif ditentukan dan pahat harus menghilangkan sebagian material benda kerja sampai ukuran objektif tersebut dicapai. Elemen dasar proses freis adalah sebagai berikut:

### **1. Kecepatan Potong ( $v$ )**

Kecepatan potong untuk proses freis dapat didefinisikan sebagai kerja rata-rata pada sebuah titik lingkaran pada pahat potong dalam satu menit. [Krar, 1997].

## 2. Kecepatan Makan ( $v_f$ )

Kecepatan makan didefinisikan sebagai jarak dari pergerakan benda kerja sepanjang jarak kerja untuk setiap putaran dari spindel [Krar, 1997].

## 3. Kedalaman Potong ( $a$ )

Kedalaman potong didefinisikan sebagai kedalaman geram yang diambil oleh pahat potong [Krar, 1997].

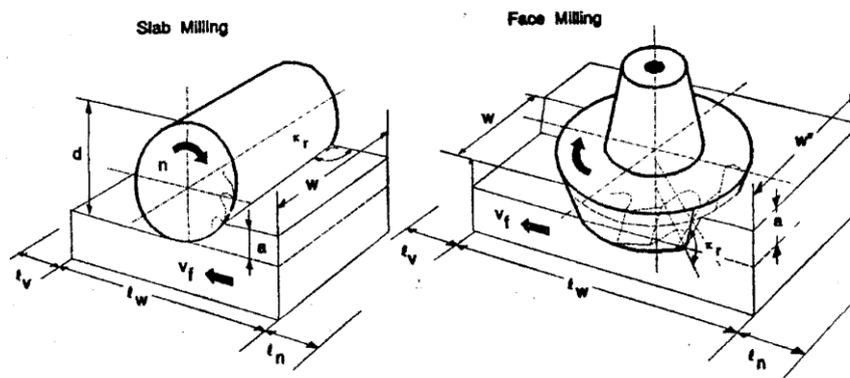
## 4. Waktu Pemotongan ( $t_c$ )

Waktu pemotongan adalah waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan suatu produk [Krar, 1997].

## 5. Kecepatan Penghasilan Geram

Geram adalah potongan dari material yang dipindahkan dari benda kerja oleh pahat potong [Krar, 1997].

Variabel – variabel pada proses freis dapat ditentukan dengan memperhatikan gambar 2.3. Dalam hal ini rumus yang digunakan berlaku untuk kedua cara mengfreis, baik tegak maupun datar.



Gambar 2.3. Elemen dasar proses freis

Dimana, Benda kerja :

$w$  = lebar pemotongan

$l_w$  = panjang pemotongan

$a$  = kedalaman potong

Pahat freis :

$d$  = diameter luar pahat

$z$  = jumlah gigi pahat (mata potong)

Mesin freis :

$n$  = putaran poros utama

$v_f$  = kecepatan makan

Variabel proses freis adalah sebagai berikut :

1. Kecepatan potong (*cutting speed*) :  $v = \pi dn / 1000$  (m/min) ....(1)

2. Gerak makan pergigi :  $f_z = v_f / (zn)$  (mm/gigi) ....(2)

3. Waktu pemotongan :  $t_c = l_t / v_f$  (min) ....(3)

Dimana :  $l_t = l_v + l_w + l_n$  (mm)

$l_v \geq \sqrt{a(d - a)}$  : untuk mengefreis datar

$l_v \geq 0$  : untuk mengefreis tegak

$l_n \geq 0$  : untuk mengefreis datar

$l_n = d/2$  : untuk mengefreis tegak

4. Kecepatan penghasilan geram:  $Z = \frac{v_f}{1000} (aw)$  (cm<sup>3</sup>/min) ....(4)

Berbeda dengan proses pemesinan yang lain, proses freis tidak menghasilkan geram dengan tebal yang tetap melainkan berbentuk koma. Tebal geram tersebut dipengaruhi gerak makan pergigi ( $f_z$ ) dan sudut posisi yang pada setiap saat berubah harganya karena perubahan posisi mata potong (gigi pahat freis).

### C. Pahat Freis

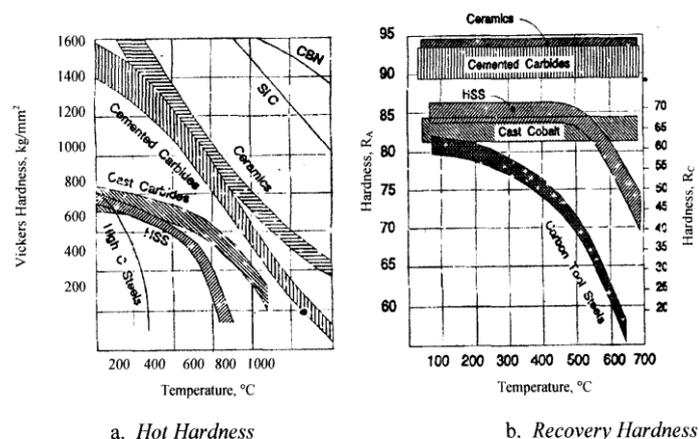
Dalam proses pembentukan geram dengan cara pemesinan berlangsung dengan cara mempertemukan dua jenis material. Untuk menjamin kelangsungan proses ini, maka jelas diperlukan material pahat yang lebih baik/ unggul dari material benda kerja. Keunggulan tersebut dapat dicapai karena pahat dibuat dengan memperhatikan segi tertentu, yaitu [Rochim, 1993] :

1. Kekerasan, yang cukup tinggi melebihi kekerasan benda kerja tidak saja pada temperatur ruangan di sekitar peralatan, tetapi juga pada temperatur tinggi pada saat proses pembentukan geram berlangsung.
2. Keuletan, yang cukup besar untuk menahan beban kejut yang terjadi pada saat proses pemesinan berlangsung, dimana benda kerja mengandung partikel/ bagian logam yang keras (*hard spot*).
3. Ketahanan beban kejut *thermal*, diperlukan bila terjadi perubahan temperatur yang cukup besar secara berkala atau periodik.
4. Sifat *adhesi* yang rendah, untuk mengurangi pengrusakan benda kerja terhadap pahat, mengurangi laju keausan, serta penurunan gaya pemotongan.

