

KAJI EMPIRIK KEKUATAN PUNTIR BAJA ST 42 DENGAN VARIASI JUMLAH SIKLUS *FATIGUE*

Sufiyanto*

Abstraksi

Secara umum material yang menerima beban dinamik akan lebih mudah mengalami kegagalan bila dibandingkan dengan yang menerima beban statik. Kegagalan yang diakibatkan oleh beban dinamik disebut patah lelah (*fatigue failures*), dimana patah lelah diawali dengan adanya retak lelah yang terus bertambah luas seiring dengan makin bertambahnya lama waktu pembebanan. Dengan adanya retak lelah tersebut tentunya sisa luasan penampang yang menahan beban akan semakin berkurang sampai pada akhirnya luasan yang tersisa tidak mampu lagi menahan beban yang bekerja sampai akhirnya patah.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui sejauh mana pengaruh jumlah siklus kelelahan yang menyebabkan terjadinya retak lelah terhadap kekuatan puntir suatu bahan. Pengujian yang dilakukan adalah melakukan pengujian puntir untuk mengetahui defleksi puntir yang dihasilkan oleh spesimen uji yang telah mendapat perlakuan variasi jumlah siklus 2 jam, 3 jam dan 4 jam.

Hasil penelitian menunjukkan dengan semakin bertambahnya jumlah siklus *fatigue* maka deformasi puntir yang dihasilkan juga semakin besar, Hal ini disebabkan karena luasan yang tersisa untuk menahan beban puntir semakin berkurang karena adanya retak lelah, Dengan semakin besarnya deformasi puntir menunjukkan bahwa kekuatan puntir material mengalami penurunan.

Kata Kunci : *Fatigue*, Siklus *Fatigue*, Kekuatan Puntir

PENDAHULUAN

Logam yang dikenai tegangan berulang (tegangan dinamik) akan rusak pada tegangan yang jauh lebih rendah dibanding yang dibutuhkan untuk menimbulkan perpatahan pada penerapan beban tunggal. Kegagalan yang terjadi pada keadaan beban dinamik dinamakan kegagalan lelah (*fatigue failures*). Komponen mesin yang sebagian besar terdiri dari logam dalam menjalankan fungsinya mengalami tegangan dinamik yang dapat menimbulkan patah lelah.

Kegagalan lelah (*fatigue failures*) akan terjadi pada material yang mengalami pembebanan berulang dan akan mengakibatkan patah yang diawali dengan adanya retak lelah (*fracture fatigue*). Retak lelah diawali dari adanya retak mikro yang telah terbentuk jauh sebelum patah lelah terjadi. Seiring dengan semakin bertambahnya waktu operasi komponen mesin maka retak fatiq semakin melebar dan membesar sampai pada akhirnya luasan yang tersisa tidak mampu lagi menahan beban yang diberikan, yang pada akhirnya komponen mesin akan patah.

Dalam menjalankan fungsinya komponen mesin yang berputar menerima beban dinamik diantaranya adalah puntiran. Poros yang dikenai puntiran akan mengalami deformasi puntir. Semakin besar deformasi puntir menunjukkan kemampuan dari komponen mesin rendah, begitu sebaliknya. Hal ini berlaku jika komponen mesin mempunyai bahan, dimensi, dan beban puntir yang sama.

Dengan adanya retak mikro karena perlakuan fatiq bisa mempengaruhi kekuatan suatu komponen mesin. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah siklus fatig terhadap kekuatan puntir suatu bahan.

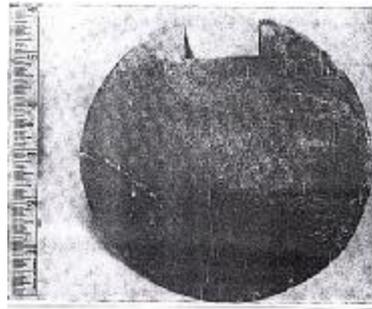
* Dosen Jurusan Mesin Unmer Malang

KAJIAN PUSTAKA

Kelelahan (*Fatigue*)

Patah lelah pada komponen umumnya adalah patah yang terjadi secara tiba-tiba setelah komponen tersebut beroperasi untuk beberapa waktu. Istilah tiba-tiba perlu diberi keterangan tambahan, sebab sumber patah lelah yang berupa retak mikro sebenarnya terbentuk lama sebelum patah lelah terjadi.

Pada potongan patah dengan jelas terlihat adanya dua daerah yang masing-masing dinamakan daerah patah lelah dan daerah patah tiba-tiba. Daerah patah lelah umumnya rata dan halus hampir seperti jaringan beludru akibat tergoresnya permukaan patah dengan permukaan patah pasangannya selama berlangsungnya perambatan retak mulai dari retak mikro yang terjadi tiba-tiba seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini.

