

## Pengaruh Posisi Terhadap Kekuatan Baut dan Gaya Geser Ditinjau dari Morfologi *Fracture Surface* pada Sambungan Plat

Nofriady Handra

Jurusan Teknik Mesin – Institut Teknologi Padang  
Jl. Gajah Mada Kandis Nanggalo, Padang - 25143  
Telp.: 0751-443317, Fax: 0751-443317  
E-mail: nofriady\_handra@yahoo.com

### Abstract

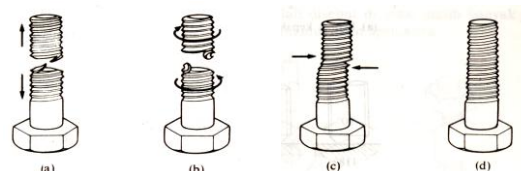
*Bolt extension as link which do not destroy connective by component at process unload tide used many in so many industrial area like at bridge construction, building construction and various appliance of engine tool. Usage of amount 3 (bolt fruit three) at 5 (standard hole five) at one particular extension construction can be seen at tacking on two plate with bevel form at building roof construction. If usage more at one particular construction extension hence will have an in with wide of section, apart between hole at each bolt as well as its esthetics value. Formation arrange situation an bolt extension at one particular construction very having an effect on to failure of extension construction, is in this case done conducted by examination to an extension construction by 3 bolt fruit at 10 position differ from the target of searching optimal position in accepting style shift at bolt extension construction used by bolt is galvanic type have full of thread to. Is later got by tension value shift at each bolt and got by optimal position (strong position) and weak position from 10 existing position in accepting style shift [at] extension construction. Optimal position in this experiments are position 2 and 4. The position not optimal is position 6.*

**Keywords:** fracture surface, bolt, optimal position of bolt, deformation.

### 1. PENDAHULUAN

Baut merupakan bagian dari komponen permesinan dan banyak digunakan sebagai pengikat / penyambung antara dua elemen disamping sambungan las dan keling. Dalam penggunaannya, sambungan baut banyak dipakai seperti pada konstruksi jembatan, komponen permesinan, konstruksi bangunan, otomotif, kendaraan berat, dan sebagainya. Umumnya, baut akan mengalami beberapa bentuk pembebanan yang terjadi, seperti ; beban puntir, beban geser, dan beban tarik, tergantung dari beban yang diterimanya, sehingga baut akan mengalami rusak [4].

Dalam beberapa pengujian, kerusakan disebabkan oleh pemberian beban tekan sehingga pembebanan terjadi pada baut yang dipasangkan pada plat mengakibatkan terjadinya konsentrasi tegangan dan membuat pergeseran pada plat maka menyebabkan terjadinya patah atau putus pada baut [1]. Kerusakan tersebut dapat dilihat seperti gambar 1.

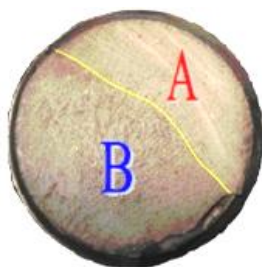


Gambar 1. Jenis kerusakan pada baut

Dalam konstruksi sambungan baut, biasanya untuk mendapatkan kekuatan sambungan yang baik diperlukan susunan atau posisi baut yang disesuaikan dengan beban yang diterimanya. Jika beban yang diberikan lebih besar dari kekuatan baut maka sambungan akan mengalami berbagai bentuk kegagalan atau deformasi. Deformasi tersebut dapat berupa putus karena tarikan, puntiran, geser pada baut.

Dalam kajian yang dijalankan oleh Devi et. al 2010 menyatakan, bentuk permukaan patah baut adalah bentuk patahan akibat beban bolak-balik yaitu patah lelah dan patah getas [2]. Patah getas ini terjadi karena baut tidak lagi mampu menahan

beban yang bekerja setelah terjadinya awal patahan (patah lelah) 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 [2].



Gambar 2. Permukaan patah baut akibat beban geser

Sehubungan penjelasan diatas, posisi letak baut salah satunya akan berpengaruh terhadap kualitas sambungan dan kekuatannya, maka dari itu dilakukan kajian terhadap posisi baut yang optimal yang akan mengalami kegagalan terlebih dahulu dan selanjutnya melakukan observasi dengan melihat permukaan patah bahan (*fracture surface*).

