

ANALISIS KEKUATAN PUNTIR BAJA SS41 DAN ALUMINIUM 2319

Joko Prihartono

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik-Universitas Tama Jagakarsa

ABSTRAK

Sebuah poros (shaft) memerlukan material yang mempunyai kekuatan seperti modulus geser, tegangan geser, dan modulus pecah. Untuk mengetahui kekuatan tersebut maka dilakukan pengujian puntir dengan spesimen uji berpenampang bulat, dan material yang bervariasi. Dari pengujian yang dilakukan deformasi yang terjadi pada spesimen uji diukur dari perpindahan sudut puntir suatu titik di dekat ujung suatu benda, dibandingkan pada suatu titik elemen memanjang yang sama. Dari analisa hasil perhitungan untuk nilai modulus elastisitas geser (G) dengan spesimen uji Baja SS41 sebesar 1,5966 MPa pada sudut puntir 540° , sedangkan pada spesimen uji aluminium 2319 sebesar 2,3948 MPa pada sudut 180° . Untuk nilai tegangan geser maksimum spesimen uji baja SS41 sebesar 38,7783 Mpa pada sudut 1980° , sedangkan pada spesimen uji aluminium 2319 sebesar 12,9258 Mpa pada sudut 90° . Dan bentuk patahan pada semua material menghasilkan tegak lurus terhadap arah sumbu memanjang, jadi semua material tersebut tergolong logam liat atau material ulet.

Kata kunci: Momen puntir, Torsi, Tegangan Geser, Sudut Puntir.

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Poros merupakan sebuah elemen mesin berbentuk silinder pejal yang berfungsi sebagai penerus daya dan tempat duduk elemen-elemen seperti pully, sprocket, roda gigi, dan kopling. Selain itu poros juga berfungsi sebagai elemen-elemen penerus daya dan putaran dari penggerak mesin. Karena fungsinya tersebut maka poros dapat menerima beban lenturan, beban tarikan, beban tekan atau beban puntiran yang bekerja sendiri-sendiri atau berupa gabungan satu dengan lainnya

Karakteristik suatu bahan sangat penting untuk diketahui sebelum merancang sebuah mesin karena dengan mengetahui karakteristik suatu bahan, maka faktor-faktor keamanannya akan lebih terjamin dan hasil rancangan akan lebih aman untuk dipergunakan. Kekuatan bahan ditentukan dengan cara menguji bahan tersebut, sehingga kekuatannya dapat diketahui.

Satu diantara pengujian yang dilakukan adalah pengujian puntir atau *torsion test* dengan menggunakan alat uji puntir. Alat uji puntir atau alat uji torsi adalah suatu alat yang dirancang untuk mengukur seberapa besar gaya puntir yang dapat dilakukan saat kita melakukan

pengujian dari komponen. Caranya adalah dengan memuntir batang uji terus-menerus sampai batang uji itu putus atau mencapai jumlah puntiran yang ditentukan.

Dari hasil pengujian tersebut akan di dapatkan data berupa nilai rpm, sudut puntir dan ampere yang selanjutnya dapat dipergunakan untuk menghitung torsi, modulus elastisitas geser, tegangan geser, regangan geser dan *modulus of rupture*.

Permasalahan

Adapun permasalahan yang akan dibahas adalah sebagai berikut:

1. Tegangan geser (τ)
2. Regangan geser (γ)
3. Modulus elastisitas geser (G)
4. *Modulus of rupture* (τ_u)

TINJAUAN PUSTAKA

Uji Puntir

Uji Puntir merupakan salah satu dari sekian banyak pengujian sifat mekanik material. Uji puntir dapat menentukan beberapa sifat mekanik material seperti *modulus elastisitas, modulus of rupture, modulus of resilience, torsional yield strength*, dan keuletan. (Calister 1940)

Uji puntir pada suatu spesimen dilakukan untuk menentukan keplastisan suatu material. Spesimen yang digunakan pada pengujian puntir adalah batang dengan penampang lingkaran karena bentuk penampang paling sederhana, sehingga mudah diukur. Spesimen tersebut hanya dikenai beban puntiran pada salah satu ujungnya karena dua pembebanan akan memberikan ketidak konstanan sudut puntir yang di peroleh dari pengukuran. (Mustofa, Jokosisworo and Budsi S. 2018)

Pengukuran yang dilakukan pada uji puntir adalah momen puntir dan sudut puntir.