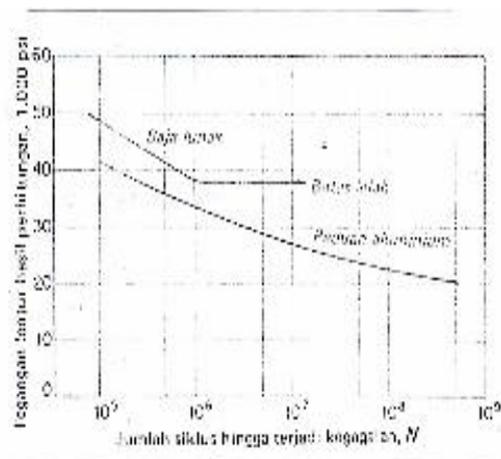


Gambar 1. Penampang Permukaan Kegagalan Lelah

Patah pada daerah patah tiba-tiba adalah patah akibat dilampauinya tegangan batas tarik, yaitu karena luas potongan yang belum retak tinggal kecil saja sehingga tegangan yang terjadi akibat beban melampaui tegangan batas tarik.

Kurva S – N

Metode dasar dalam penyajian data kelelahan rekayasa adalah menggunakan kurva S – N, yaitu pemetaan tegangan S terhadap jumlah siklus hingga terjadi kelelahan N. Tegangan yang dipetakan dapat berupa S_a , S_{max} atau S_{min} .

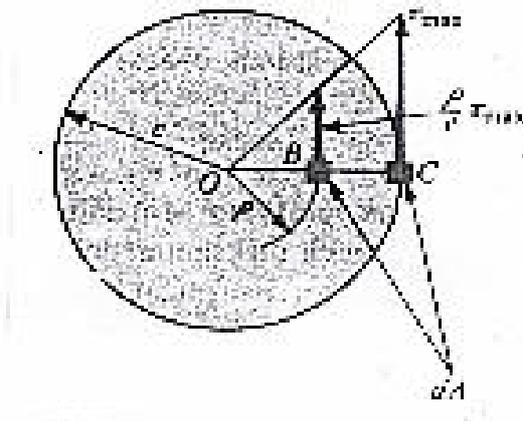


Gambar . 2. Kurva Kelelahan Untuk Logam Besi Dan Bukan Besi

Dari kurva diatas dapat dilihat bahwa jumlah siklus yang logamnya dapat bertahan sebelum mengalami kelelahan akan bertambah jika tegangannya turun. N adalah jumlah siklus tegangan yang menyebabkan terjadinya patah sempurna benda uji. Untuk beberapa bahan bahan teknik yang penting, seperti baja dan titanium, kurva S – N untuk daerah tegangan batas tertentu berubah menjadi datar dibawah tegangan batas, yang dinamakan batas lelah, atau batas ketahanan, nampaknya bahan tahan terhadap siklus pembebanan dengan jumlahnya tak hingga, tanpa terjadi kegagalan. Sebagian besar logam bukan besi seperti aluminium, magnesium dan paduan tidak mempunyai batas lelah yang sejati karena kurva S – N tidak pernah menjadi horisontal.

Puntiran pada poros

Pada suatu poros jika diberikan suatu puntiran dengan salah satu ujung terjepit maka bentuk dan ukuran penampang-panampangnya akan tetap, tetapi akan terjadi rotasi antar bagian penampang membentuk suatu sudut tertentu yang sebanding dengan gaya dan panjang poros. Tegangan puntir yang terjadi berbanding lurus dengan regangan. Variasi tegangan yang terjadi digambarkan pada gambar 3.

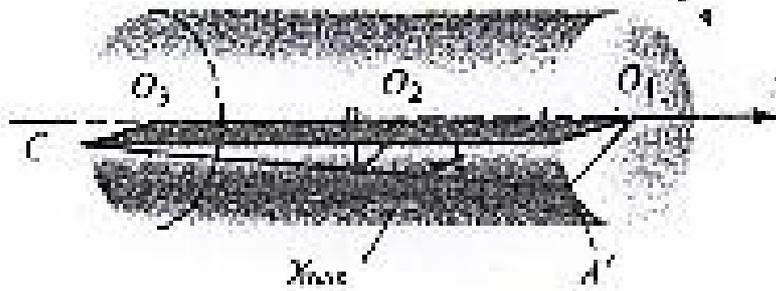


Gambar 3. Variasi Tegangan Pada Batang Melingkar Dalam Daerah Elastis

Konsep yang digunakan untuk mendapatkan rumus puntiran untuk poros sebagai berikut :

1. Syarat- syarat keseimbangan digunakan untuk menerangkan momen puntir dalam atau perlawanan .
2. Deformasi diandaikan sedemikian hingga regangan geser berubah secara linier dari sumbu poros.
3. Sifat-sifat bahan dalam bentuk hukum Hooke digunakan untuk meghubungkan pengandaian variasi regangan terhadap tegangan.

