

BAB 4



SAMBUNGAN BAUT

4.1 Sambungan Baut (*Bolt*) dan Ulir Pengangkat (*Screw*)

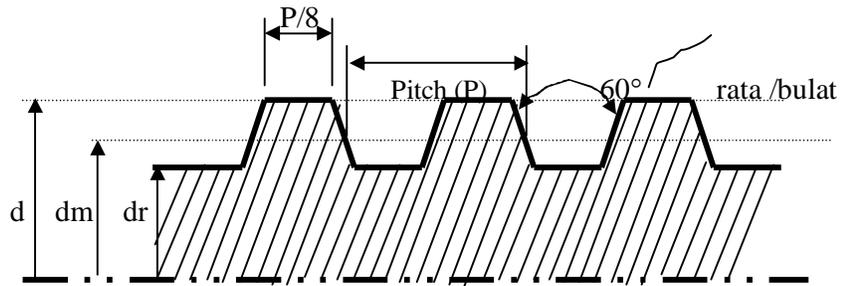
Untuk memasang mesin, berbagai bagian harus disambung atau di ikat untuk menghindari gerakan terhadap sesamanya. Baut, pena, pasak dan paku keling banyak dipakai untuk maksud ini. Tapi ada pula penyambungan dengan cara pengelasan dan pres dan sebagainya.

4.4.1. Terminologi Baut



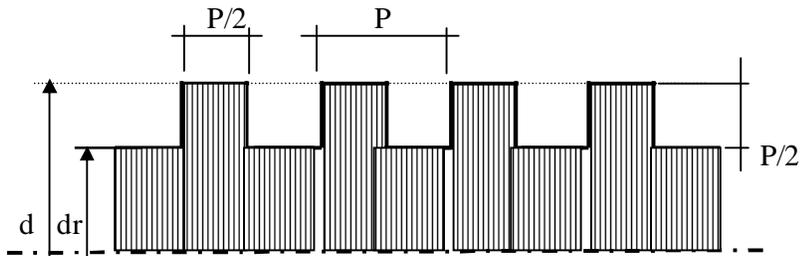
Gambar 4.1 Terminologi Baut.

Geometri ulir (standart Inggris) yang umum dipakai. *Ulir Standar (American National atau Unified)* dan ulir ISO (*International Standard Organization*) mempunyai sudut ulir sebesar 60° .

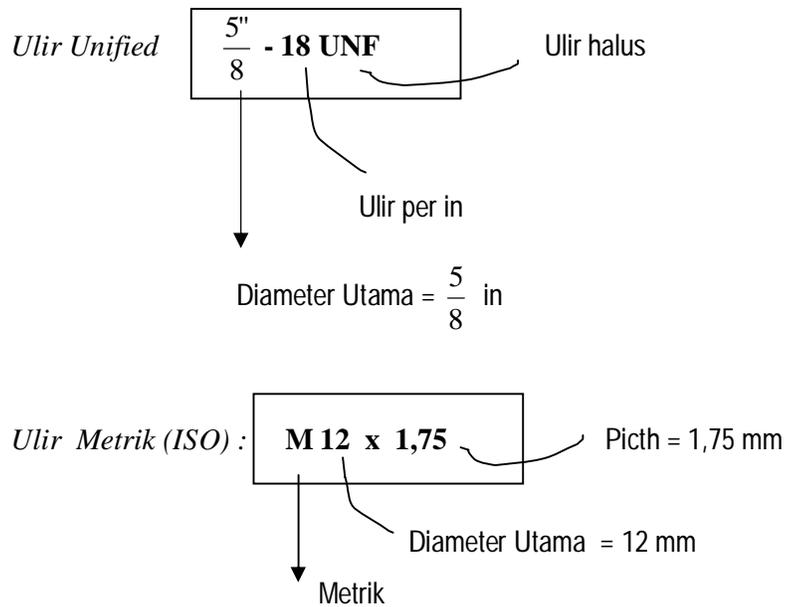


Keterangan : d = diameter Utama
 dm = diameter puncak
 dr = diameter minor
 P = jarak puncak ulir

Ulir Persegi → biasanya dipakai pada Dongkrak dan mesin *Frais*.



Berdasarkan hasil-hasil pengujian tarik terhadap batang –batang berulir didapatkan bahwa :
 suatu batang tanpa ulir yang berdiameter d , (dimana $d = \frac{dm + dr}{2}$) mempunyai kekuatan tarik yang sama dengan batang berulir dengan dimensi d , dm dan dr . Luas penampang batang tanpa ulir berdiameter d tersebut disebut A_t .



Tabel 4.1 Luas bidang-bidang tegangan

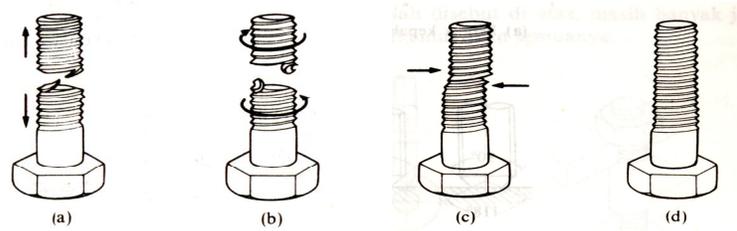
Garis tengah baut (d)	M 6	M 8	M10	M12	M16	M20	M24	M30
Luas bidang tegangan A (mm)	20,1	36,6	58	84,2	157	245	352	561

4.4.2 Kasus yang terjadi pada baut

Baut merupakan alat pengikat yang sangat penting untuk mencegah kecelakaan atau kerusakan pada mesin. Jenis kerusakan pada baut terjadi karena :

- Putus karena tarikan
- Putus karena puntiran
- Tergeser
- Ulir lumur (dol)

Dalam beberapa pengujian, kerusakan disebabkan oleh pemberian beban tekan dongkrak sehingga pembebanan terjadi pada baut yang dipasangkan pada plat pengujian sehingga mengakibatkan terjadinya konsentrasi tegangan dan membuat pergeseran pada plat maka menyebabkan patah atau putusnya baut. Kerusakan tersebut dapat dilihat seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.2 Jenis kerusakan pada baut