5. Daya larut elemen/ komponen material pahat yang rendah, dibutuhkan untuk memperkecil laju keausan akibat mekanisme *difusi*.

Kekerasan yang rendah dan daya *adhesi* yang tinggi tidak diinginkan, sebab dapat terjadi deformasi pada mata potong dan keausan pada pahat. Keuletan yang rendah serta ketahanan beban kejut termal yang kecil juga mengakibatkan rusaknya mata potong maupun retak mikro yang dapat menimbulkan kerusakan yang fatal. Akan tetapi tidak semua sifat-sifat tersebut dapat dipenuhi secara berimbang. Pada umumnya kekerasan dan daya tahan termal yang dipertinggi selalu diikuti oleh penurunan keuletan. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mempertinggi kekerasan dan menjaga agar keuletan tidak terlalu rendah sehingga pahat tersebut dapat digunakan pada kecepatan potong yang tinggi yang dapat menaikkan produktifitas yang tinggi.

Kekerasan berbagai jenis pahat pada temperatur kerja yang tinggi (*Hot Hardness*) dan kekerasan pada temperatur ruang setelah pahat yang bersangkutan mengalami temperatur kerja yang tinggi selama beberapa saat (*Recovery Hardness*) dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4. Kekerasan berbagai jenis pahat terhadap temperature

Berikut ini adalah jenis-jenis material pahat freis berdasarkan tingkat kekerasannya, yaitu :

1. *High Carbon Steels; Carbon Tool Steel (CTS).*
2. *High Speed Steels (HSS).*
3. *Cast Nonferrous Alloys (Paduan Cor Nonferro)*
4. *Cemented Carbides (Karbida).*
5. *Ceramics (Keramik).*
6. *Cubic Boron Nitrides (CBN).*
7. *Sintered Diamonds dan Natural Diamonds (Intan)*

#### **D. Pahat HSS (*High Speed Steel*)**

Pada tahun 1898 ditemukan jenis baja paduan tinggi dengan unsur paduan khrom (*Cr*) dan *tungsten/wolfram (W)*. Melalui proses penuangan (*molten metallurgy*) kemudian diikuti pengerolan ataupun penempaan baja ini dibentuk menjadi batang atau silinder. Pada kondisi lunak bahan tersebut dapat diproses secara pemesinan menjadi berbagai bentuk pahat potong. Setelah proses laku panas dilaksanakan, kekerasannya cukup tinggi sehingga dapat digunakan pada kecepatan potong yang cukup tinggi (sampai dengan 3 kali kecepatan potong pahat *CTS (Carbon Tool Steel)* yang dikenal pada saat itu sekitar 10 m/menit, sehingga dinamakan dengan "Baja Kecepatan tinggi" (*High Speed Steel, HSS*). Bila telah aus pahat HSS dapat diasah sehingga mata potongnya tajam kembali. Karena sifat keuletan yang relatif baik, maka sampai saat ini berbagai jenis HSS masih tetap digunakan oleh industri [Rochim, 1993].

Jenis HSS dapat dikategorikan sebagai HSS konvensional dan HSS spesial masing-masing dengan beberapa jenisnya adalah terlihat pada tabel 2.1. Dimana HSS berdasarkan paduan utamanya dapat digolongkan menjadi 2 jenis, yaitu seri M dan seri T. Seri M adalah pahat potong yang memiliki paduan utama *Molybdenum* dan seri T adalah paduan utama *Tungsten*. Kedua tipe tersebut memiliki komposisi, yaitu :

1. Material dasar *Tungsten*, dikenal dengan TI atau 18-4-1, mengandung sekitar 18% *Tungsten*, 4% *Chromium*, dan 1 % *Vanadium*.
2. Material dasar *Molybdenum*, dikenal dengan MI atau 8-2-1-4, mengandung 8% *Molybdenum*, 2% *Tungsten*, 1 % *Vanadium*, dan 4% *Chromium* [Krar, 1997].

Tabel 2.1. Contoh klasifikasi pahat HSS menurut komponennya.

Jenis HSS	Standar AISI
<i>Conventional</i>	
➤ <i>Molybdenum</i> HSS	M1; M2; M7; M10
➤ <i>Tungsten</i> HSS	T1; T2
<i>Special</i>	
➤ <i>Cobalt Added</i> HSS	M33; M36; T4; T5; T6
➤ <i>High Vanadium</i> HSS	M3-1; M3-1; M4; T15
➤ <i>High Hardness Co</i> HSS	M41; M42; M43; M44; M45; M46
➤ <i>Cast</i> HSS	
➤ <i>Powdered</i> HSS	
➤ <i>Coated</i> HSS	