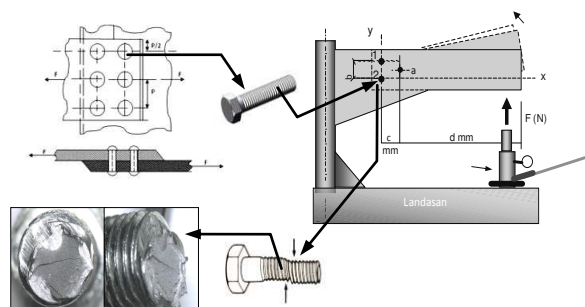
Objektif kajian adalah :

1. Menganalisa hasil dari patahan geseran baut dengan melihat morfologi permukaan patah (*fracture surface*) yang terjadi.
2. Mengetahui fenomena-fenomena yang terkait dalam proses terjadinya pembebanan yang berat terhadap kelompok baut.
3. Mendapatkan kondisi susunan yang optimal dari berbagai proses pengujian posisi baut.

## 2. PROSEDUR PERCOBAAN

Prosedur eksperimen terdiri dari aspek peralatan dan persiapan bahan. Metoda yang digunakan dalam kajian ini dan untuk memudahkan dalam penganalisaannya, maka

digunakan metoda eksperimen pada beberapa kelompok baut dengan posisi bervariasi dan diberi gaya penekanan pada baut, seperti ilustrasi yang di tunjukkan pada gambar 3.

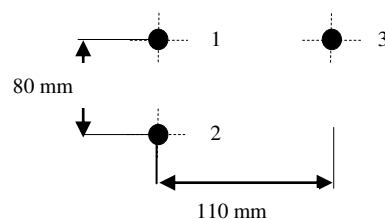


Gambar 3. Prosedur eksperimen kajian

Disamping itu, peralatan untuk melihat hasil patahan atau geseran baut adalah menggunakan Mikroskop Optik (OM) jenis Olympus BX 51M, dongkrak hidrolik kapasitas 5 ton yang dilengkapi dengan alat ukur *Pressure Gauge*, Baut  $M_{14}$  masing-masing 30 buah untuk 10 variasi susunan/posisi pengujian dan plat geser. Bahan baut adalah jenis galvanis ulir penuh dan satu posisi terdiri dari tiga susunan baut yang bervariasi satu sama lainnya.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam analisa, perhitungan data yang diambil adalah hasil pengujian pada contoh posisi baut I pada Percobaan 1, dan untuk hasil perhitungan data yang lain dengan cara yang sama seperti perhitungan percobaan 1 dapat dilihat dalam tabel 1.



Jarak titik sumbu,

$$\begin{array}{ll} x_1 = 0 \text{ mm} & y_1 = 80 \text{ mm} \\ x_2 = 0 \text{ mm} & y_2 = 0 \text{ mm} \\ x_3 = 110 \text{ mm} & y_3 = 80 \text{ mm} \end{array}$$

dimana nilai  $A_1 = A_2 = A_3$

$$A = \frac{\pi}{4} (d)^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

Untuk mencari titik berat posisi baut dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut [6] :

$$\bar{x} = \frac{(x_1 \cdot A_1) + (x_2 \cdot A_2) + (x_3 \cdot A_3) + \dots}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots} \quad (1)$$

$$\bar{x} = 36,7 \text{ mm}$$

dan,

$$\bar{y} = \frac{(y_1 \cdot A_1) + (y_2 \cdot A_2) + (y_3 \cdot A_3) + \dots}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots} \quad (2)$$

$$\bar{y} = 53,3 \text{ mm}$$

Jadi titik berat  $(x ; y) = (36,7 ; 53,3)$ .