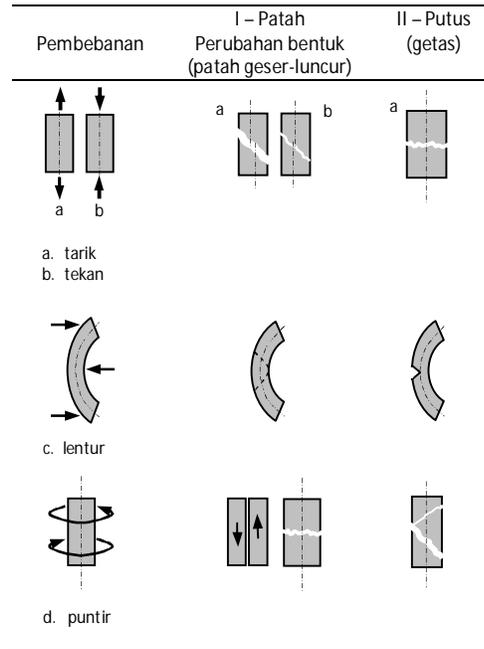
4.4.3 Tipe dan profil dari kepatahan

Untuk menemukan sebab-sebab kepatahan, pengetahuan tentang tipe-tipe kepatahan, profil kepatahan adalah sangat penting. Apakah kepatahan ini disebabkan oleh kekeliruan konstruksi, cara membuatnya atau bahan kerja yang tidak cocok, atau ada hubungannya dengan cara pelayanan yang salah atau kondisi kerja yang luar biasa.

Pertanyaan selanjutnya adalah berapa jauh kesimpulan yang dapat ditarik dari jalanya kepatahan, profilnya dan pengecekan kembali karakteristik bahan kerja. Gambar 2.4 menunjukkan tipe-tipe khas kepatahan dan jalan-jalanya kepatahan tergantung dari macamnya pembebanan gambar a sampai d dan reaksi I dan II dari bahan kerja.

Lebih lanjut dibedakan pula berdasarkan timbulnya kepatahan.

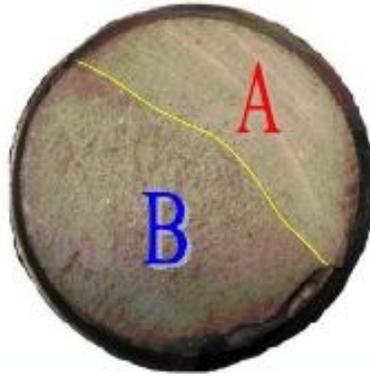
- a. Patah tak terkendali plastis :
Jalannya kepatahan searah dengan tegangan geser, sesuai dengan kolom I. Ini terjadi pada bahan yang liat, bila kekuatan patah statis dilampaui.
- b. Patah tak terkendali getas :
Jalannya kepatahan searah dengan tegangan normal, sesuai dengan kolom II. Kepatahan ini timbul pada bahan kerja yang getas atau karena pengaruh suhu tinggi yang membuat bahan kerja menjadi getas. Juga terjadi pada komponen yang konstruksinya tidak memungkinkan untuk memuai yang menyebabkan tegangan kekuatan patah statis dilampaui.
- c. Patah kekal :
Patahan yang terjadi searah tegangan normal, sesuai dengan kolom II. Kepatahan ini timbul karena kekuatan kekal yang disebabkan oleh takik (tegangan puncak) menjadi menurun dilampaui. Menjalarnya kepatahan kekal seringkali dapat dikenal dari tanda garis keretakan dan patah tak terkendali pada permukaan yang kasar.



Gambar 4.3 Tipe-tipe kepatahan secara skematis tergantung dari jenis pembebanan dan reaksi dari bahan kerja.

Bentuk permukaan patah baut dari gambar 2.7 dapat dilihat bentuk permukaan patah dari baut pengunci *girth-gear kiln*, bagian A adalah bentuk patahan akibat beban bolak-balik yaitu patah lelah dan pada bagian B merupakan patah getas. Patah getas ini terjadi karena baut tidak lagi mampu menahan beban yang bekerja setelah terjadinya awal patahan (patah lelah).

Garis berwarna kuning merupakan batas antara patah lelah dengan patah getas. Semakin besar daerah B berarti material yang digunakan adalah material yang semakin getas dan semakin tidak mampu menahan beban bolak-balik yang bekerja. Begitu juga sebaliknya, semakin besar daerah A maka material tersebut akan semakin mampu untuk menahan beban bolak-balik yang bekerja (Devi et. al 2010).