Pengukuran ini kemudian dikonversikan menjadi sebuah grafik momen puntir terhadap sudut puntir (dalam putaran). Namun, pada daerah plastis hubungan antara momen puntir dengan sudut puntir tidak linear lagi, sehingga diperlukan rumus yang berbeda pula untuk mencari tegangan geser. (Mustofa, Jokosisworo dan Budsi S. 2018)

Momen Inersia Polar

Momen kutub inersia untuk batang bulat tanpa lubang (batang pejal) dapat diperoleh dengan memberi nilai $D_i = 0$. Kuantitas dari J merupakan sifat matematis dari geometri penampang melintang yang muncul dalam kajian tegangan pada batang atau poros bulat yang dikenai torsi.

Sering untuk tujuan praktis, persamaan diatas ditulis kembali dalam bentuk:

$$J = \frac{\pi \cdot D^4}{32}$$

Tegangan dan Regangan Akibat Momen Puntir

a) Tegangan geser

Tegangan geser adalah intensitas gaya yang bekerja sejajar dengan bidang dari luas permukaan.

$$\tau = \frac{T \cdot r}{J} \quad (2.3)$$

b) Regangan geser

Regangan geser adalah intensitas gaya yang bekerja dalam arah tangensial terhadap permukaan bahan.

$$\gamma = \frac{\theta \cdot r}{L} \quad (2.4)$$

Untuk dapat mengetahui tegangan geser pada daerah plastis, salah satu cara yang digunakan adalah dengan menggunakan rumus:

$$\tau_a = \frac{1}{2.\pi.a^3} (BC + 3CD)$$

$$\gamma = \theta' . r$$

Dimana

$$\theta' = \frac{\theta}{L}$$

Pengukuran yang dilakukan pada uji puntir adalah momen puntir dan sudut puntir. Pengukuran ini kemudian di konvesikan menjadi sebuah grafik momen puntir terhadap sudut puntir (dalam putaran).

Sifat-sifat Mekanik yang Terdapat Pada Pengujian Puntir.

1) Modulus Elastisitas Geser (G)

Modulus elastisitas geser adalah kemampuan material untuk mempertahankan bentuknya di daerah elastis yang disebabkan oleh tegangan geser. Modulus Elastisitas Geser menunjukkan ukuran kekakuan dari suatu material pada daerah elastisnya.

$$G = \frac{\tau}{\gamma} = \frac{T.L}{J.\theta}$$

Keterangan:

G : Modulus Elastisitas Geser

T : Momen Torsi

L : Panjang Spesimen

τ : Tegangan Geser

γ : Regangan Geser

θ : Sudut Puntir

J : Momen Inersia Pollar

2) Modulus of Rupture

Yang dimaksud dengan *Modulus of Rupture* adalah tegangan geser maksimum akibat beban puntir maksimum saat terjadi patah pada material. Persamaannya adalah :

$$\tau_u = \frac{3.M_{max}}{2.\pi.a^3}$$

Keterangan:

τ_u : Modulus of Rupture

M_{max} : Momen Torsi Maksimum

a : Jari-jari penampang spesimen

3) Kekuatan Luluh Puntir (*Torsional Yield Strength*)

Yang dimaksud dengan kekuatan luluh puntir adalah batas tegangan geser sebelum material mengalami deformasi plastis. Untuk mencari kekuatan luluh ini, dapat digunakan metode yang dilakukan juga pada pencarian kekuatan luluh uji tarik, yaitu metode *offset*, dengan ketentuan 0.004 rad dalam grafik momen puntir terhadap sudut puntir. (RMS, et al. 2010)

Kriteria Tresca dan Von Mises

Kriteria *Tresca* dan *Von Mises* dapat digunakan untuk mengetahui faktor keamanan (*safety factor*) suatu material agar kegagalan dapat diminimalisir pada saat perancangannya.