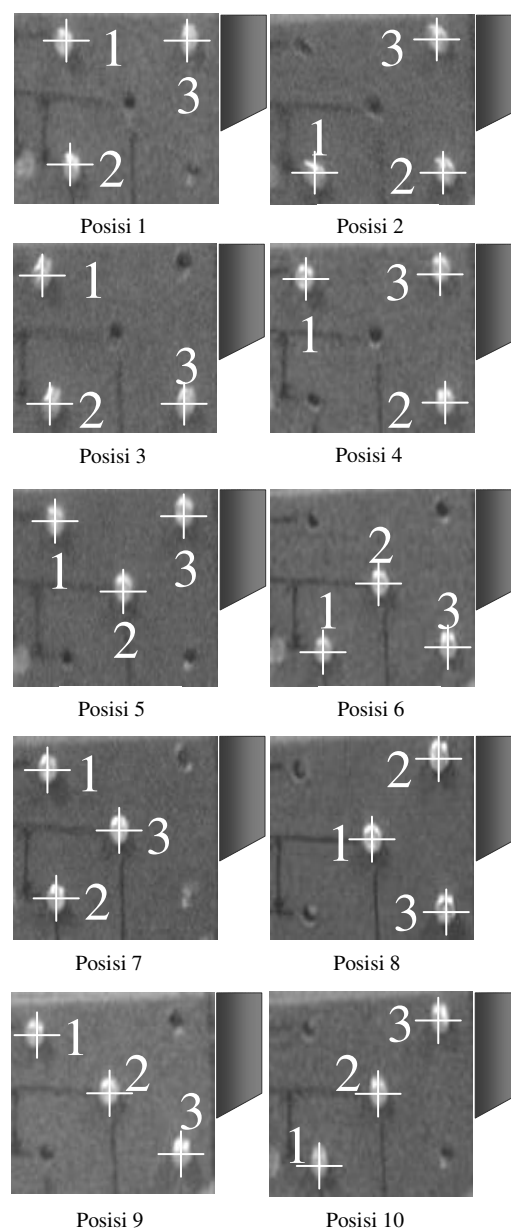
Jadi jarak titik berat dari masing-masing titik baut pada gambar dapat ditentukan dengan persamaan :

$$A^2 = B^2 + C^2$$

Jarak yang paling jauh dari titik pusat akan menerima beban geser terbesar.

### 3.1. Susunan posisi baut dan tegangan geser

Pada gambar 4 menunjukkan 10 jenis susunan posisi masing-masing baut untuk mendapatkan kondisi 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. Umumnya baut 3 mengalami tegangan geser lebih dahulu. Data hasil pengujian dari posisi 1 hingga 10 telah disimpulkan dan dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 4. Variasi susunan posisi baut pada plat geser.

Pada grafik hubungan posisi baut dengan tegangan geser pada gambar 5, terlihat 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 sebesar 695 MPa dan tegangan geser pada posisi baut

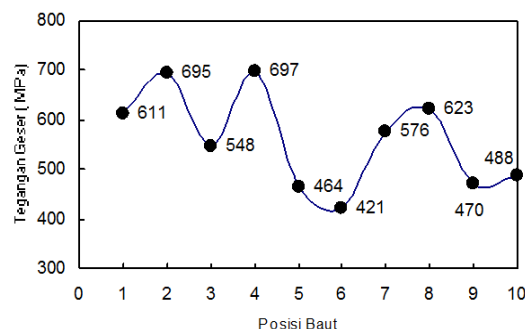
4 sebesar 697 MPa. Posisi baut 6 mengalami tegangan geser paling rendah sebesar 421 MPa dan ini merupakan posisi yang paling kecil menerima tegangan geser yang disebabkan oleh karena pemberian beban yang kecil pula.

Tabel 1. Data pengujian tegangan geser baut

Posisi Baut	Susunan	Jari-jari r (mm)	Teg. Geser Rata-rata per-baut (MPa)	Ket. (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>Posisi 1</b>				
- Baut 1	● 3 ●	45,4	525	Baut 3 putus pd tekanan 212
- Baut 2	● 2	78	611	
- Baut 3				
<b>Posisi 2</b>				
- Baut 1	3 ●	78	570	Baut 2 & 3 putus pada tekanan 274
- Baut 2		64,7	695	
- Baut 3	● 1 2 ●	45,8	695	
<b>Posisi 3</b>				
- Baut 1	● 1	64,7	468	Baut 3 putus pd tekanan 190
- Baut 2		45,8	468	
- Baut 3	● 3 ●	78	548	
<b>Posisi 4</b>				
- Baut 1	● 1 3 ●	78	581	Baut 2 & 3 putus pada tekanan 275
- Baut 2		64,7	697	
- Baut 3	2 ●	45,8	697	
<b>Posisi 5</b>				
- Baut 1	● 1 3 ●	56,6	399	Baut 3 putus pd tekanan 154
- Baut 2		56,6	399	
- Baut 3	2 ●	61,1	464	
<b>Posisi 6</b>				
- Baut 1	2 ●	56,5	362	Baut 3 putus pd tekanan 140
- Baut 2	1 ● 3 ●	56,5	362	
- Baut 3		61,1	421	
<b>Posisi 7</b>				
- Baut 1	● 1	43,9	517	Baut 3 putus pd tekanan 135
- Baut 2	● 2 ●	43,9	517	
- Baut 3		54,2	576	
<b>Posisi 8</b>				
- Baut 1	2 ●	43,9	556	Baut 3 putus pd tekanan 161
- Baut 2	1 ●	43,9	556	
- Baut 3	3 ●	54,3	623	
<b>Posisi 9</b>				
- Baut 1	● 1	68,5	396	Baut 3 putus pd tekanan 181
- Baut 2	● 3 ●	68,5	396	
- Baut 3		68,5	470	

