

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Aluminium

Aluminium merupakan salah satu logam *non-ferro* yang banyak dipakai manusia dalam kehidupan sehari-hari dan sekarang pemakaiannya kian diminati untuk berbagai aplikasi, juga di masa mendatang, sehingga kadang-kadang aluminium disebut juga sebagai logam masa depan atau *the future metal* (Notosuwarso, 2003 : 7). Aluminium murni didapatkan dari hasil ekstraksi bauksit melalui proses elektrolisis. Aluminium dengan lambang unsur Al, memiliki karakteristik : ringan, lunak, mengkilap, berwarna putih keperakan, termasuk dalam golongan IIIA dalam tabel berkala, titik leleh 660°C (Dainith, 1999 : 22).

Logam aluminium murni dapat ditempa, tahan korosi dengan membentuk lapisan pasif, penghantar panas dan listrik yang baik, sehingga aluminium banyak digunakan dalam bentuk batang massif, pipa, pelat pita, kawat (kawat listrik) dan lembaran tipis (untuk pembungkus kondensator). Bila dicor cetak digunakan untuk rotor sangkar bajing dari motor AC. (Niemann, 1994 : 103). Untuk memperbaiki sifat mekanik dari aluminium murni, dewasa ini aluminium diubah dalam bentuk *alloy* dengan logam lain diantaranya : magnesium, tembaga, mangan, silikon, seng, dan lain-lain.

2.1.1 Aluminium dan Paduannya

Paduan aluminium dapat meningkatkan kekuatan, ketahanan terhadap korosi, penghantar panas dan listrik. Sehingga paduan aluminium relatif lebih banyak digunakan dibandingkan dengan aluminium murni. Pemakaian paduan aluminium dapat dikelompokkan sebagai berikut:

1. *Decorative* : peralatan rumah tangga, ornamen rumah.
2. *Electrical* : kabel listrik.
3. *Mechanical* : lapisan kulit pesawat, mobil, kapal laut, velg, dan lain-lain.

Berdasarkan standar yang dibuat oleh *Aluminium Association* di Amerika (AA), aluminium dapat diklasifikasikan menjadi 7 jenis sesuai dengan paduan utama dari aluminium tersebut. Secara sederhana pengklasifikasian dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Klasifikasi Paduan Aluminium Tempaan

Standar AA	Standar Alcon Terdahulu	Keterangan
1001	1S	Al murni 90% atau lebih
1100	2S	Al murni 99,9% atau lebih
2010-2029	10S-29S	Unsur paduan utama Cu
3003-3009	3S-9S	Unsur paduan utama Mn
4030-4039	30S-39S	Unsur paduan utama Si
5050-5086	50S-69S	Unsur paduan utama Mg
6061-6069	70S-79S	Unsur paduan utama Mg ₂ Si
7070-7079		Unsur paduan utama Zn

Sumber : Surdia, 2003 : 135

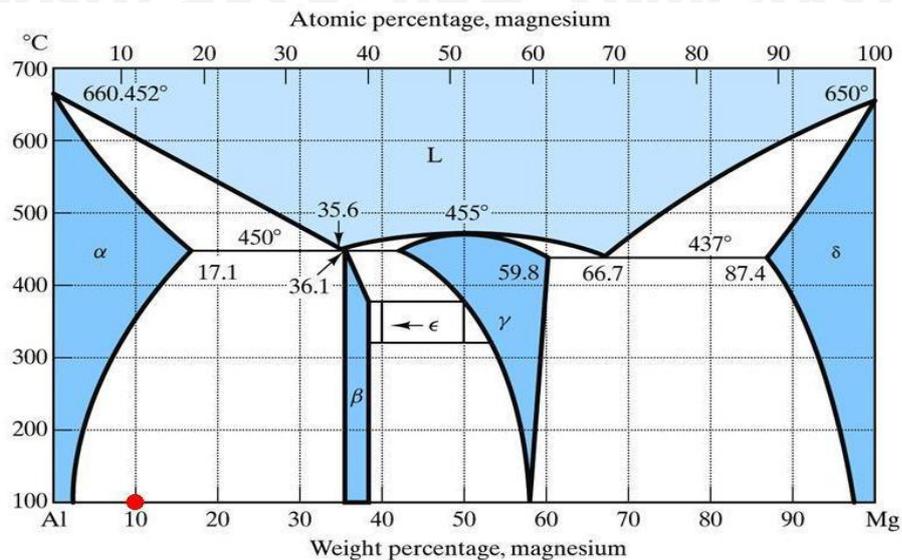
Standar AA menggunakan penandaan dengan 4 angka dengan penjelasan sebagai berikut :