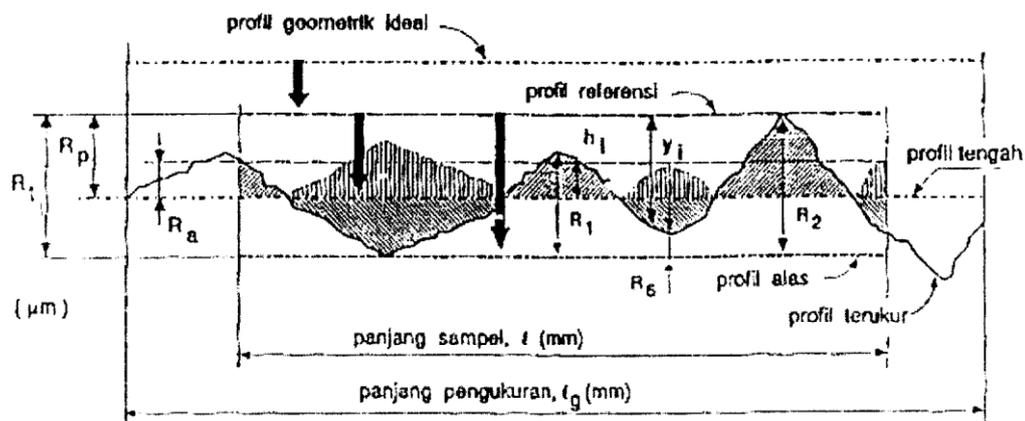
Sumber : Rochim, 1993

## E. Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan adalah salah satu penyimpangan yang disebabkan oleh kondisi pemotongan dari proses pemesinan. Oleh karena itu, untuk memperoleh produk bermutu berupa tingkat kepresisian yang tinggi serta kekasaran permukaan yang baik, perlu didukung oleh proses pemesinan yang tepat. Karakteristik kekasaran permukaan dipengaruhi oleh faktor kondisi pemotongan dan geometri pahat (<http://puslit.petra.ac.id/journals/mechanical/>)

Dalam memperoleh profil suatu permukaan proses pemesinan, digunakan suatu alat ukur yang disebut *surface tester*. Dimana jarum peraba (*Stylus*) dari alat ukur bergerak mengikuti lintasan yang berupa garis lurus dengan jarak yang ditentukan terlebih dahulu. Panjang lintasan disebut panjang pengukuran sesaat setelah jarum bergerak dan sesaat sebelum jarum berhenti, maka secara elektronik alat ukur melakukan perhitungan berdasarkan data yang diperoleh dari jarum peraba. Bagian dari panjang ukuran dilakukan analisa dari profil permukaan yang disebut sebagai panjang sampel. Pertumbuhan keausan pahat salah satunya ditandai dengan adanya penurunan kehalusan permukaan hasil proses pemesinan yang semakin kasar. Hal tersebut terjadi karena permukaan mata pahat yang kontak langsung dengan benda kerja telah mengalami deformasi. Pada praktiknya untuk mengetahui kekasaran permukaan biasanya operator membandingkannya secara visual atau dengan perabaan. Akan tetapi untuk hal khusus dimana tidak dapat dilakukan dengan perabaan/ secara visual, maka diperlukan alat ukur kekasaran permukaan untuk menentukan harga kekasarannya. Dimana yang dimaksud dengan permukaan di sini adalah batas yang memisahkan benda padat dengan sekelilingnya.

Bentuk dan karakteristik suatu permukaan memegang peranan penting dalam perancangan komponen mesin atau peralatan. Banyak hal dimana karakteristik permukaan perlu dinyatakan dengan jelas misalnya dalam kaitannya dengan gesekan, keausan, pelumasan, tahanan kelelahan, perekatan dua atau lebih komponen-komponen mesin dan sebagainya. Untuk memproduksi profil suatu permukaan, sensor/peraba (*stylus*) alat ukur harus digerakkan mengikuti lintasan yang berupa garis lurus dengan jarak yang telah ditentukan terlebih dahulu. Panjang lintasan ini disebut dengan panjang pengukuran (*traversing length,  $l_g$* ). Sesaat setelah jarum berhenti secara elektronik alat ukur melakukan perhitungan berdasarkan data yang dideteksi oleh jarum peraba. Bagian panjang pengukuran dimana dilakukan analisis profil permukaan disebut dengan panjang sampel (*sampling length*). Profil-profil permukaan tersebut dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5. Posisi profil referensi, profil tengah, dan profil alas terhadap profil terukur, untuk satu panjang sampel.

Keterangan gambar :

- Profil geometrik ideal adalah profil permukaan sempurna
- Profil terukur adalah profil permukaan terukur

- Profil referensi/acuan/puncak adalah profil yang digunakan sebagai acuan untuk menganalisis ketidakteraturan konfigurasi permukaan. Profil ini dapat berupa garis lurus atau garis dengan bentuk sesuai dengan profil geometrik ideal, serta menyinggung puncak tertinggi profil terukur dari panjang sampel.
- Profil alas adalah profil referensi yang digeserkan ke bawah (arah tegak lurus terhadap profil geometrik ideal) sehingga menyinggung titik terendah profil terukur.
- Profil tengah adalah nama yang diberikan kepada profil referensi yang digeserkan ke bawah (tegak lurus terhadap profil geometrik ideal), sehingga jumlah luas bagi daerah-daerah di atas profil tengah sampai ke profil terukur adalah sama dengan jumlah luas daerah-daerah di bawah profil tengah sampai ke profil terukur (daerah-daerah yang diarsir dengan kemiringan garis yang berbeda).

Berdasarkan profil-profil tersebut, dapat didefinisikan beberapa parameter permukaan, yaitu antara lain :

1. Kedalaman total ( $R_t$ ) ; (*peak to valley height/total height*), adalah jarak antara profil referensi dan referensi dasar.
2. Kedalaman perataan ( $R_p$ ) ; (*depth of surface smoothness/peak to mean line*), adalah jarak rata-rata antara profil referensi dengan profil tengah.
3. Kekasaran rata-rata aritmetis ( $R_a$ ) ; (*mean roughness index/center line average, CLA*), adalah harga rata-rata aritmetis dari harga absolutnya jarak antara profil terukur dengan profil tengah.

4. Kekasaran rata-rata kwadratis ( $R_g$ ) ; (*root mean square height*), adalah akar dari jarak kwadrat rata-rata antara profil terukur dengan profil tengah.