- Kriteria *Tresca*

Luluh pada spesimen terjadi saat tegangan geser maksimum mencapai nilai tegangan geser pada uji puntir maksimal.

$$\sigma = 2.\tau \text{ dan } \varepsilon = \frac{\gamma}{2}$$

- Kriteria *Von Mises*

Spesimen mengalami luluh apabila *invariant* kedua pada deviator tegangan melampaui harga kritis tertentu.

$$\sigma = \sqrt{3}.\tau \text{ dan } \varepsilon = \frac{\gamma}{\sqrt{3}}$$

Material Uji Baja SS41

SS41 adalah jenis *carbon steel* yang masuk dalam standard jepang JIS G3101 - "*rolled steel for general structure*". SS41 adalah standard lama dan sekarang baja ini di kodekan dengan nama SS400. Baja ini sekelas dengan baja struktural ASTM A36 atau AISI 1016. Untuk persyaratan komposisi kimia SS41 hanya mempersyaratkan kandungan *Sulfur* (S) dan *Phosfor* (P), keduanya maksimum = 0.05%. Sedangkan untuk komposisi *carbon* (C), *manganese* (Mn) dan *Silicon* (Si) tidak dicantumkan. *Tensile Strength* antara 400 s/d 510 MPa sedang *yield strength*-nya sekitar 245 MPa. *Elongasinya* tergantung diameter batangnya yaitu sekitar 20% s/d 24%. (Surdia 1999)

Material Aluminium 2319.

Alloy (Aluminium) adalah bahan campuran yang mempunyai sifat-sifat logam, terdiri dari dua atau lebih unsur-unsur, dan sebagai unsur utama campuran adalah logam, Sebagai tambahan terhadap kekuatan mekaniknya yang sangat meningkat dengan penambahan Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni, dan sebagainya, secara satu persatu atau bersama-sama.

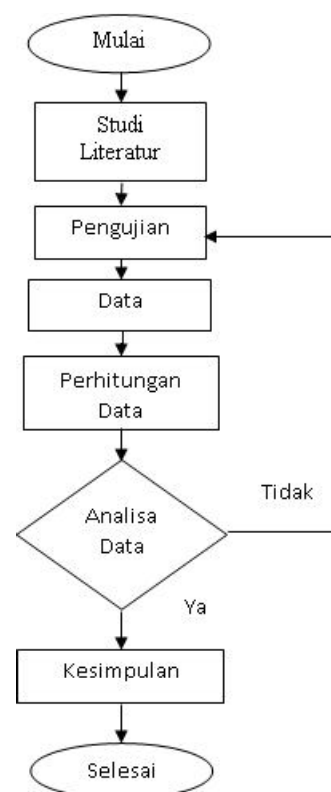
Paduan aluminium dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu aluminium *wrought alloy* (lembaran) dan aluminium *casting alloy* (batang cor). Aluminium (99,99%) memiliki berat jenis sebesar $2,7 \text{ g/cm}^3$, densitas $2,685 \text{ kg/m}^3$, dan titik leburnya pada suhu 660°C , aluminium memiliki *strength to weight ratio* yang lebih tinggi dari baja. Sifat tahan korosi aluminium diperoleh dari terbentuknya lapisan oksida aluminium dari permukaan aluminium. Lapisan oksida ini melekat kuat dan rapat pada permukaan, serta stabil (tidak bereaksi dengan lingkungan sekitarnya) sehingga melindungi bagian dalam.

Aluminium *copper alloy* (seri 2xxx) paduan ini dapat di *heat treatment* terutama

yang mengandung (2,5-5%) Cu. Dari seri ini yang terkenal seri 2017 dikenal dengan nama "*duralimin*" mengandung 4% Cu, 0,5%Mg, 0,5%Mn pada komposisi standard. Paduan Mg ditingkatkan pada komposisi standard dari Al, 4.5% Cu, 1.5% Mg, 0.5% Mn, dinamakan paduan 2024 yang bernama *Duralumin Super*. Paduan yang memiliki Cu mempunyai ketahanan korosi yang jelek, jadi apabila ketahanan korosi khusus diperlukan permukaannya dilapisi dengan Al murni atau paduan Al yang tahan korosi yang disebut pelat alkad. Paduan ini banyak digunakan untuk alat-alat yang bekerja pada temperatur tinggi misalnya pada piston dan silinder head motor bakar. (Davis 1993)