1. Angka pertama menyatakan sistem paduan. Sesuai unsur-unsur paduan yang ditambahkan, yaitu : 1:Al murni, 2:Al-Cu, 3:Al-Mn, 4:Al-Si, 5:Al-Mg, 6: Al-Mg-Si, 7:Al-Zn.
2. Angka kedua menyatakan kemurnian dalam paduan yang dimodifikasi dan Al murni.
3. Angka ketiga dan keempat dimaksudkan untuk angka pada standar Alcoa (*Aluminium Company of America*) terdahulu kecuali S. Contoh :3S sebagai 3003 dan 63S sebagai 6063. Al dengan kemurnian 99,0 % atau di atasnya dengan ketidakmurnian terbatas (2S) dinyatakan sebagai 1100.

2.1.2 Paduan Aluminium dan Magnesium

Paduan Al-Mg lebih sulit dituang, tetapi sangat tahan korosi (juga tahan air) dan dengan 5% Mg sampai dengan 7 % Mg mempunyai daya tahan panas yang baik (misalnya digunakan untuk kop silinder) (Niemann, 1994 : 105).

Lebih jelasnya berikut ini adalah gambar diagram *phase* Al-Mg pada gambar 2.1 :



Gambar 2.1 Diagram *phase* Al-Mg
 Sumber : Bowles, dan Caceres, 2003

Paduan Al-Mg mempunyai ketahanan korosi yang baik, sejak lama disebut *hidronalium* dan dikenal sebagai paduan yang tahan korosi. Paduan dengan 2-3% Mg dapat mudah ditempa, di roll dan diekstruksi, paduan antara (4,5% Mg) kuat dan mudah dilas, oleh karena itu sekarang dipakai sebagai bahan untuk tangki LNG (Surdia, 2003 : 138).

Paduan ini memiliki sifat mampu las dan tahan korosi yang baik, kekuatannya juga cukup. Paduan 5005 (0,8 % Mg) banyak dipakai sebagai batang profil ekstrusi. Paduan 5050 (1,2 % Mg) dipakai sebagai pipa saluran minyak dan gas pada kendaraan. Paduan 5052 (2,5 % Mg) untuk saluran minyak dan bahan bakar pesawat terbang. *Casting alloy* 214 (3,8 % Mg) dan 218 (8 % Mg) digunakan untuk alat pengolahan makanan / hasil peternakan, *fitting* industri kimia, *brake shoes* dan lain-lain. Paduan 240 (10 % Mg) adalah satu-satunya paduan pada seri ini yang *age hardenable*, dengan sifat mekanik yang paling baik di antara semua paduan aluminium. Semua paduan pada seri ini memiliki sifat penuangan yang buruk, karena itu proses penuangannya memerlukan perhatian khusus (Dieter, 1992).

Keberadaan Magnesium hingga 15,35% dapat menurunkan titik lebur logam paduan yang cukup drastis, dari 660 °C hingga 450 °C. Namun, hal ini tidak menjadikan Aluminium paduan dapat ditempa menggunakan panas dengan mudah karena korosi akan terjadi pada suhu di atas 60 °C. Keberadaan Magnesium juga menjadikan logam paduan dapat bekerja dengan baik pada temperatur yang sangat rendah, di mana kebanyakan logam akan mengalami *failure* pada temperatur tersebut. Tetapi dalam hal

ini jika magnesium terlalu banyak juga akan menyebabkan kerugian pada spesimen maka dari itu kita harus mengetahui juga keuntungan dan kerugian dari penambahan magnesium. Untuk keuntungan dari magnesium adalah a. Menambahkan kekuatan dan daya lentur b. Memudahkan proses pemotongan c. Efektif untuk proses rekristalisasi, sedangkan untuk kerugian dari magnesium adalah a. Menurunkan daya rekat b. Mudah patah c. Menimbulkan pin hole . (Setiawan dkk).