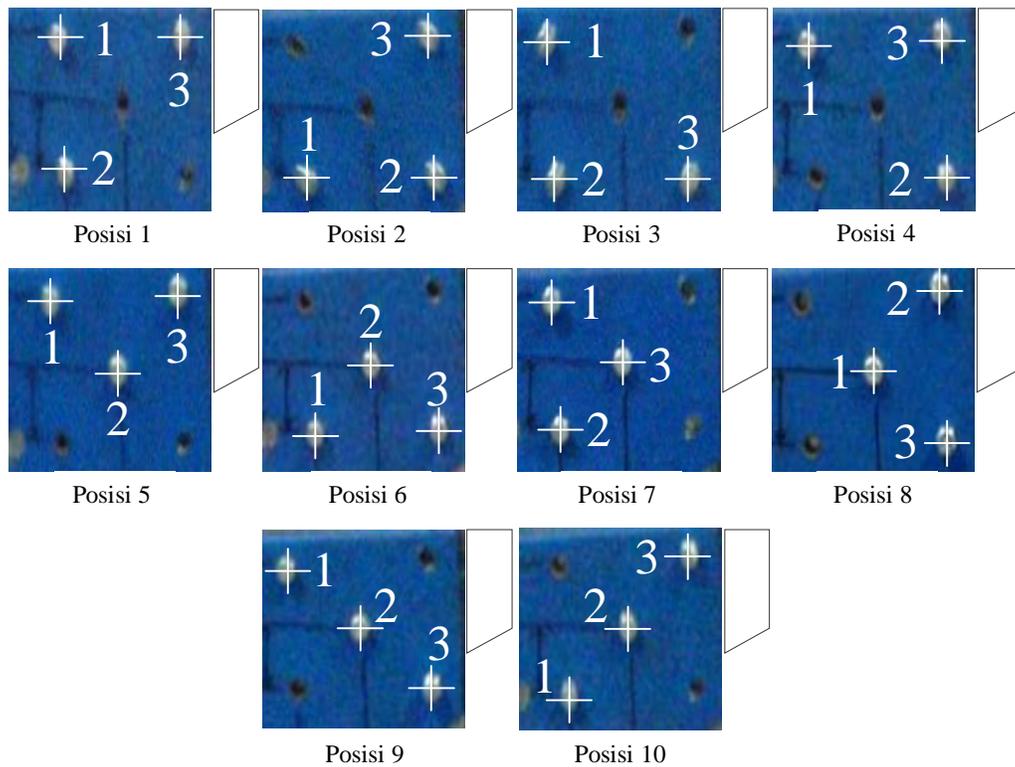


Gambar 4.4 Bentuk permukaan patah pada baut akibat beban geser

Sumber : Devi et. al 2010

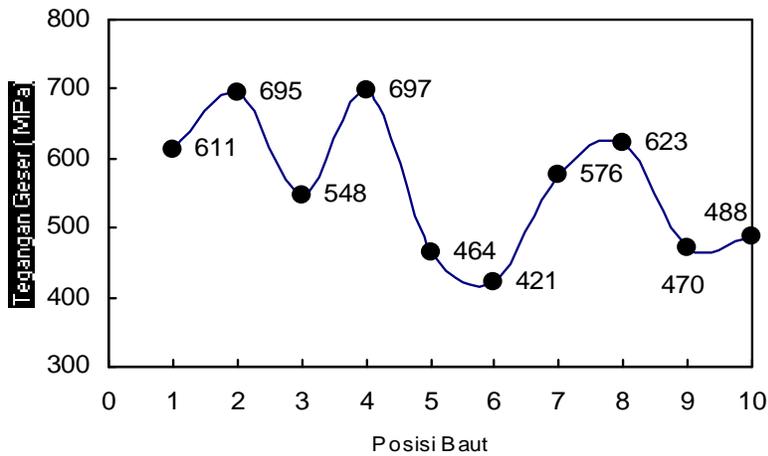
4.2 Susunan posisi baut dan tegangan geser yang optimal menerima tegangan (kasus penelitian).

Pada gambar 2.8 menunjukkan 10 macam susunan atau posisi masing-masing baut untuk mendapatkan kondisi posisi yang optimal dalam menerima tegangan geser. Kondisi ini dipilih adalah dibatasi hanya untuk pengujian pada tiga buah baut. Berdasarkan data hasil pengujian, bahwa rata-rata baut mengalami tegangan geser pada area dekat dengan lengan pemberian beban/gaya. Dari gambar 4.5 pada umumnya baut 3 mengalami tegangan geser terlebih dahulu. Data hasil pengujian dari posisi 1 hingga 10 telah disimpulkan dan dapat dilihat pada Tabel 2.2



Gambar 4.5 Susunan posisi baut

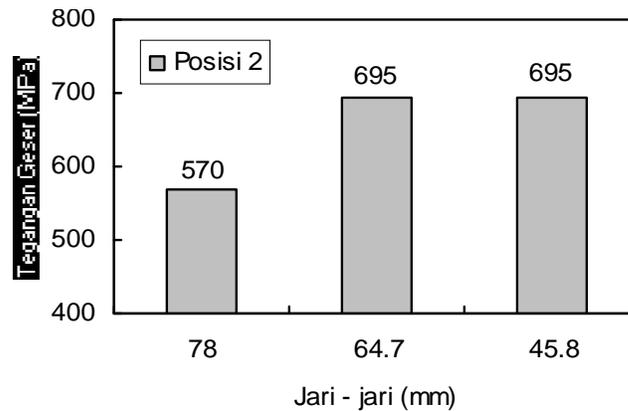
Pada grafik hubungan posisi baut dengan tegangan geser pada gambar 4.6 terdilihat bahwa pada posisi baut 2 dan 4 mengalami tegangan geser terbesar disebabkan karena pemberian beban yang besar oleh gaya (F), dimana tegangan geser pada posisi baut 2 adalah sebesar 695 MPa dan tegangan geser pada posisi baut 4 adalah sebesar 697 MPa. Posisi baut 6 mengalami tegangan geser paling rendah sebesar 421 MPa dan ini merupakan posisi yang paling kecil menerima tegangan geser yang disebabkan oleh karena pemberian beban yang kecil pula.



Gambar 4.6 Grafik hubungan posisi baut dengan tegangan geser

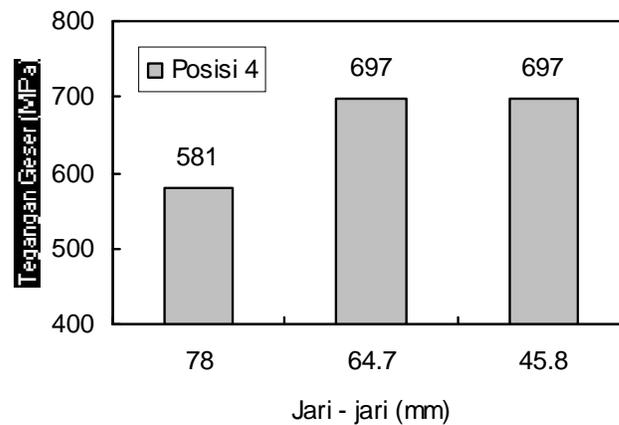
Dalam hal ini semakin besar tekanan yang diberikan maka semakin besar pula tegangan geser yang dialami oleh baut dan sebaliknya semakin kecil tekanan yang diberikan semakin kecil tegangan geser yang dialami oleh baut. Besar kecilnya tekanan yang diberikan oleh gaya tekan maka akan mempengaruhi tegangan geser yang terjadi pada baut.