<b>Posisi 10</b>					
- Baut 1	3 ●	68,5	411	Baut 3 putus pd tekanan 188	
- Baut 2	2 ●	68,5	411		
- Baut 3	● 1	68,5	488		

Gambar 5 menunjukkan grafik hubungan antara posisi baut dengan tegangan geser. Terlihat 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. Disisi lain, 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.

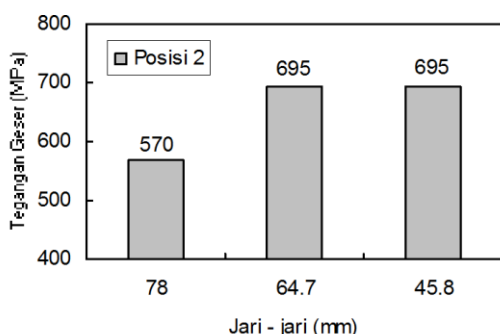


Gambar 5. Grafik hubungan antara posisi baut vs tegangan geser.

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 baut. Besar kecilnya tekanan yang diberikan oleh gaya maka akan mempengaruhi tegangan geser yang terjadi pada baut.

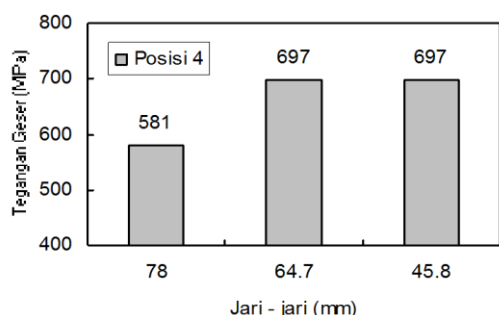
Posisi baut yang optimal menerima tegangan geser pada konstruksi sambungan baut pada pengujian ini adalah pada posisi 2 dan 4. Pada posisi ini, baut akan mengalami putus setelah diberikan beban tekan yang lebih besar, sehingga tegangan geser yang dialami baut juga akan semakin besar. Hal ini

dapat dilihat pada grafik hubungan jari-jari dengan tegangan geser seperti pada gambar 6.



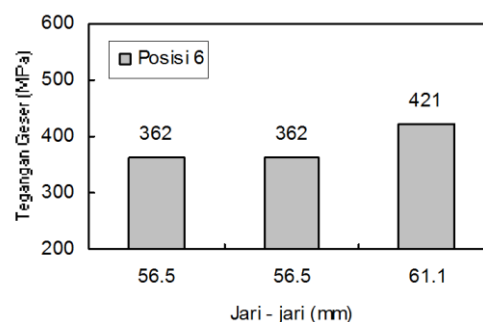
Gambar 6. Grafik hubungan jari-jari ( $r$ ) dengan tegangan geser posisi 2.

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



Gambar 7. Grafik hubungan jari-jari ( $r$ ) 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. 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.



Gambar 8. Grafik hubungan jari-jari ( $r$ ) dengan tegangan geser posisi 6.