2.2 Pembentukan Logam

Peran logam yang penting pada teknologi modern terutama disebabkan kemudahan menjadi bentuk-bentuk dasar. Misalnya: *bloom*, *slab*, dan *billet*. Pembuatan bentuk secara umum dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu:

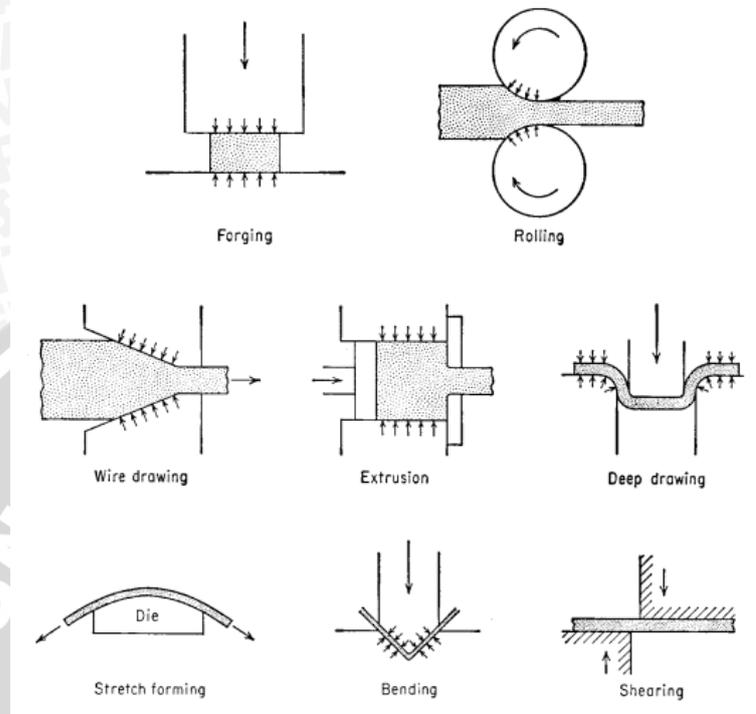
1. Secara proses deformasi plastis, dimana volume dan massa logam tetap dan logam bergerak dari satu tempat ke tempat yang lain.
2. Dengan cara menghilangkan bagian-bagian logam atau proses-proses pemesinan, dimana bagian-bagian logam dihilangkan untuk memperoleh bentuk yang diinginkan.

Ratusan proses telah dikembangkan untuk pengerjaan logam yang spesifik. Akan tetapi proses-proses tersebut dapat dikelompokkan menjadi hanya beberapa kategori berdasarkan pada jenis peneakan gaya ke benda kerja sesuai dengan bentuk yang diinginkan. Kategori-kategori tersebut adalah:

1. *Proses-proses tipe penekanan langsung*. Pada proses ini, gaya dikenakan pada permukaan benda kerja dan logam bergerak tegak lurus dengan arah penekanan. Contoh utama pada proses ini adalah proses tempa dan pengerolan.
2. *Proses-proses penekanan tak langsung*. Proses ini meliputi penarikan kawat dan penarikan tabung, ekstrusi dan penarikan dalam cawan. Gaya utama yang dikenakan biasanya adalah gaya tarik, tetapi gaya tekan tak langsung yang timbul akibat reaksi benda kerja dengan cetakan mempunyai nilai yang sangat tinggi.
3. *Proses-proses tipe tarik*. Contoh yang paling jelas mengenai proses pembentukan jenis tarik adalah pembentukan rentang. Dimana lembaran logam menutupi kontur cetakan dibawah pengaruh gaya tarik.
4. *Proses-proses penekukan*. Proses penekukan mencakup pemakaian momen lengkung terhadap lembaran logam.