Posisi baut yang optimal menerima tegangan geser pada konstruksi sambungan baut pada pengujian ini adalah pada posisi 2 dan posisi 4. Pada posisi ini, baut akan mengalami putus setelah diberikan beban tekan yang lebih besar, sehingga tegangan geser yang dialami baut juga akan semakin besar. Hal ini dapat dilihat pada grafik hubungan jari-jari dengan tegangan geser seperti pada gambar 4.7



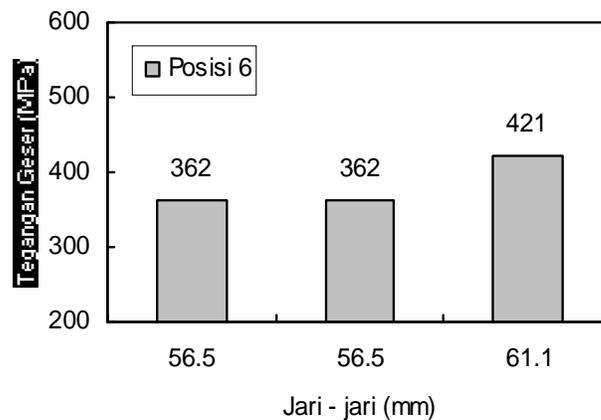
Gambar 4.7 Grafik hubungan jari-jari (r) dengan tegangan geser posisi 2

Pada posisi 2 ini adalah posisi yang optimal (terkuat) dalam menerima tegangan geser, baut yang mengalami putus adalah baut 3 dan baut 2 pada saat bersamaan dengan tegangan geser sebesar 695 MPa dan pada jari-jari terkecil, ini disebabkan karena saat baut mengalami putus akibat daerah baut yang dekat ke daerah penekanan.



Gambar 4.8 Grafik hubungan jari-jari dengan tegangan geser posisi 4

Kondisi yang sama juga terjadi pada posisi 4, pada posisi ini juga merupakan posisi yang optimal (terkuat), dimana tegangan geser yang terjadi adalah sebesar 697 MPa.



Gambar 4.9 Grafik hubungan jari-jari (r) dengan tegangan geser posisi 6

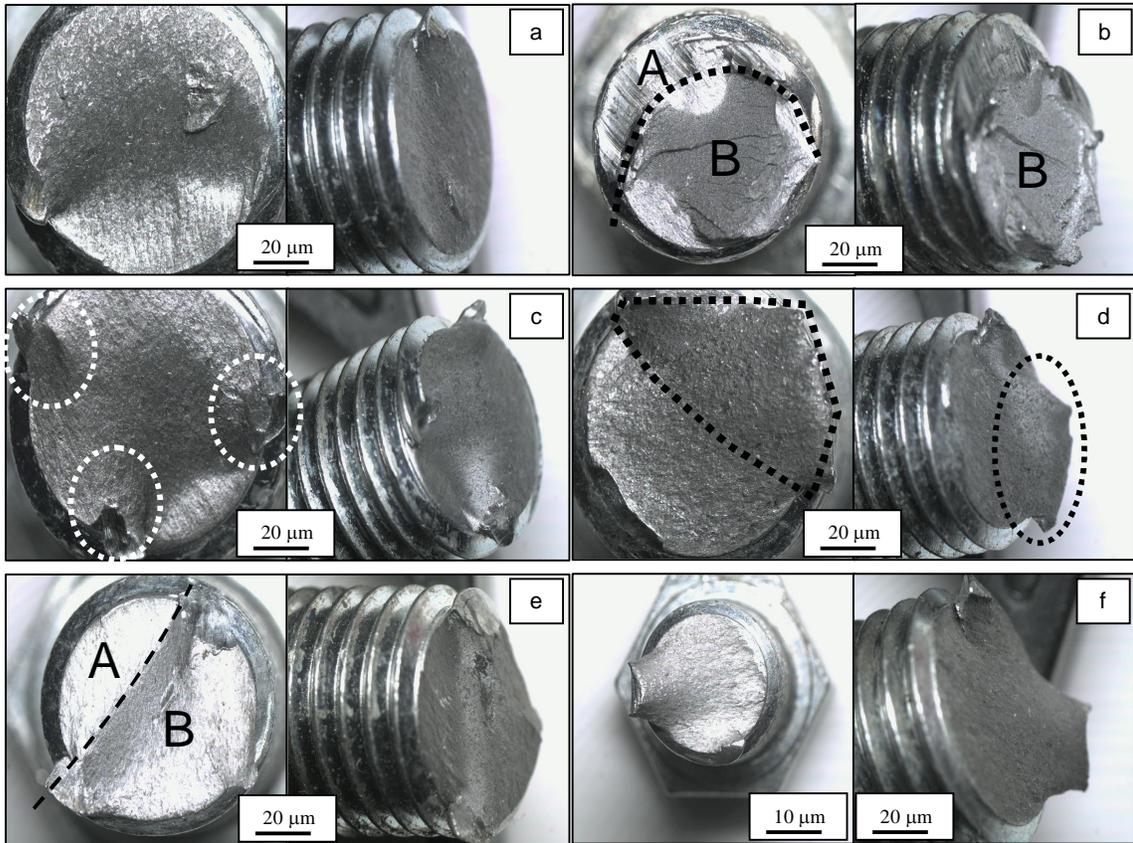
Pada posisi baut 6 menerima tegangan terkecil yaitu sebesar 382 MPa, pada posisi ini tidak optimal (*terlemah*) menerima tegangan geser karena baut putus saat tekanan yang diberikan kecil sehingga baut akan mengalami cepat mengalami putus.

4.3 Analisa hasil permukaan patah beberapa posisi baut (*fracture surface*)

Pada gambar 2.10 dibawah ini adalah makrostruktur dari hasil observasi mikroskop optik permukaan patah untuk beberapa buah sampel baut. Gambar 2.10 (a) adalah makrostruktur pada baut 3 posisi 6. Dimana tegangan geser yang dihasilkan ialah paling kecil diantara sembilan posisi yang lain, dengan τ sebesar 421 MPa. Gambar juga menunjukkan bahwa bahan mengalami patah getas dengan permukaan patah hampir merata. Semakin besar patah getas berarti material yang digunakan adalah materialnya getas dan semakin tidak mampu untuk menahan beban besar yang bekerja.