Dari bermacam-macam parameter permukaan tersebut, parameter  $R_a$  relatif lebih banyak digunakan untuk mengidentifikasi. Parameter  $R_a$  cocok apabila digunakan untuk memeriksa kualitas permukaan komponen mesin yang dihasilkan dalam jumlah yang banyak dengan menggunakan suatu proses pemesinan tertentu. Hal ini dikarenakan harga  $R_a$  lebih sensitif terhadap perubahan atau penyimpangan yang terjadi pada proses pemesinan. Dengan demikian, jika permukaan produk dimonitor dengan menggunakan  $R_a$  maka tindakan pencegahan permukaan dapat dilakukan jika ada tanda-tanda bahwa ada peningkatan kekasaran (misalnya dengan mengasah atau mengganti perkakas potong atau batu gerindanya). Harga tingkat kekasaran  $R_a$  dapat dilihat pada tabel 2.2 dibawah ini.

Tabel 2.2. Harga tingkat kekasaran.

Tingkat Kekasaran, ISO Number	Mean Roughness ( $R_a, \mu m$ )	Panjang Sampel (mm)	Simbol Segitiga	Keterangan
N12 N11	50,0 25,0	8		Sangat kasar
N10 N9	12,5 6,3			
N8 N7 N6	3,2 1,6 0,8	0,8	VV	Normal
N5 N4	0,4 0,2			
N3 N2	0,1 0,05			
N1	0,025	0,08		

Sumber : Rochim, 2001

## F. Alumunium

Alumunium ditemukan oleh Sir Humphrey Davy dalam tahun 1809 sebagai suatu unsur, dan pertama kali direduksi sebagai logam oleh H. C. Oersted tahun 1825. Secara industri tahun 1886, Paul Heroult di Prancis dan C. M. Hall di Amerika Serikat secara terpisah telah memperoleh logam alumunium dan dari alumina dengan cara elektrolisa dari garamnya yang terfusi, (Surdia, Tata & Saito, Shinroku. 1985).

Warna alumunium dengan mudah diidentifikasi dengan warna putih perak mengkilap yang khas. Temperatur titik lebur alumunium murni adalah 658 °C dan berat jenisnya adalah 2,7 g/cm<sup>3</sup>. Alumunium ringan sekali dibandingkan dengan logam-logam lain dan memiliki konduktifitas yang sangat baik [Supardi,1997].

Alumunium juga memiliki sifat yang tetap, cukup tangguh pada temperatur yang sangat rendah. Dimana konduktivitas termal alumunium sekitar lima kali dari baja karbon rendah pada umumnya. Konduktivitas listrik alumunium adalah sekitar 60 % dari tembaga. Ketahanan korosi alumunium sangat baik pada keadaan tertentu akibat lapisan yang tipis dari oksida pelindung yang menempel dengan sendirinya. Paduan alumunium dapat dibagi menjadi dua macam, yaitu [Ichsan, 1987] :

1. *Wrought Alumunium Alloys*
2. *Casting Aloys*

*Wrought alumunium* adalah paduan alumunium yang dapat mengalami pengerjaan panas dan pengerjaan dingin, dengan kata lain paduan ini dapat mengalami deformasi plastik. Paduan alumunium yang diproduksi dalam bentuk *wrought*, yaitu *sheet, plate, extrussions, rod, dan wire* diklasifikasikan menurut unsur utama

logam paduannya. Tabel 2.3 menunjukkan pembagian *Wrought aluminum alloy group*.

Tabel 2.3 *Wrought aluminium alloy group*.

<b>Paduan</b>	<b>Seri Penamaan</b>
Aluminium, dengan kemurnian min. 99%	XXX
Aluminium -Tembaga (Al-Cu)	XXX
Aluminium -mangan (Al-Mn)	XXX
Aluminium -Silikon (Al-Si)	XXX
Aluminium -Magnesium (Al-Mg)	XXX
Aluminium -Magnesium-Silikon (Al-Mg-Si)	XXX
Aluminium -Seng (Al-Zn)	XXX
Paduan lainnya	XXX

Sumber : Sonawan, 2003

Paduan Aluminium (*Al*) diklasifikasikan dalam berbagai standar oleh berbagai negara di dunia. Saat ini klasifikasi yang digunakan adalah *Aluminium Association (AA)* di Amerika yang didasarkan atas standar terdahulu dari *Alcoa (Aluminium Company Of America)*. Paduan tempaan dinyatakan dengan satu atau dua angka "S". Standar AA menggunakan penandaan 4 angka, yaitu; angka pertama menyatakan sistem paduan dengan unsur-unsur yang ditambahkan. Angka ke dua menyatakan kemurnian dalam paduan yang dimodifikasi dan Al murni, sedangkan dua angka terakhir dimaksudkan untuk tanda *Alcoa* terdahulu kecuali S, sebagai contoh; 3 S sebagai 3003 dan 63S sebagai 6063. Dimana hal ini dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4. Klasifikasi paduan aluminium tempaan.

Standar AA	Standar Alcoa Terdahulu	Keterangan
1001	1S	Al murni 99,5%
1100	2S	Al murni 99,0%
2010-2029	10S-29S	Cu merupakan unsur paduan utama
3003-3009	3S-9S	Mn merupakan unsur paduan utama
4030-4039	30S-39S	Si merupakan unsur paduan utama
5050-5086	50S-86S	Mg merupakan unsur paduan utama
6061-6069	61S-69S	Mg <sub>2</sub> Si merupakan unsur paduan utama
7070-7079	70S-79S	Zn merupakan unsur paduan utama

Sumber : Surdia, 1999

*Wrought aluminium alloy* dapat dibagi lagi menjadi dua kelompok, yaitu:

- Aluminium murni, dimana memiliki kandungan aluminium minimal 99%.
- Aluminium paduan, yaitu aluminium yang dipadu dengan *Cu*, *Mg*, *Si*, dan *Zn* sebagai unsur pepadu utama agar dapat menaikkan kekuatan, atau memperbaiki tahanan korosi.