5. *Proses-proses pengguntingan*. Pengguntingan melibatkan gaya geser (gaya gunting) yang cukup besar untuk memotong logam pada bidang geser.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.2 ::



Gambar 2.2 : Jenis operasi pembentukan
Sumber : Dieter, 1992 : 504

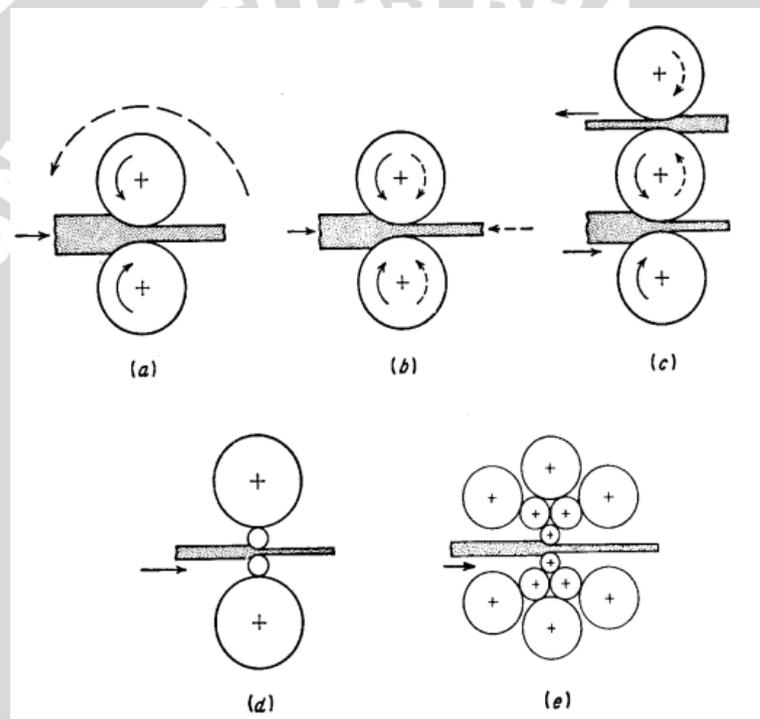
2.2.1 Proses Pengerolan Logam (*Rolling Mill*)

Pengerolan adalah proses pengurangan (reduksi) ketebalan atau luas penampang melintang *workpiece* oleh gaya tekan pasangan rol yang berputar. Dasar pengerolan mengacu pada pengerolan bentuk *flat plates*. Dalam pengerolan ini terdapat tiga macam kecepatan yaitu: material masuk V_o , rol berputar V_r , dan material meninggalkan rol V_E . Distribusi kecepatan tersebut material masuk mempunyai kecepatan terkecil, material meninggalkan rol mempunyai kecepatan terbesar sedangkan kecepatan rol diantara kedua kecepatan tersebut. Adanya perbedaan kecepatan tersebut menyebabkan material masuk tertarik oleh rol dan material keluar akan menghambat putaran rol sehingga rol menekan material yang berbeda diantara rol yang berputar akibatnya material tertekan sampai pada kondisi deformasi plastis. (Choiri, Dkk, 1998).

Sedangkan menurut Dieter yang dinamakan pengerolan adalah proses pengubahan bentuk logam dengan melewatkannya diantara rol (Dieter, 1992 : 198). Pengerjaan ini banyak digunakan pada proses pengerjaan logam karena memberikan

kemungkinan untuk memproduksi bentuk akhir yang berkualitas tinggi dan mudah dikontrol.

Suatu pengerolan pada dasarnya terdiri atas roll, bantalan, dan rumah untuk tempat komponen-komponen tersebut. Gaya yang terlibat dalam pengerolan dengan mudah mencapai beberapa juta pon. Oleh karena itu diperlukan konstruksi yang sangat kokoh dan diperlukan motor yang sangat besar agar memperoleh daya yang diinginkan. Pengerolan logam pada umumnya dapat digolongkan berdasarkan jumlah dan susunan roll. Tipe pengerolan yang paling sederhana adalah pengerolan logam dua tingkat. Roll yang besarnya sama diputar hanya pada satu arah. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.3 :