Gambar 2.10 (b) adalah makrostruktur hasil pengujian baut pada posisi 2 baut 3. Gambar tersebut menunjukkan bahwa patah geser yang terjadi adalah sebagian bersifat ulet dimana permukaan patah bahan tidak merata dan berbentuk *necking*. Tegangan geser yang dihasilkan pada posisi 2 baut 2 & 3 ini adalah 695 MPa. Garis putus-putus merupakan batas antara patah lelah (A) dengan patah getas (B). Semakin besar daerah B berarti material baut adalah material yang semakin getas dan semakin tidak mampu menahan beban searah yang besar. Begitu juga sebaliknya, semakin besar daerah A maka bahan baut tersebut akan semakin mampu untuk menahan beban yang bekerja. Posisi 2 ini adalah salah satu posisi yang optimal dalam menghasilkan tegangan geser pada baut.

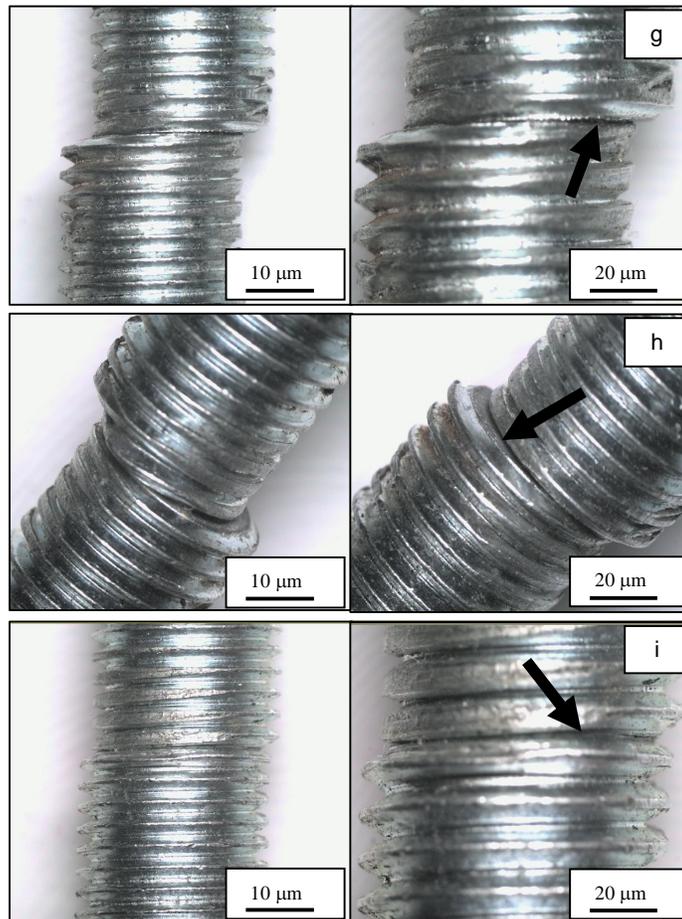
Gambar 2.10 (c) adalah makrostruktur hasil pengujian baut pada posisi 1 baut 3. tegangan geser baut 3 yang terjadi ialah 611 MPa. Hasil patahan menunjukkan bahwa bahan baut tersebut memiliki sifat ulet yang ditandai oleh patahan yang berbentuk tiga buah patah *necking* dari permukaannya.



Gambar 2.10 Hasil observasi mikroskop optik permukaan patah baut ; (a). Posisi 6 baut 3, Posisi 2 baut 3, (c). Posisi 1 baut 3, (d). Posisi 8 baut 3, (e). Posisi 7 baut 3, (f). Posisi 4 baut 3.

Sementara itu, gambar 2.10 (d) adalah permukaan patah untuk posisi 8 baut 3. Tegangan geser (τ) yang dihasilkan sebesar 623 MPa pada baut 3. Baut 3 pada posisi 8 ini putus pada tekanan 161 kg/cm². Bentuk patah yang terjadi sebagian bahan baut adalah patah getas dan patah lelah/ulet seperti yang ditunjukkan dalam tanda garis lingkaran putus-putus.

Pada gambar 2.10 (e) patah geser yang terjadi hampir sama dengan gambar 2.10 (b), sebagian bersifat patah lelah dan getas. Tegangan geser pada posisi 7 baut 3 adalah sebesar 576 MPa. Garis putus-putus juga merupakan batas antara patah lelah (A) dengan patah getas (B). Baut 3 pada posisi 7 ini putus pada tekanan 135 kg/cm². Gambar 2.10 (f) adalah juga merupakan posisi yang optimum dalam menerima gaya/tegangan geser disamping posisi 2. *Necking* yang dihasilkan mampu menghasilkan tegangan geser yang besar, sehingga baut pada posisi ini putus pada tekanan 275 kg/cm².



Gambar 2.11 Pergeseran baut dalam menerima gaya.

Gambar 2.11 Menunjukkan morfologi baut yang menerima gaya geser sebelum baut mengalami patah geser. Gambar 2.11 g-h-i adalah posisi 6 baut 2 (i), posisi 2 baut 1 (g) dan posisi baut 1 (h). Seperti yang terlihat tanda panah untuk semua gambar, pergeseran baut adalah patah getas sehingga menghasilkan patah permukaan rata.

Tabel 4.2 Data pengujian tegangan geser

Posisi Baut	Susunan	Jari-jari r (mm)	Tegangan Geser Rata-rata perbaut (MPa)	Keterangan
Posisi 1				
- Baut 1	● ¹ 3 ●	45,4	525	Baut 3 putus pada tekanan 212 kg/cm ²
- Baut 2	● ²	64,7	525	
- Baut 3		78	611	
Posisi 2				
- Baut 1		78	570	Baut 2 & 3 putus pada tekanan 274 kg/cm ²
- Baut 2	● ¹ 2 ●	64,7	695	
- Baut 3		45,8	695	
Posisi 3				
- Baut 1	● ¹	64,7	468	Baut 3 putus pada tekanan 190 kg/cm ²
- Baut 2	● ² 3 ●	45,8	468	
- Baut 3		78	548	
Posisi 4				
- Baut 1	● ¹ 3 ●	78	581	Baut 2 & 3 putus pada tekanan 275 kg/cm ²
- Baut 2		64,7	697	
- Baut 3	2 ●	45,8	697	
Posisi 5				
- Baut 1	● ¹ 3 ●	56,6	399	Baut 3 putus pada tekanan 154 kg/cm ²
- Baut 2	2 ●	56,6	399	
- Baut 3		61,1	464	
Posisi 6				
- Baut 1		56,5	362	Baut 3 putus pada tekanan 140 kg/cm ²
- Baut 2	● ¹ 3 ●	56,5	362	
- Baut 3		61,1	421	
Posisi 7				
- Baut 1	● ¹	43,9	517	Baut 3 putus pada tekanan 135 kg/cm ²
- Baut 2	● ² 3 ●	43,9	517	
- Baut 3		54,2	576	
Posisi 8				
- Baut 1		43,9	556	Baut 3 putus pada tekanan 161 kg/cm ²
- Baut 2	1 ● ² 3 ●	43,9	556	
- Baut 3		54,3	623	
Posisi 9				
- Baut 1	● ¹	68,5	396	Baut 3 putus pada tekanan 181 kg/cm ²
- Baut 2	● ² 3 ●	68,5	396	
- Baut 3		68,5	470	
Posisi 10				
- Baut 1		68,5	411	Baut 3 putus pada tekanan 188 kg/cm ²
- Baut 2	2 ● ³ ●	68,5	411	
- Baut 3	● ¹	68,5	488	