2. METODE PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian



Metode ini menggunakan metode eksperimental yaitu dengan melakukan serangkaian pengujian pada mesin uji puntir dengan menggunakan spesimen yang

berbeda yaitu dengan material SS41 dan aluminium 2319.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan Data Perhitungan

1) Menghitung momen inersia polar (J)

a. Material SS41.

$$J = \frac{\pi \cdot D^4}{32}$$

$$J = \frac{3,14}{32} \times 0,008^4 \text{ m}$$

$$J = 4,02 \times 10^{-10} \text{ m}^4$$

b. Material aluminium 2319

$$J = \frac{\pi \cdot D^4}{32}$$

$$J = \frac{3,14}{32} \times 0,008^4 \text{ m}$$

$$J = 4,02 \times 10^{-10} \text{ m}^4$$

2) Menghitung tegangan geser (τ)

Perhitungan tegangan geser spesimen 1 material SS41 pada posisi sudut puntir 540°.

✓ Spesimen I

$$\tau = \frac{T \cdot r}{J}$$

$$\tau = \frac{3,4653 \cdot 0,004}{4,019 \times 10^{-10}}$$

$$\tau = 34,487 \text{ MPa}$$

Untuk hasil perhitungan tegangan geser material SS41 dan aluminium 2319 selanjutnya dapat dilihat pada tabel.

3) Menghitung modulus elastisitas geser (G)

Perhitungan modulus elastisitas spesimen 1 material SS41 pada posisi sudut puntir 540°.

✓ Spesimen I

$$G = \frac{\tau}{\gamma} = \frac{T \cdot L}{J \cdot \theta}$$

$$G = \frac{3,4653 \text{ Nm} \cdot 0,1 \text{ m}}{4,02 \times 10^{-10} \text{ m}^4 \cdot 540}$$

$$G = 1,5966 \text{ MPa}$$

Untuk hasil perhitungan modulus elastisitas geser material SS41 dan aluminium 2319 selanjutnya dapat dilihat pada tabel.

4) Menghitung regangan geser (γ)
Perhitungan regangan geser spesimen 1 material SS41 pada posisi sudut puntir 540°.

✓ Spesimen I

$$\gamma = \frac{\theta \cdot r}{L}$$

$$\gamma = \frac{540 \cdot 0,004 \text{ m}}{0,1 \text{ m}}$$

$$\gamma = 21,6 \text{ MPa}$$

Untuk hasil perhitungan regangan geser material SS41 dan aluminium 2319 selanjutnya dapat dilihat pada tabel.

5) Perhitungan Tegangan Geser Maksimum (*modulus of rupture*)

a. Perhitungan tegangan geser maksimum spesimen 1 material SS41. Pada posisi sudut puntir 1980°.

✓ Spesimen I

$$\tau_u = \frac{3 \times M_{\max}}{2 \cdot \pi \cdot a^3}$$

$$\tau_u = \frac{3 \times 5,1979 \text{ Nm}}{2 \cdot \pi \cdot 0,004^3}$$

$$\tau_u = 38,7783 \text{ MPa}$$

Untuk hasil perhitungan tegangan geser maksimum material SS41 dan aluminium 2319 selanjutnya dapat dilihat pada tabel.

Tabel 1 Hasil perhitungan spesimen I material SS41

No.	Θ	Tegangan Geser (τ) (MPa)	Modulus Elastisitas Geser (G) (MPa)	Regangan Geser (Y) (MPa)
1	45	17,2432	9,5795	1,8
2	135	17,2432	3,1931	5,4
3	360	17,2432	1,1974	14,4
4	540	34,4875	1,5966	21,6
5	720	34,4875	1,1974	28,8
6	900	34,4875	0,9579	36
7	1080	34,4875	0,7983	43,2
8	1260	34,4875	0,6842	50,4
9	1440	34,4875	0,5987	57,6
10	1620	34,4875	0,5322	64,8
11	1800	34,4875	0,4789	72
12	1980	51,7306	0,6531	79,2
13	2250	51,7306	0,5747	90
14	2500	51,7306	0,5173	100
15	2600	51,7306	0,4974	104
16	2800	51,7306	0,4618	112
17	2950	51,7306	0,4384	118
18	3167	17,2432	0,1361	126,68
19	3170	17,2432	0,1359	126,8
20	3259(MAX)	8,6216	0,0661	130,36