Dalam paduan biner *Al-Mg* satu fasa yang ada dalam keseimbangan dengan larutan padat *Al* adalah larutan padat yang merupakan senyawa antar logam yaitu *Al<sub>3</sub>Mg<sub>2</sub>*. Sel satunya merupakan hexagonal susunan rapat (*cph*) tetapi juga ada dilaporkan bahwa sel satunya merupakan kubus berpusat muka (*fcc*) rumit. Titik eutektiknya adalah 450 °C, 35 % *Mg* dan batas kelarutan padatnya pada temperatur eutektik adalah 17,4 % *Mg*, yang menurun pada temperatur biasa

sampai kira-kira 1,9 % *Mg*, jadi kemampuan penuaan dapat diharapkan. Secara praktis penambahan *Mg* tidaklah banyak, pengerasan penuaan yang berarti tidak diharapkan. Senyawa  $\beta$  mempunyai massa jenis yang rendah dan mudah teroksidasi. Oleh karena itu biasanya ditambahkan sedikit *flux* dari *Be*, sebagai contoh 0,004 %.

Paduan *Al-Mg* mempunyai ketahanan korosi yang sangat baik, sejak lama disebut *hidronalium* dan dikenal sebagai paduan yang tahan korosi. *Cu* dan *Fe* sangat berbahaya bagi ketahanan korosi, terutama *Cu* sangat memberikan pengaruhnya. Maka perlu perhatian khusus terhadap tercampurnya unsur pengotor.

Paduan dengan 2-3 % *Mg* dapat mudah ditempa, dirol dan diekstrusi, dan paduan 5052 adalah paduan yang biasa dipakai sebagai bahan tempaan. Tabel 2.5 berikut ini menunjukkan sifat mekanis paduan tempaan *Al-Mg* [Surdia, 1999].

Tabel 2.5. Sifat mekanik paduan *Al-Mg<sub>2</sub>-Si*.

Paduan	Keadaan	Sifat – sifat Mekanik					
		Kekuatan Tarik (kgf/mm <sup>2</sup> )	Kekuatan Mulur (0,2%) (kgf/mm <sup>2</sup> )	Perpanjangan (%)	Kekuatan Geser (kgf/mm <sup>2</sup> )	Kekerasan Brinell	Batas Lelah $5 \times 10^8$ (kgf/mm <sup>2</sup> )
6061	O	12,6	5,6	30	8,4	30	6,3
	T4	24,6	14,8	28	16,9	65	9,5
	T6	31,6	28,0	15	21,0	95	9,5
6063	T5	19,0	14,8	12	11,9	60	6,7
	T6	24,6	21,8	12	15,5	73	6,7
	T83	26,0	24,6	11	15,5	82	-

Sumber : Surdia, 1999

### G. Perekat/ *Adhesive Bond*

*Adhesive Bond* adalah suatu bahan yang digunakan guna merekatkan dua buah material menjadi satu. dimana secara umum *Adhesive Bond* dapat dikelompokkan menjadi dua antara lain :

1. *Adhesive* alami
2. *Adhesive* sintetik

Dimana *adhesive* alami terbuat dari hasil pengolahan tumbuhan dan binatang, sedangkan *adhesive* sintetik berasal dari pengolahan produk pabrik yang menggunakan bahan kimia. Keuntungan *adhesive* alami dibanding *adhesive* sintetik adalah kandungan racun pada *adhesive*, dimana *adhesive* sintetik lebih banyak mengandung racun yang berbahaya karena banyak menggunakan bahan kimia. Adapun kelompok *adhesive* dapat dilihat dalam tabel 2.6 berikut :

Tabel 2.6. Kelompok *adhesive*

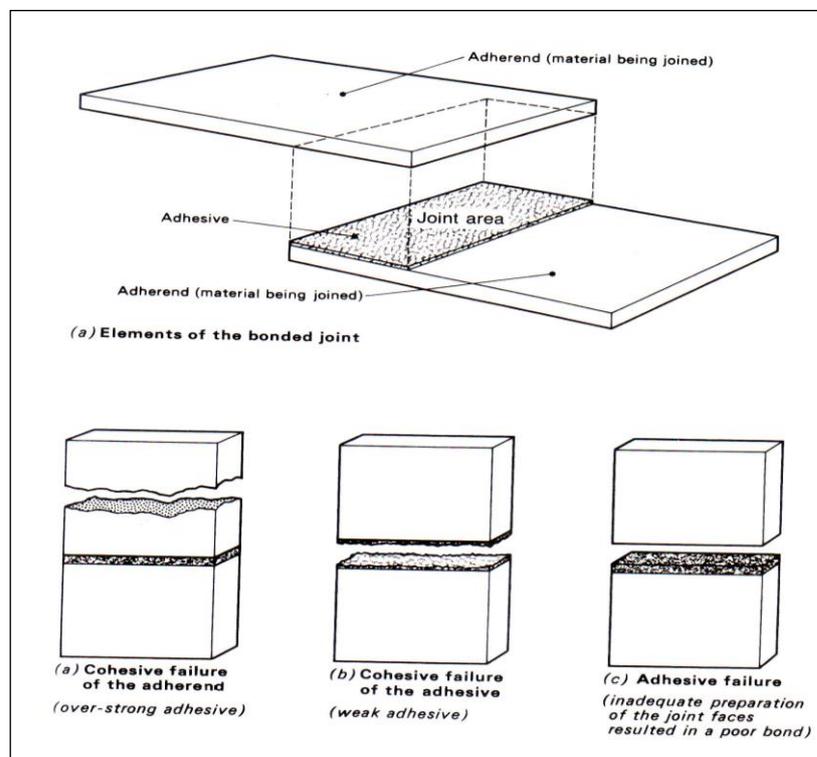
Origin and Basic Type		Adhesive Material
Natural	Animal	Albumen, animal glue (inc, fish), casein, shellac, beeswax.
	Vegetable	Natural resins (gum arabic, colophony), oils and waxes (carnauba wax, linseed oil), carbohydrates.
	Mineral	Inorganic material
Synthetic	Elastomers	Natural rubber (chlorinated rubber, cyclised rubber), Synthetic rubbers and derivatives, Reclaim rubber.
	Thermoplastic	Cellulose derivatives, vinyl polymers and copolymers, polyesters, polyacrylates, polyethers, polysulphones.
	Thermosetting	Animo plastics, epoxides and modifications, phenolic resins and modifications, polyesters, polyaromatics, furans.