### 3.2. Analisa permukaan patah (*fracture surface*)

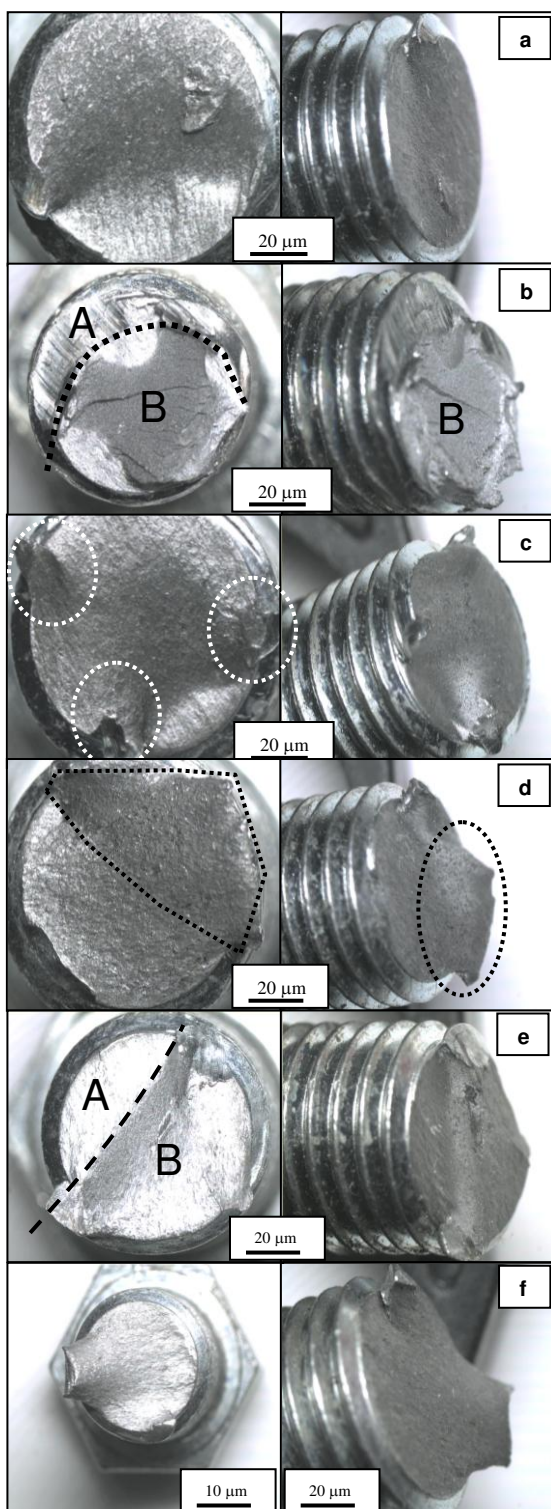
Gambar 9. adalah makrostruktur dari hasil observasi mikroskop optik permukaan patah untuk beberapa buah sampel baut. Gambar 9.(a) adalah makrostruktur baut 3 posisi 6. Dimana tegangan geser yang dihasilkan paling kecil diantara sembilan posisi lain, dengan  $\tau$  sebesar 421 MPa. Gambar tersebut juga menunjukkan bahan mengalami patah getas dengan permukaan patah hampir merata. Semakin besar patah getas berarti material yang digunakan adalah getas dan semakin tidak mampu untuk menahan beban besar yang bekerja.

Gambar 9.(b) makrostruktur hasil pengujian pada posisi 2 baut 3. Gambar tersebut menunjukkan bahwa patah geser yang terjadi adalah sebagian bersifat *ductile* dimana permukaan patah bahan tidak merata dan terbentuk *necking*. Tegangan geser yang dihasilkan pada posisi 2 baut 2 & 3 ini sebesar 695 MPa. Garis putus-putus merupakan batas antara patah lelah (A) dengan patah getas (B). Semakin besar area B berarti material baut adalah material yang getas dan tidak mampu menahan beban searah yang besar. Begitu juga sebaliknya, semakin besar area A maka baut akan mampu untuk menahan beban yang bekerja. Posisi 2 adalah salah satu posisi yang optimal dalam menghasilkan tegangan geser pada baut.

Gambar 9.(c) adalah makrostruktur hasil pengujian pada posisi 1 baut 3. Tegangan geser baut 3 ialah 611 MPa. Hasil patahan menunjukkan bahwa bahan baut memiliki sifat *ductile* yang ditandai dengan patahan



yang berbentuk *necking* dari permukaannya.



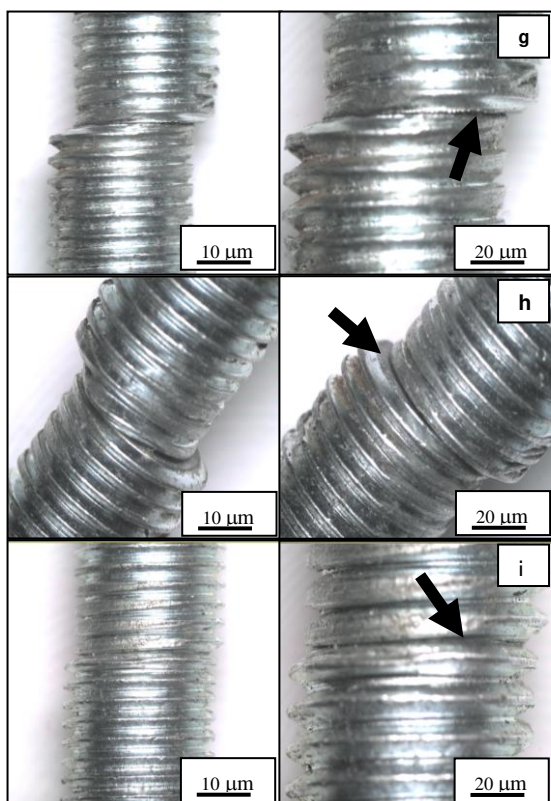
Gambar 9. Hasil observasi mikroskop optik