Tabel 2 Hasil perhitungan spesimen 1 aluminium 2319

No.	Θ	Tegangan Geser (τ) (MPa)	Modulus Elastisitas Geser (G) (MPa)	Regangan Geser (Y) (MPa)
1	30	17,2432	14,3693	1,2
2	45	17,2432	9,5795	1,8
3	90	17,2432	4,7897	3,6
4	180	17,2432	2,3948	7,3
5	270	17,2432	1,5966	10,8
6	294 (MAX)	8,6216	0,7331	11,76

Tabel 3 Hasil perhitungan spesimen II material SS41

No.	Θ	Tegangan Geser (τ) (MPa)	Modulus Elastisitas Geser (G) (MPa)	Regangan Geser (Y) (MPa)
1	45	17,2432	9,5795	1,8
2	135	17,2432	3,1931	5,4
3	360	34,4875	2,3949	14,4
4	540	34,4875	1,5966	21,6
5	720	34,4875	1,1974	28,8
6	900	34,4875	0,9579	36
7	1080	34,4875	0,7983	43,2
8	1260	34,4875	0,6842	50,4
9	1440	34,4875	0,5987	57,6
10	1620	34,4875	0,5322	64,8
11	1800	34,4875	0,4789	72
12	1980	34,4875	0,4354	79,2
13	2250	51,7306	0,5747	90
14	2500	51,7306	0,5173	100
15	2600	51,7306	0,4974	104
16	2800	17,2432	0,1539	112
17	2950	17,2432	0,1461	118
18	2997 (MAX)	8,6216	0,0719	119,88

Tabel 4 Hasil perhitungan spesimen II material aluminium 2319

No.	Θ	Tegangan Geser (τ) (MPa)	Modulus Elastisitas Geser (G) (MPa)	Regangan Geser (Y) (MPa)
1	30	17,2432	14,3693	1,2
2	45	17,2432	9,5795	1,8
3	90	17,2432	4,7897	3,6
4	180	17,2432	2,3948	7,3
5	270	17,2432	1,5966	10,8
6	310 (MAX)	8,6216	0,6952	12,4

Tabel 5 Hasil perhitungan spesimen III material SS41

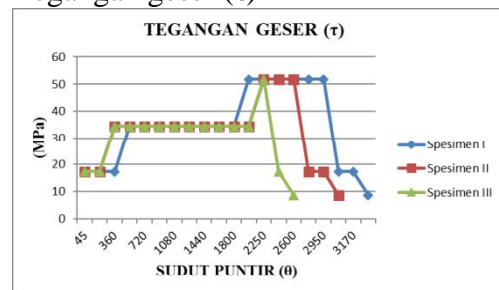
No.	Θ	Tegangan Geser (τ) (MPa)	Modulus Elastisitas Geser (G) (MPa)	Regangan Geser (Y) (MPa)
1	45	17,2432	9,5795	1,8
2	135	17,2432	3,1931	5,4
3	360	34,4875	2,3949	14,4
4	540	34,4875	1,5966	21,6
5	720	34,4875	1,1974	28,8
6	900	34,4875	0,9579	36
7	1080	34,4875	0,7983	43,2
8	1260	34,4875	0,6842	50,4
9	1440	34,4875	0,5987	57,6
10	1620	34,4875	0,5322	64,8
11	1800	34,4875	0,4789	72
12	1980	34,4875	0,4354	79,2
13	2250	51,7306	0,5747	90
14	2500	17,2432	0,1724	100
15	2581(MAX)	17,2432	0,0835	103,24

Tabel 6 Hasil perhitungan spesimen III material aluminium

No.	Θ	Tegangan Geser (τ) (Mpa)	Modulus Elastisitas Geser (G) (MPa)	Regangan Geser (Y) (MPa)
1	30	17,2432	14,3693	1,2
2	45	17,2432	9,5795	1,8
3	90	17,2432	4,7897	3,6
4	180	17,2432	2,3948	7,3
5	270	17,2432	1,5966	10,8
6	285 (MAX)	8,6216	0,7562	11,4