Sumber : Shields, J. *Adhesive Bonding, The Design Council*

Metode sambungan perekat adalah merupakan metode yang paling cocok karena menawarkan beberapa keuntungan seperti ringan, distribusi tegangan lebih merata, permukaan yang lebih halus dan lain sebagainya. Selain itu metode perekatan mampu menghemat ongkos perbaikan dan tidak membutuhkan teknologi tinggi. Secara umum kekuatan pengeleman tergantung pada dua factor antara lain :

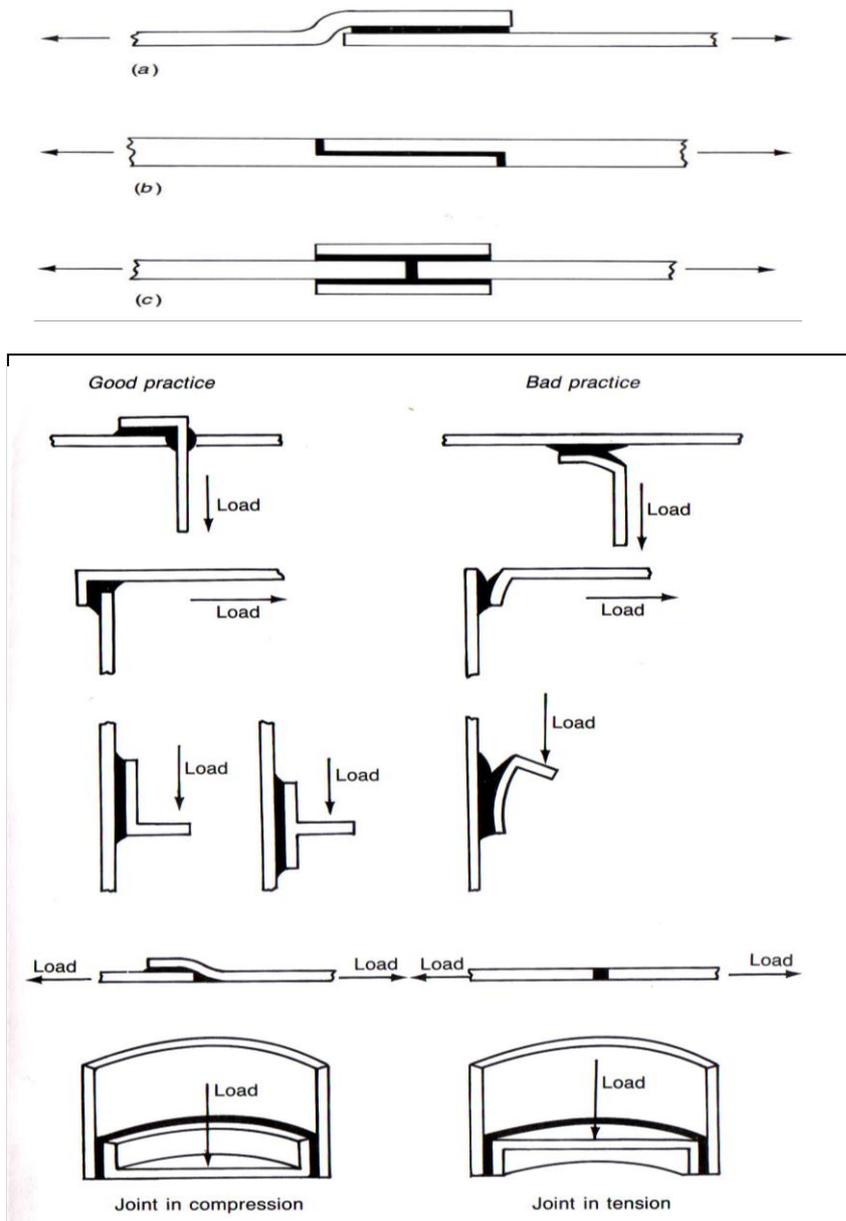
1. Faktor *adhesi*
2. Faktor *kohesi*

Dimana faktor *adhesi* adalah adanya gaya tarik menarik dua buah material (*adhesive* dan *adherent*) yang direkatkan, sedangkan faktor *kohesi* adalah adanya gaya tarik menarik antara material itu sendiri.



Gambar 2.6. Faktor *adhesi* dan *kohesi*

Dalam sambungan, untuk memperoleh kekuatan tinggi dan daya tahan (*durabilitas*) yang baik, hal yang sangat perlu diperhatikan adalah bahwa perekat sangat peka terhadap kelembaban, dimana air sangat tidak diharapkan baik di dalam sambungan maupun pada permukaan sambungan, adapun bentuk jenis sambungan dapat dilihat dalam gambar 2.7 sebagai berikut :



Gambar 2.7. Jenis sambungan dan arah pembebanan

Sambungan perekat akan mengalami kegagalan prematur dengan adanya air, air dapat mempunyai pengaruh yang merugikan pada sambungan perekat baik secara kimia maupun secara fisik. Secara kimia air mempengaruhi struktur kimia resin matrik. Sedang secara fisik, air dapat menggembungkan matrik dan menyebabkan tegangan dalam antara material dan matrik. Hal itu akan menyebabkan retak pada matrik dan atau *delaminasi* pada antar muka matrik-material sehingga daerah yang rusak harus dikeringkan sebelum diperbaiki dengan perekatan.