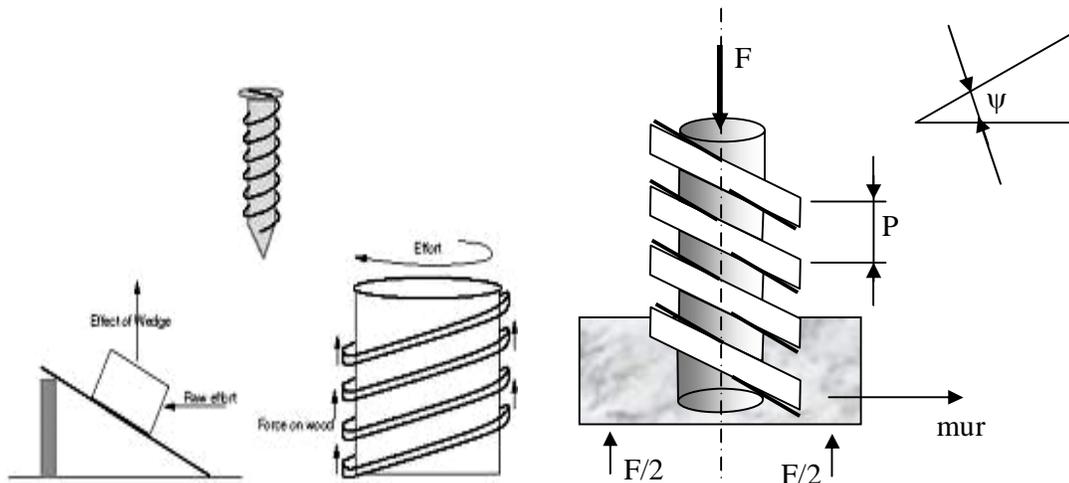
Beberapa hasil eksperimen ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Besarnya tekanan yang diberikan oleh gaya tekan akan mempengaruhi tegangan geser yang dialami oleh baut. Semakin besar tekanan semakin besar tegangan geser dan sebaliknya semakin kecil tekanan, tegangan geser yang dialami pun semakin kecil.
2. Baut yang putus geser tergantung dari besarnya gaya penekanan dan Baut akan putus lebih dekat ke pusat penekanan.
3. Posisi baut yang optimal menerima gaya geser adalah posisi baut 2 dan baut 4.
4. Posisi baut yang kurang optimal menerima gaya geser adalah pada posisi 6 dengan tegangan geser terkecil sebesar 421 MPa.

4.4 Ulir Pengangkat (*Power Screw*)

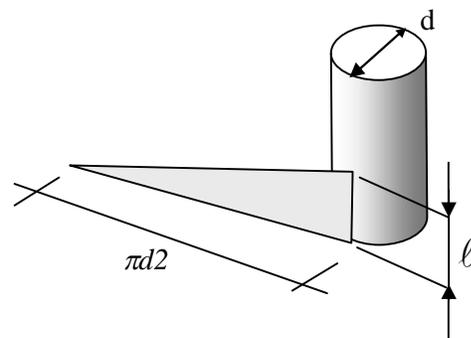
Ulir pengangkat dipakai pada permesinan untuk mengubah gerakan angular menjadi gerakan linier, contohnya pada mesin bubut dan dongkrak mobil. Gambar skematis dari pemakaian ulir pengangkat seperti dibawah ini :

Dimensi ulir pengangkat :

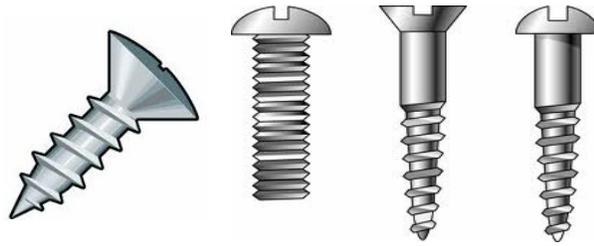


Gambar 2.12 Skematis dari pemakaian ulir pengangkat

Bentuk ulir dapat terjadi bila sebuah lembaran berbentuk segi tiga digulung pada sebuah silinder, seperti pada gambar 2.13. Dalam pemakaian, ulir selalu bekerja dalam pasangan antara ulir luar dan ulir dalam. Ulir pengikat pada umumnya mempunyai profil penampang berbentuk *segi tiga sama kaki*. Jarak antara satu puncak dengan puncak berikutnya dari profil ulir disebut *jarak bagi*.

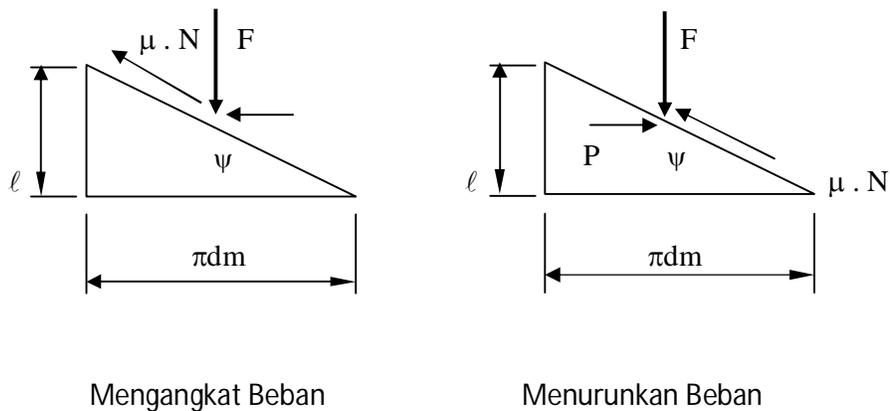


Gambar 2.13 Bentuk dasar sebuah ulir



Gambar 2.14 Jenis-jenis Ulir (*screw*)

Ulir tersebut mendapat gaya tekan F . Diperlukan hubungan untuk torsi yang dibutuhkan untuk *menaikkan* atau *menurunkan* beban. Misalkan kita ambil satu ulir yang dipanjangkan untuk satu putaran.