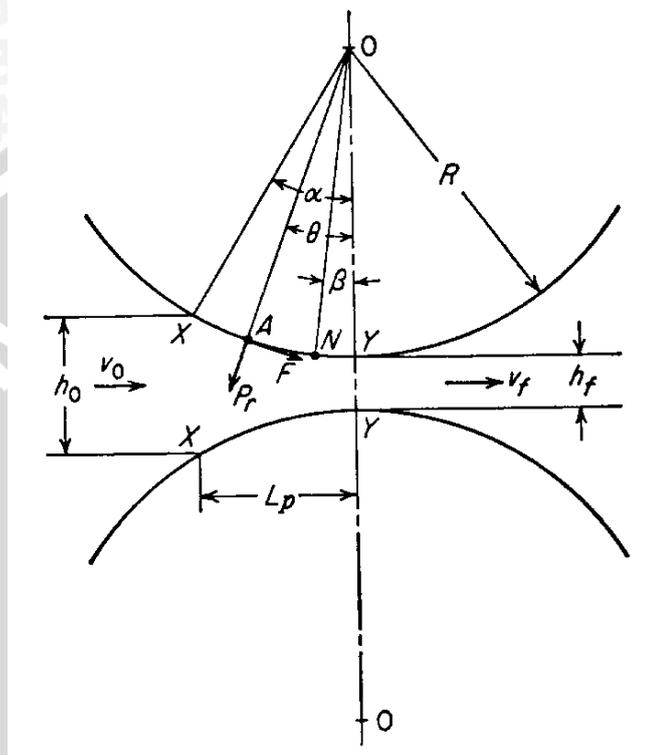
Gambar 2.3 : Susunan roll untuk pengerolan logam

Sumber : Dieter, 1992 : 588

Untuk meningkatkan hasil yang berkualitas tinggi, biasanya disusun rangkaian mesin roll logam secara seri. Yang biasanya disebut dengan pengerolan kontinyu. Karena pada setiap tahap terdapat reduksi yang berbeda-beda pada setiap tahap, maka benda kerja akan bergerak dengan kecepatan yang berbeda-beda pada tiap tahapnya. Cara kedua adalah dengan melewati benda kerja beberapa kali dengan arah gerak bolak-balik pada sepasang roll. Cara ini disebut pengerolan bolak-balik.

2.2.2 Gaya Pengerolan Pelat

Beban untuk menekan pelat agar diperoleh bentuk silinder yang sesuai dengan yang diinginkan dilakukan dengan bertahap, yaitu ditekuk sedikit demi sedikit sehingga pelat terbentuk sesuai dengan yang diinginkan. Berikut adalah gambar 2.4 yang menunjukkan gaya-gaya pada pengerolan :



Gambar 2.4: Gaya-gaya pada pengerolan

Sumber : Dieter, 1992 : 594

Untuk mengetahui gaya pengerolan yang terjadi maka digunakan persamaan:

$$P = \frac{2}{3} \sigma_0 \frac{1}{Q} e^Q - 1 b \overline{R \Delta h} \quad (\text{sumber : Dieter, 597}) \quad (2-1)$$

Dengan : P = Gaya penekanan (N)

σ_0 = Tegangan *yield* rata – rata (MPa)

e = Bilangan dasar eksponensial (= 2.7)

Q = Rasio pengurangan tebal

b = Lebar plat setelah pengerolan (mm)

R = Jari – jari *roll* (mm)

Δh = Selisih tebal (mm)

$$\text{Dengan } Q = \frac{\mu L_p}{h} \quad (\text{sumber : Dieter, 597}) \quad (2-2)$$

Dengan $\mu = \tan \alpha$

L_p = Panjang kontak spesimen dengan *roll* (mm)

Δh = tebal rata – rata sebelum dan sesudah pengerolan (mm)

$$\text{Dengan } L_p = [R \ h_0 - h_f]^{1/2} \quad (\text{sumber : Deiter, 594}) \quad (2-3)$$

Dengan R = Jari – jari *roll* (mm)

h_0 = Tebal sebelum pengerolan (mm)

h_f = Tebal setelah pengerolan (mm)

Sedangkan untuk persentase pereduksiannya

$$R = 100\% \left(\frac{h_0 - h_f}{h_0} \right) \quad (\text{sumber : Deiter, 598}) \quad (2-4)$$

Dengan R = Reduksi (%)

h_0 = Tebal sebelum pengerolan (mm)

h_f = Tebal setelah pengerolan (mm)

2.3 Proses Pengerjaan Logam

Menurut Mc Queen. 1998 secara umum logam dapat dibentuk / dikerjakan dalam keadaan panas (*Hot Working*), dingin (*Cold Working*), dan hangat (*Warm Working*). Pengerjaan panas dikerjakan pada suhu diatas 0.6 kali suhu melting dari suatu logam ($T > 0,6 \times T_m$), dan pengerjaan dingin dikerjakan pada suhu dibawah 0.35 kali suhu melting ($T < 0,35 \times T_m$). sedangkan suhu diantara $0,35 \times T_m \leq T \leq 0,6 \times T_m$ termasuk dalam pengerjaan hangat.