Penggunaan panas dalam proses pengeringan akan memberikan hasil yang lebih baik, namun suhu pengeringan harus diperhatikan agar tidak mempengaruhi struktur kimia atau menyebabkan kerusakan. Di bawah kondisi beban hampir statis (*quasistatic load*) sambungan perekat harus tahan terhadap beban terpakai dalam jangka waktu yang lama, sehingga menjadi perlu untuk mengontrol kepaduan seluruh konstruksi. Kekuatan sambungan perekat biasanya diperkirakan dengan kekuatan sambungan tarik geser karena pembebanan sebenarnya. Adapun faktor lain yang mempengaruhi sambungan adalah :

1. Waktu rekatan
2. Tekanan rekat
3. Ketebalan *adhesive*
4. Jenis *adhesive*/ perekat
5. Jenis sambungan
6. Jenis material yang disambung

Untuk lebih tepatnya dalam penggunaan *Adhesive* sehingga kekuatan sambungan yang dihasilkan dapat maksimal dapat dilihat dalam tabel 2.7 berikut :

Tabel 2.7. Penggunaan *Adhesive*

ADHESIVES	ADHERENDS																																				
	Natural	Animal glues	Starch	Dextrine	Casein	Elastomers	Acrylonitrile butadiene	Polychloroprene	Polyurethane	Silicone rubber	Polybutadiene	Natural rubber	Butyl	Thermoplastics	Cellulose nitrate	Polyvinyl alcohol	Polyvinyl acetate	Polyacrylate	Silicone resin	Cyanoacrylate	Thermosets	Phenolic formaldehyde	Urea formaldehyde	Resorcinol formaldehyde	Melamine formaldehyde	Polyesters (unsaturated)	Epoxy resins	Polyimides	Phenolic-vinyl formal	Phenolic-polyvinylacetel	Phenolic nitrile	Phenolic epoxy	Inorganic	Sodium silicate			
Metals							X	X				X				X			X								X	X	X		X	X					
Glass, Ceramics	X						X								X	X			X								X			X		X				X	
Wood				X							X			X	X	X					X	X	X	X		X											
Paper	X	X	X	X										X	X	X																				X	
Leather	X					X	X				X			X																							
Textiles, felt	X					X					X			X		X																					
<b>Elastomers</b>																																					
Polychloroprene (Neoprene)							X																														
Nitrile						X													X																		
Natural						X					X								X										X								
Silicone									X																												
Butyl						X						X																									
Polyurethane						X	X	X																													
<b>Thermoplastics</b>																																					
Polyvinyl chloride (flexible)						X	X	X																													
Polyvinyl chloride (rigid)						X	X	X																			X										
Cellulose acetate							X							X					X																		
Cellulose nitrate							X							X					X																		
Ethyl cellulose														X					X								X				X						
Polyethylene (film)						X		X								X																					
Polyethylene (rigid)																											X					X					
Polypropylene (film)						X		X								X																					
Polypropylene (rigid)																											X				X						
Polycarbonate							X																				X										
Fluorocarbons									X									X		X						X											
Polystyrene							X												X								X										
Polyamides (nylon)						X															X		X			X							X				
Polyformaldehyde (acetals)							X												X							X	X										
Methyl pentene						X													X																		
<b>Thermosets</b>																																					
Epoxy																			X		X	X					X										
Phenolic							X												X		X					X					X						
Polyester																										X	X										
Melamine						X	X																				X										
Polyethylene terephthalate						X	X											X								X											
Diallyl phthalate						X																				X	X										
Polyimide																											X	X									

Sumber : Shields, J. *Adhesive Bonding, The Design Council*

## H. Uji Geser

Uji geser merupakan salah satu pengujian mekanik yang dilakukan untuk melihat penguatan sifat-sifat mekanik bahan ketika diberi gaya, dimana uji geser adalah suatu pengujian yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan suatu bahan berdasarkan ketahanan suatu material terhadap beban geser yang diberikan (Timing, L., R.1998).

Menurut *design* dan fungsinya alat uji geser terdiri dari beberapa versi [ICCE, 2000], antara lain :

1. *Iosipescu Shear Test*

Alat uji geser ini digunakan untuk menguji material-material seperti besi, baja dan material-material sejenisnya. Alat uji geser versi ini didesain untuk menguji geometri material yang tidak simetris.

2. *Wyoming Shear Test*

Alat uji geser ini didesain untuk menguji material-material komposit yang geometrinya simetris.

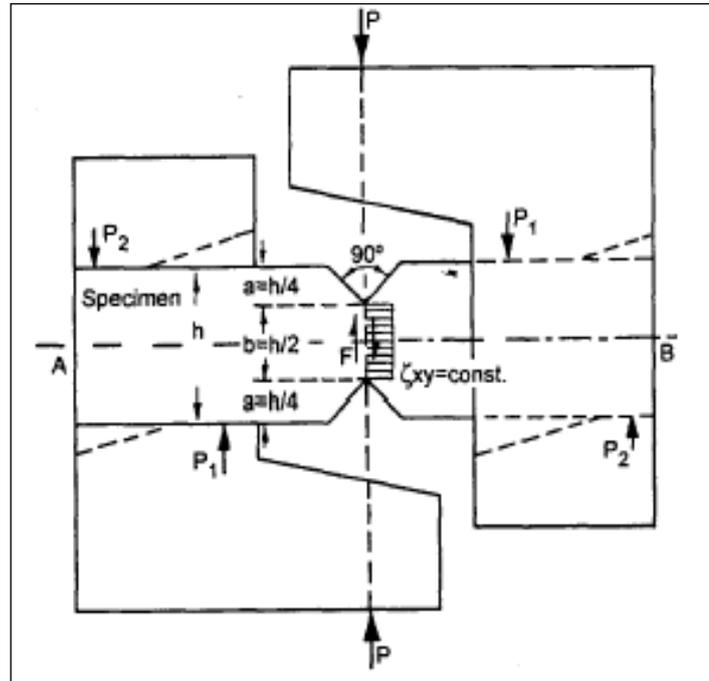
3. *Idaho Shear Test*

Alat uji geser versi ini dipergunakan untuk menguji material-material dari bahan kayu dan yang sejenis dan didesain untuk menguji *untisymmetrically materials*.