Analisa Data Hasil Perhitungan

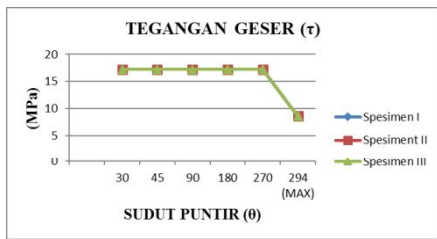
1. Tegangan geser (τ)



Gambar 1 Grafik Perbandingan tegangan geser dengan sudut puntir baja SS41

Dari grafik diatas terlihat bahwa tegangan geser mulai naik sebesar 17,2432 MPa dan kemudian meningkat pada tegangan geser sebesar 34,4875 MPa titik tersebut merupakan titik elastis material. Terjadi konstan, dan kemudian naik pada titik maksimum tersebut sebesar 51,7306 Mpa, kemudian material mengalami penurunan pada titik luluh sebesar 17,2432 MPa terus menerus mengalami penurunan

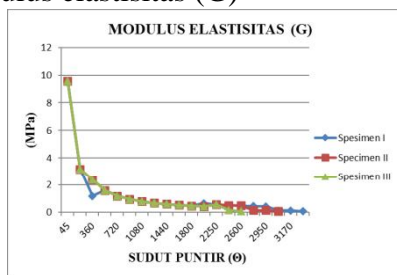
sampai material patah pada tegangan geser 17,2432 MPa.



Gambar 2 Grafik Perbandingan tegangan geser dengan sudut puntir material aluminium 2319.

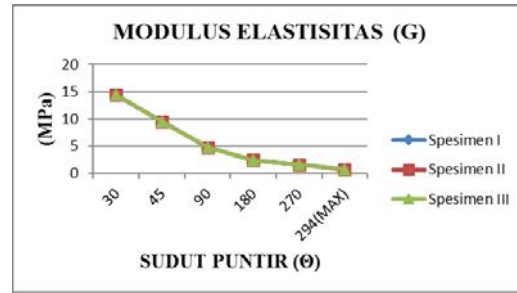
Dari grafik diatas dapat terlihat bahwa tegangan geser mulai naik sebesar 17,2432 MPa, dan konstan sampai pada sudut puntir 270⁰, titik tersebut merupakan titik elastis material. Kemudian material mengalami penurunan kekuatan pada titik luluhnya yang pada akhirnya putus pada sudut puntir 285⁰ karena material sudah tidak mampu lagi menahan tegangan geser.

2. Modulus elastisitas (G)



Gambar 4.3: Grafik Perbandingan tegangan geser sudut puntir material SS41 dengan

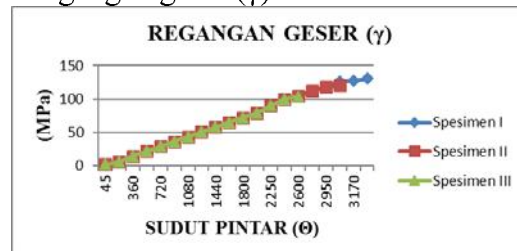
Dari grafik dapat terlihat bahwa modulus elastisitas naik pada awal pengujian sebesar 9,5795 MPa pada sudut puntir 45⁰, kemudian mengalami penurunan terus menerus sampai material patah pada sudut puntir 297⁰ dengan nilai modulus elastisitas sebesar 0,0719 MPa.



Gambar 4 Grafik Perbandingan modulus elastisitas dengan sudut puntir material aluminium 2319

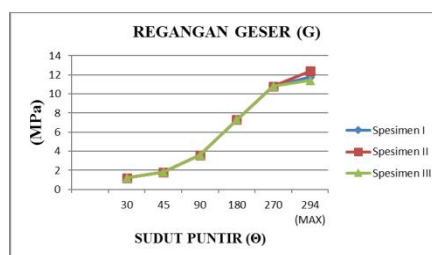
Dari grafik diatas dapat terlihat bahwa modulus elastisitas naik pada awal pengujian sebesar 14,3693 MPa pada sudut puntir 30⁰, kemudian mengalami penurunan terus menerus sampai material patah pada sudut puntir 310⁰ dengan nilai modulus elastisitas sebesar 0,6952 MPa.