permukaan patah baut ; (a). Posisi 6 baut 3, (b). 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 9.(d) adalah permukaan patah untuk posisi 8 baut 3. Tegangan geser ( $\tau$ ) yang dihasilkan sebesar 623 MPa pada baut 3. Baut 3 pada posisi 8 putus pada tekanan 161 kg/cm<sup>2</sup>. Bentuk patah yang terjadi sebagian bahan adalah patah getas dan patah lelah/ulet seperti yang ditunjukkan dalam tanda garis lingkaran putus-putus.

Pada gambar 9.(e) patah geser yang terjadi hampir sama dengan gambar 9.(b), sebagian bersifat patah lelah dan getas. Tegangan geser pada posisi 7 baut 3 sebesar 576 MPa. Garis putus-putus juga merupakan batas antara patah lelah (A) dengan patah getas (B). Baut 3 posisi 7 putus pada tekanan 135 kg/cm<sup>2</sup>. Gambar 9.(f) 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/cm<sup>2</sup>.

Gambar 10. Menunjukkan morfologi baut yang menerima gaya geser sebelum baut mengalami patah. Gambar 10 (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 yang terjadi adalah patah getas sebagian yang menghasilkan patah permukaan yang rata.



Gambar 10. Pergeseran baut saat menerima gaya.

#### 4. KESIMPULAN

Hasil eksperimen disimpulkan sebagai berikut :

1. Jarak jari-jari ( $r$ ) ke titik pusat tidak memengaruhi tegangan geser yang terjadi pada baut dan besarnya tekanan yang diberikan oleh beban akan mempengaruhi tegangan geser yang dialami oleh baut. Semakin besar tekanan semakin besar tegangan geser dan sebaliknya semakin kecil tekanan, tegangan geser yang dialami 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 tegangan geser sebesar 695 MPa dan posisi baut 4 dengan tegangan gesernya 697 MPa.

Posisi baut yang kurang optimal menerima gaya geser adalah posisi 6 dengan tegangan geser terkecil sebesar 421 MPa.

4. Secara umum, baut yang mengalami putus terlebih dahulu adalah baut yang jaraknya terdekat ke titik pusat yaitu posisi 2 dan 4 pada posisi ini plat lebih kuat menerima tekanan yang diberikan. Baut baru mengalami putus pada daerah yang terdekat dengan jarak daerah penekanan.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nofriady, H., 2007, "Kajian Posisi Baut yang Optimal untuk Menerima Gaya Geser pada Konstruksi Sambungan", *Jurnal Momentum ITP.*, Vol. 7. No.1.
- [2] Devi, C., Gunawarman dan M. Fadli., 2010, "Analisis Tegangan Baut Pengunci *girth-gear* kiln", *Jurnal TEKNIKA Unand.*, Vol. 1 No. 33.
- [3] Nofriady, H., 2005, "Analisa Kekuatan Baut  $M_{14}$  pada Sambungan Plat terhadap Pemberian Beban", *Jurnal Momentum ITP.*, Vol. 3. No.1.
- [4] Sularso, 1991, "Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin", Pradnya Paramitha, Jakarta.
- [5] Defrinal., 2004, "Alat Uji Kekuatan Baut pada Konstruksi Baja Terhadap Pembebanan Tekan pada Dongkrak Kapasitas 5 Ton", *Proyek Akhir Teknik Mesin*, ITP Padang.
- [6] Joseph E. Shigley, 1999, "Perencanaan Teknik Mesin", Edisi ke-Empat Jilid 1, Erlangga Jakarta.
- [7] Niemann, 1986, "Elemen Mesin", Jilid 1 Erlangga, Jakarta.
- [8] Spott, M. F, 1998, "Design Machine Elements", Eighth Edition. New Jersey: Pearson Prantice Hall.