2.3.1 Proses Pengerjaan Panas

Proses ini dapat di definisikan sebagai proses pembentukan yang dilakukan pada *temperature* tinggi dimana logam yang dibentuk akan berada dalam keadaan plastis dan mudah dibentuk dengan tekanan. Sehingga pembebanan yang dilakukan kecil. Proses ini mempunyai keuntungan sebagai berikut:

1. Material dapat menerima perubahan bentuk yang besar tanpa mengalami perubahan.
2. Porositas dalam material dapat dikurangi.
3. Butiran pada bahan akan diperhalus karena proses berlangsung pada daerah rekristalisasi.

4. Sifat fisik meningkat terutama disebabkan butiran menjadi halus, kekuatan dan ketahanan terhadap *impact* meningkat dan homogenitas dalam logam meningkat.
5. Jumlah energi yang dibutuhkan untuk mengubah bentuk dalam keadaan plastis jauh lebih rendah bila dibandingkan dengan energi dari pengerjaan dingin.

Selain keuntungan diatas pada proses ini masih terdapat kekurangan, diantaranya:

1. Pada suhu tinggi terdapat oksidasi dan pembentukan kerak pada permukaan logam, sehingga penyelesaian permukaan tidak bagus.
2. Susah untuk mempertahankan toleransi yang baik akibat dari pengerakan.
3. Perawatan biaya peralatan yang cukup tinggi.

2.4 Kemampubentukan Pengerolan

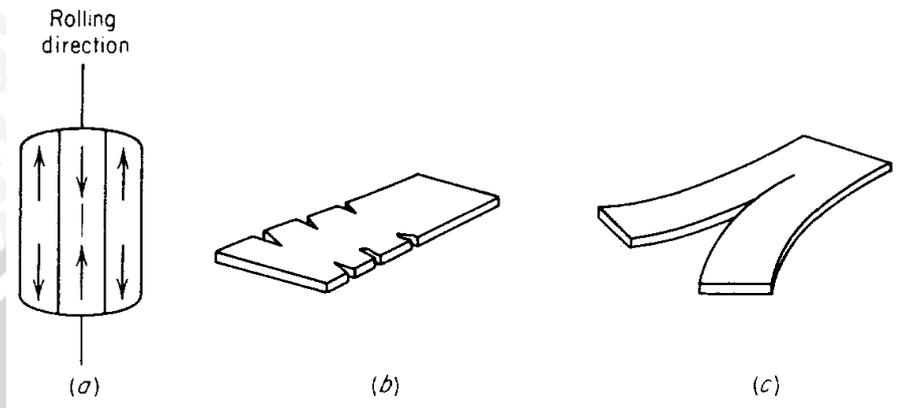
Kemampubentukan pengerolan adalah kemampuan suatu material untuk di deformasi plastis (pengerolan) sampai dimensi yang ditentukan tanpa mengalami cacat pada material baik pada proses pengerjaan dingin, pengerjaan hangat, maupun pengerjaan panas. Pada prinsipnya material menerima beban dan akhirnya terdeformasi plastis hingga material mempunyai penambahan panjang dan lebar serta berkurangnya tebal tanpa mengalami atau tanpa terjadi cacat pada material tersebut pada suhu pengerjaan yang diinginkan. Jika material semakin banyak cacat yang terjadi setelah pengerolan maka kemampubentukan material tersebut dianggap rendah, sedangkan material yang mengalami proses pengerolan dan tidak mengalami cacat maka kemampubentukan material tersebut dianggap tinggi. Selain itu kemampubentukan dapat dilihat dari perbandingan pertambahan panjang yang terjadi pada spesimen setelah pengerolan dengan pertambahan panjang pada spesimen hasil pengujian tarik. (Kalpakjian. 2009)

2.5 Cacat Pada Proses Pengerolan

Pada proses pengerolan sering ditemukan cacat, antara lain:

1. Cacat Cetakan
Cacat ini diakibatkan oleh terjadinya pertambahan panjang pada *lateral* dan kemudian dihambat oleh gaya-gaya gesek *tranversal*. Kemudian adanya bukit gesekan maka gaya gesekan mengarah ke pusat lembaran. Hal ini mengakibatkan terjadinya penyebaran yang lebih sempit dari pada tepinya.