3. Regangan geser (γ)



Gambar 4.5: Grafik Perbandingan regangan geser dengan sudut puntir material SS41

Dari grafik dapat terlihat bahwa regangan geser naik pada awal-awal pengujian sebesar 1,8 MPa pada sudut puntir 30⁰, kemudian mengalami kenaikan terus menerus sampai material patah pada sudut puntir 310⁰ dengan nilai modulus elastisitas sebesar 119,88 MPa.



. Gambar 4.6: Grafik perbandingan regangan geser dengan sudut puntir material aluminium 2319.

Dari grafik dapat terlihat bahwa regangan geser naik pada awal-awal pengujian sebesar 1,2 MPa pada sudut puntir 30° , kemudian mengalami kenaikan terus menerus sampai material patah pada sudut puntir 310° dengan nilai modulus elastisitas sebesar 12,5 MPa.

4. SIMPULAN

1. Pada pengujian puntir material baja SS41 menghasilkan nilai rata-rata maksimum, dengan inersia Polar (J) = $4,02 \times 10^{-10}$ pada semua sudut spesimen, tegangan geser (τ) = 34,487 MPa pada sudut 540° , modulus elastisitas geser (G) = 1,5966 MPa pada sudut 540° , regangan geser (γ) = 21,6 MPa pada sudut 540° , dan *modulus of rupture* (τ_u)=38,7783MPa pada sudut puntir 1980° .
2. Pada pengujian puntir material aluminium 2319 menghasilkan nilai rata-rata maksimum, dengan inersia Polar (J) = $4,02 \times 10^{-10} \text{ m}^4$ pada semua sudut spesimen, tegangan geser (τ) = 7,3 MPa pada sudut 180° , modulus elastisitas geser (G) = 2,3948 MPa pada sudut 180° , regangan geser (γ) = 7,3 MPa pada sudut 180° , dan *modulus of rupture* (τ_u)=12,9258 MPa pada sudut puntir 90° .
3. Dari hasil pengujian semua material baja SS41 dan aluminium 2319 menghasilkan bentuk patahan tegak lurus terhadap arah sumbu memanjang, jadi material tersebut tergolong logam liat atau material ulet.

James, Barry. *Mechanical of Materials*. Canada: Toronto, 2009.

Mustofa, Ali, Sarjito Jokosisworo, dan Ari Wibawa Budsi S. "Analisa Kekuatan Tarik, Kekuatan Lentur Putar dan Kekuatan Puntir Baja ST 41 sebagai Bahan Poros Baling-baling Kapal (Propeller Shaft) setelah Proses Quenching." *Jurnal Teknik Perkapalan* 6, no. 1 (Januari 2018): 199-206.

Putra, Toni Dwi. "Bahan uji puntir perlakuan panas." *Variasi Bahan Material Dan Ukuran Diameter Poros Dengan Menggunakan Metode Pengujian Puntir* 22, no. 2 (Oktober 2014): 116-121.

Resources, Test. *ASTM E143 Torsion Shear Modulus Test Equipment*. 2018. <https://www.testresources.net/application/s/standards/astm/astm-e143-torsion-shear-modulus-test-equipment/>.

RMS, Jonatan, et al. "Laporan Praktikum Laboratorium Teknik Material 1 Modul C Uji Puntir." Bandung, 2010.

Suganda, Ega, dan Rahmawaty. "Uji Kekuatan Puntir Material Stainless Steel 304 Dengan Perlakuan Panas Dan Tanpa Perlakuan Panas." *V1218 Uji Kekuatan Puntir Material Stainless Steel 304 Dengan Perlakuan Panas Dan Tanpa Perlakuan Panas.pdf*, 2017: 1-6.

Surdia, Tata. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: Pradnya Paramita, 1999.

DAFTAR PUSTAKA

Calister, William D. *Material Science and Engineering*. Canada: John Wiley & Sons. Inc., 1940.

Davis, J.R. "Aluminum and Aluminum Alloys." *Understanding the Basics Alloying*, 1993: 351-416.