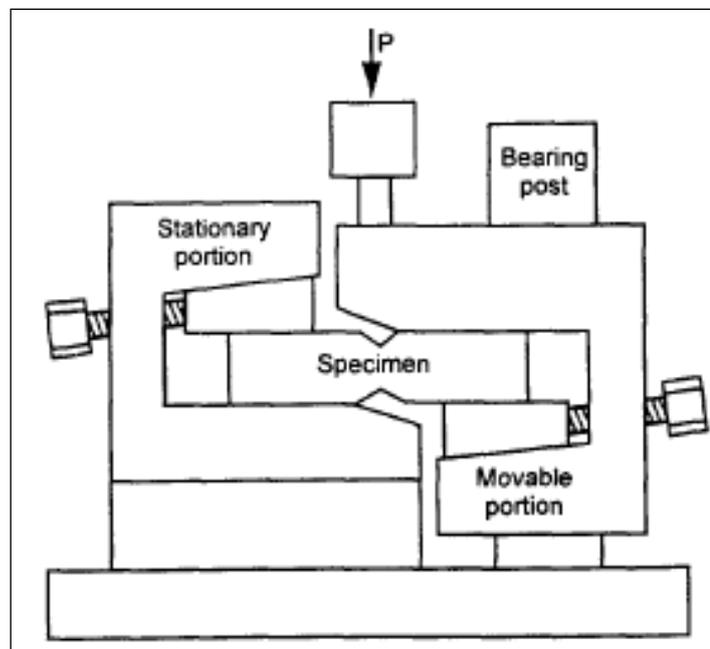
4. *FPL Shear Test*

*Desain alat uji ini mirip dengan versi Idaho tetapi fungsinya mirip dengan versi Iosipescu. Akan tetapi alat uji ini tidak diperuntukkan jenis material dari kayu*

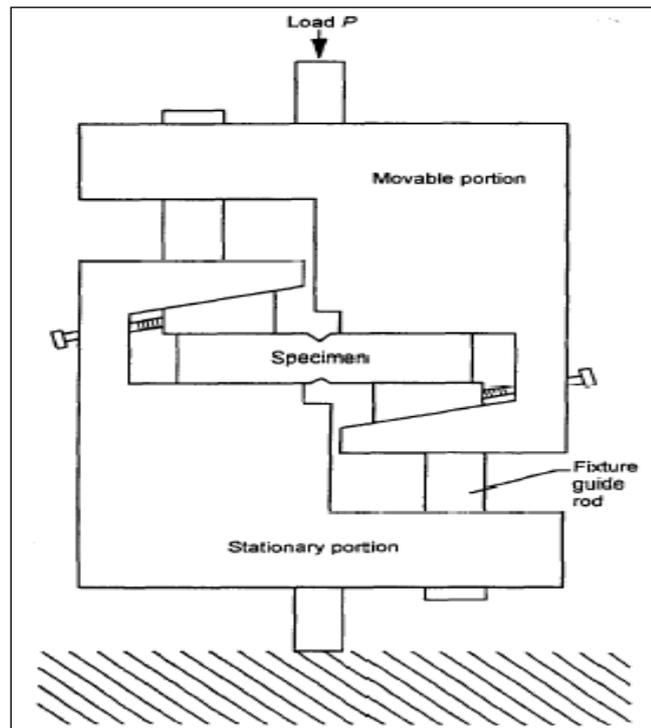
Skema alat-alat uji geser dapat dilihat pada gambar 2.8 dibawah ini.



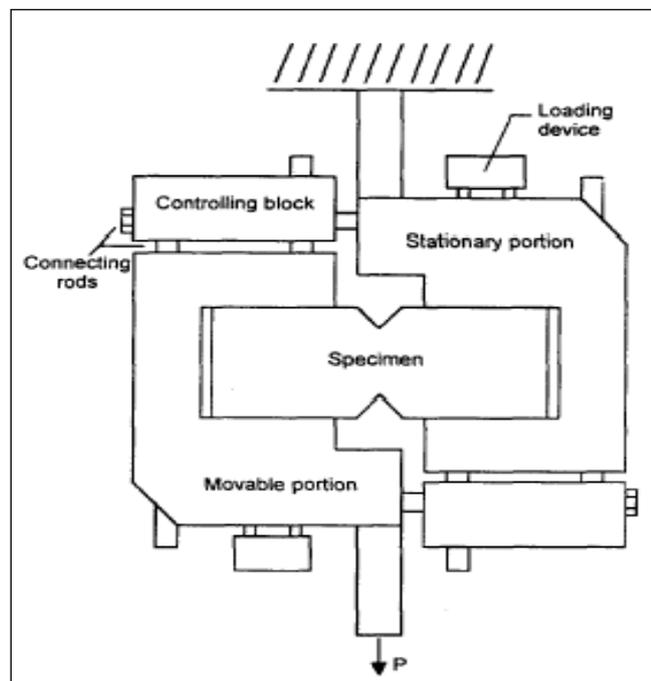
Gambar 2.8 (a). *Iosipescu Shear Test*



Gambar 2.8 (b). *Wyoming Shear Test*



Gambar 2.8 (c). *Idaho Shear Test*



Gambar 2.8 (d). *FPL Shear Test*