Lembaran mengalami pertambahan panjang sementara itu pengurangan tebal tepi akan meyebar kearah *lateral*, sehingga lembaran dapat sedikit mengalami pembulatan pada ujung-ujungnya. Dari hubungan kontinuitas antara tepi dengan pusat, maka pinggiran mengalami regangan, suatu kondisi yang menimbulkan retak tepi. Cacat ini dapat ditunjukkan pada gambar 2.5 :

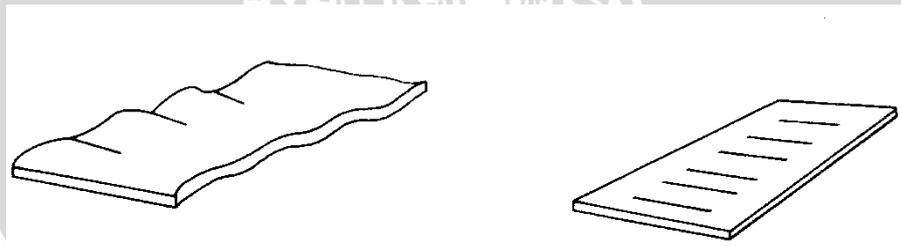


Gambar 2.5: Cacat penyebaran kesamping (*Defects Resulting from Lateral Spread*)

Sumber: Dieter, 1992 : 604

2. Cacat Kerataan

Cacat pengerolan ini terjadi karena pelat tidak rata saat dilakukan proses *canai*. Hal ini mengakibatkan terjadinya perbedaan panjang pada tempat tertentu dimana lembaran tipis dan pelat menjadi berombak. Cacat ini dapat ditunjukkan pada gambar 2.6 :

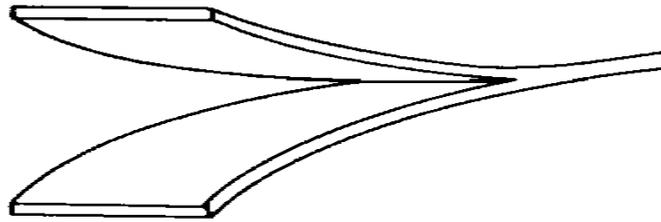


Gambar 2.6: Cacat kerataan

Sumber: Dieter, 1992 : 603

3. Cacat Pembelahan (*Aligating*)

Terjadi karena ada ikatan lembaran akibat salah satu bagian roll lebih tinggi atau lebih rendah dibandingkan dengan celah roll. Cacat ini dapat ditunjukkan pada gambar 2.7 :



Gambar 2.7: *Aligating*
Sumber: Dieter, 1992 : 605

4. Perbedaan Ketebalan Antar Sisi

Cacat ini terjadi karena adanya perbedaan ketinggian celah roll, akibatnya ketebalan hasil roll tidak sama ketebalannya pada masing-masing sisi dan pada salah satu sisi lembaran akan lebih panjang dari pada sisi yang lain, akibatnya pelat menjadi melengkung.

5. Tebal Material Yang Tidak Sama Pada Semua Tempat

Cacat ini terjadi karena adanya deformasi elastis pada roll. Produk pelat lebih tebal bagian tengah dari pada bagian pinggir.

6. Cacat-cacat Lain

Sebagai contohnya: porositas, keriput, kampuh dan lain sebagainya.

2.6 Hipotesis

Semakin tinggi kadar magnesium maka pertambahan dimensi benda kerja akan semakin menurun. Ini dikarenakan pada aluminium yang mempunyai kadar magnesium 10% memiliki sifat kemampu kerasan yang baik dan juga sifat mekanik yang baik.

Semakin rendah kadar magnesium yang dikandung dalam aluminium dapat memperkecil kemungkinan terjadinya cacat pada permukaan spesimen. Ini disebabkan karena semakin kecil kandungan magnesium dalam aluminium memiliki sifat yang mudah untuk diproses dalam proses tempa dan proses roll.