Gaya gesek, μN : bekerja berlawanan arah dengan arah gerakan.

Untuk menaikkan Beban :

$$\Sigma F_H = P - N \sin \psi - \mu N \cos \psi = 0$$

$$\Sigma F_v = F + \mu N \sin \psi - N \cos \psi = 0$$

Untuk Menurunkan Beban :

$$\Sigma F_H = -P - N \sin \psi + \mu N \cos \psi = 0$$

$$\Sigma F_v = F - \mu N \sin \psi - N \cos \psi = 0$$

dengan mengeliminasi N , maka :

Untuk menaikkan Beban :

$$P = \frac{F(\sin \psi + \mu \cos \psi)}{\cos \psi - \mu \sin \psi}$$

Untuk Menurunkan Beban :

$$P = \frac{F(\mu \cos \psi - \sin \psi)}{\cos \psi - \mu \sin \psi}$$

Penyebut dan pembilang dibagi oleh $\cos \psi$ dan dengan menggunakan hubungan $\tan \psi$

$$= \frac{\ell}{\pi dm} \text{ maka :}$$

$$P = \frac{F\left(\frac{\ell}{\pi dm} + \mu\right)}{1 - \left(\frac{\ell \mu}{\pi dm}\right)}$$

$$P = \frac{F\left(\mu - \left(\frac{\ell}{\pi dm}\right)\right)}{1 + \left(\frac{\ell \mu}{\pi dm}\right)}$$

Dengan menggunakan hubungan $T = P \left(\frac{dm}{2}\right)$, maka :

$$T = \left(\frac{Fdm}{2}\right)\left(\frac{\ell + \pi \mu dm}{\pi dm - \mu \ell}\right) \dots\dots\dots(1)$$

T = torsi yang dibutuhkan untuk mengatasi gesekan dan mengangkat beban .

Untuk Menurunkan Beban :

$$T = \frac{Fdm}{2}\left(\frac{\pi \mu dm + \ell}{\pi dm - \mu \ell}\right) \dots\dots\dots(2)$$

(Torsi ini dibutuhkan untuk mengatasi sebagian dari gesekan pada waktu menurunkan beban).

Dapat terjadi bahwa : beban besar atau gesekan kecil, sehingga beban akan turun dengan sendirinya dan menyebabkan ulir berputar dengan sendirinya, dalam hal ini $T \leq 0$. Jika $T > 0$ pada persamaan (2) maka ulirnya di sebut " *self-locking* " .

Untuk " *self-locking* " :

$$\pi \mu dm \geq \ell$$

$$\left(\frac{\pi \mu dm}{\pi dm}\right) \geq \frac{\ell}{\pi dm}$$

$$\mu \geq \tan \psi$$

untuk ulir pengangkat ini dikenal istilah "efisiensi " jika $\mu = 0 \rightarrow T_o = \frac{F\ell}{2\pi}$ (pers.1)

(torsi hanya untuk menaikkan beban)

$$\text{Efisiensi : } e = \frac{T_o}{T} = \frac{F\ell}{2\pi T}$$

Untuk menaikkan Beban :

$$T = \frac{Fdm}{2} \left(\frac{\ell + \pi\mu dm \sec \alpha}{\pi dm - \mu \ell \sec \alpha} \right)$$

Soal :

Pada sebuah batang *Cantilever* : (*Secara Matematis*)

Diketahui : $P = 10 \text{ ton} = 10.000 \text{ kg}$

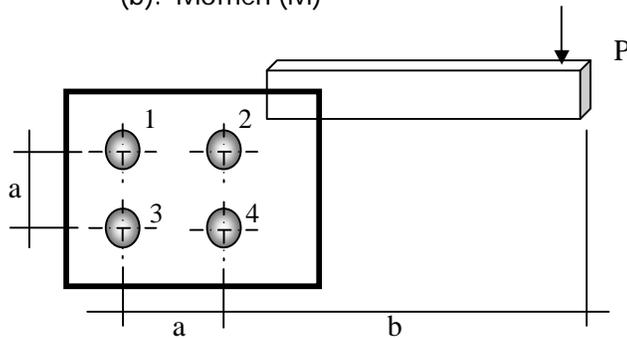
$$a = 18 \text{ cm}$$

$$b = 30 \text{ cm}$$

Baut 1, 2, 3 dan 4 = M12 x 1,75

Ditanya : (a). r (resultan)

(b). Momen (M)



Pembahasan :

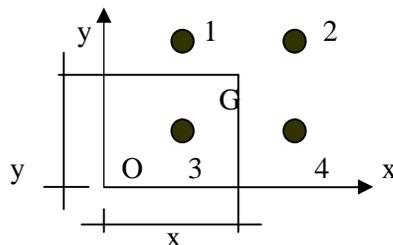
(a). Agar batang P tidak melengkung / bengkok ke bawah, maka diberi gaya momen.

$$M = \text{Gaya} \times \text{jarak} \rightarrow M = P \times L$$

$$M = P (b + \frac{1}{2}a)$$

Mencari titik momen / titik berat dari sekelompok baut (*cancroids*) :

Free body diagram.



$$x = \frac{(x1.A1) + (x2.A2) + (x3.A3) + (x4.A4)}{A1 + A2 + A3 + A4}$$

$$y = \frac{(y1.A1) + (y2.A2) + (y3.A3) + (y4.A4)}{A1 + A2 + A3 + A4}$$

Catatan : x i dan y i adalah jarak dari masing-masing titik pusat baut.

Mencari harga x dan y pada jarak yang telah ditentukan :

$$x_1 = 0 \text{ cm} \quad y_1 = 18 \text{ cm}$$

$$x_2 = 18 \text{ cm} \quad y_2 = 18 \text{ cm}$$

$$x_3 = 18 \text{ cm} \quad y_3 = 0 \text{ cm}$$

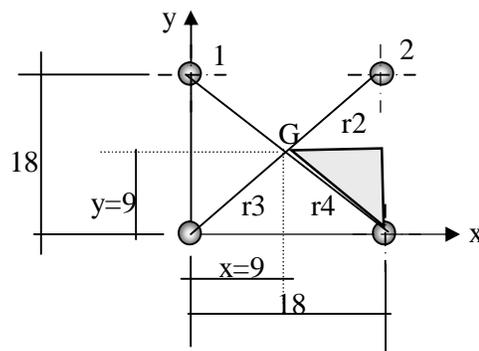
$$x_4 = 0 \text{ cm} \quad y_4 = 0 \text{ cm}$$

luas penampang masing-masing baut (A) :

$$\begin{aligned} A1 = A2 = A3 = A4 &= \frac{\pi}{4}(d^2) \\ &= \frac{3,14}{4}(12^2) \\ &= 113,04 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

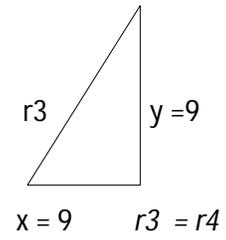
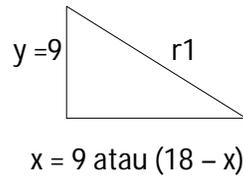
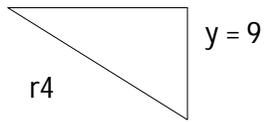
$$\text{Jadi harga : } x = 9 \text{ cm}$$

$$y = 9 \text{ cm}$$



mencari luas segi tiga dengan menggunakan Dalil Phytagoras : $A^2 = \sqrt{B^2 + C^2}$

jadi: $x = 9$ atau $(18 - x)$



$$\begin{aligned} r1 = r2 = r3 = r4 &= \sqrt{9^2 + 9^2} \\ &= \sqrt{81 + 81} \\ &= 12,72 \text{ cm} \end{aligned}$$

(b). Momen (M) : $M = P (9 + b)$

$$M = 10.000 \text{ kg} (9 \text{ cm} + 30 \text{ cm})$$

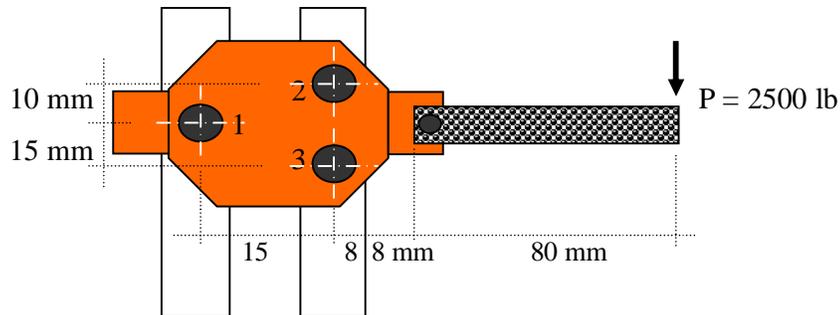
$$M = 39.000 \text{ kg.cm}$$

$$1 \text{ ton} = 1000 \text{ kg}$$

$$10 \text{ ton} = 10.000 \text{ kg}$$

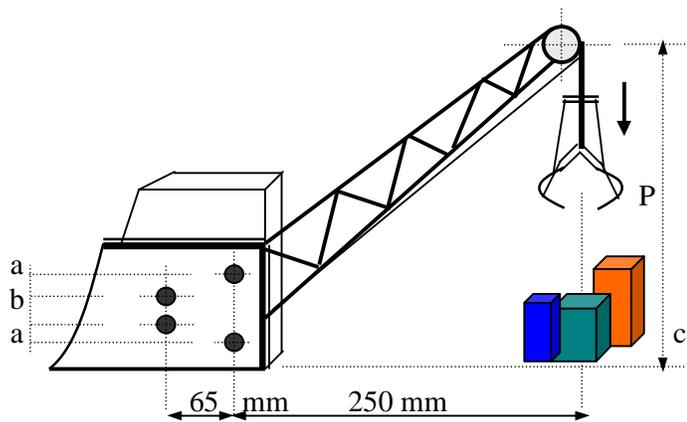
Latihan :

1.



Baut yang digunakan : baut 1 = M12 dan baut 2 & 3 = M15, dengan diberi pembebanan P sebesar 2500 pound (lb). Tentukanlah Resultan masing-masing baut dan Momen yang terjadi.
(jawab : $M = 103737 \text{ Kg.mm}$)

2.

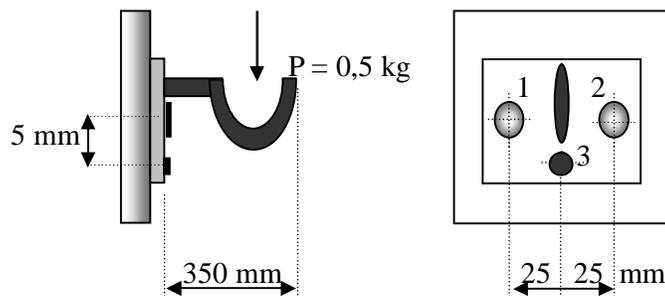


Diketahui :

Berat Crane $P = 65 \text{ lb}$
 Baut 1&2 = M10 x 1,25
 Baut 3&4 = M15 x 1,25
 $a = 25 \text{ mm}$
 $b = 60 \text{ mm}$
 $c = 300 \text{ mm}$

Tentukan : (a). R
 (b). M

3.



Sebuah gantungan celana (kait) di bautkan pada sebuah papan. Panjang dari gantungan tersebut adalah 350 mm, dimana gantungan ini akan digantung sebuah celana *LEVIS 999* yang beratnya 0,5 kg pada 3 buah baut yang diameternya berbeda. Hitunglah momen yang terjadi pada ketiga baut tersebut.

Catatan : Baut 1 & 2 = M8 dan Baut 3 = M5