Pada bahan-bahan isotropik tidaklah begitu berbeda kearah mana tegangan geser itu bekerja, tetapi tidak semua yang digunakan dalam konstruksi adalah isotropik. Parameter yang menyatakan puntiran yang terjadi pada poros dijelaskan pada gambar 4.



Gambar 4. **Puntiran Pada Poros**

Dimana :

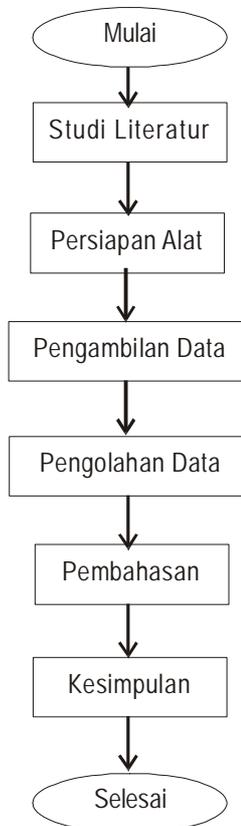
- q : sudut puntir pada batang dengan sudut θ
- T : momen torsi yang diberikan
- G : modulus elastisitas geser
- I_p : momen inersia polar

Defleksi puntiran yang terjadi pada sebuah poros dinyatakan dengan rumusan sbb: $q = \frac{T.l}{I_p.G}$

METODOLOGI PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian

Adapun diagram alir penelitian adalah sebagai berikut :



Variabel Penelitian

Adapun variabel atau parameter yang dipergunakan adalah :

1. Uji *Fatigue*

- a. Putaran motor : 2800 Rpm
- b. waktu : 2 jam, 3 jam, 4jam.

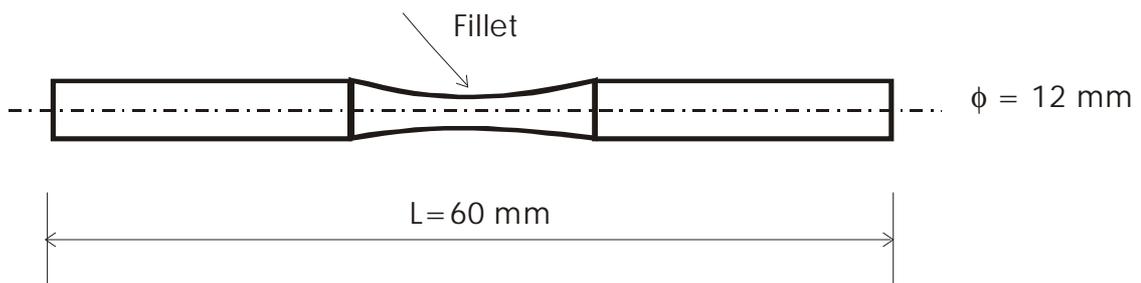
2. Uji Puntir

- a. Beban
- b. Sudut Puntir (θ)
- c. Panjang Poros (I)
- d. Momen Torsi (T)
- e. Modulus Elastisitas (G)
- f. Panjang Lengan Torsi (L)

Rancangan Penelitian

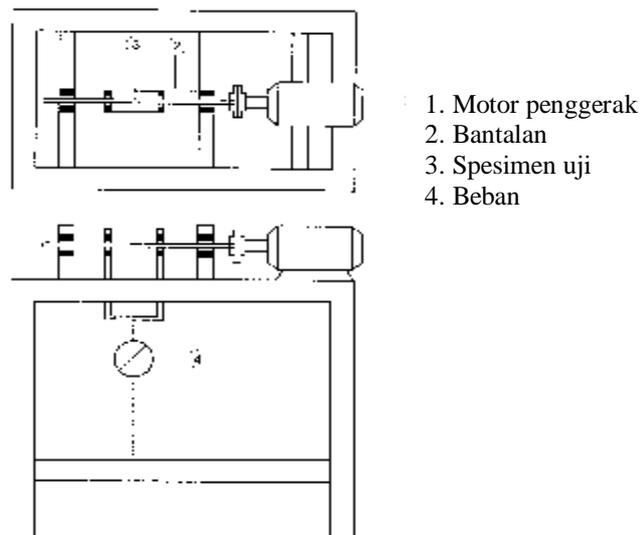
a. Rancangan Spesimen.

Bahan poros ST 42 dengan jumlah 9 buah dan dimensi seperti gambar dibawah ini.



Gambar 5. Gambar Spesimen Yang Direncanakan.

b. Pengujian Fatiq



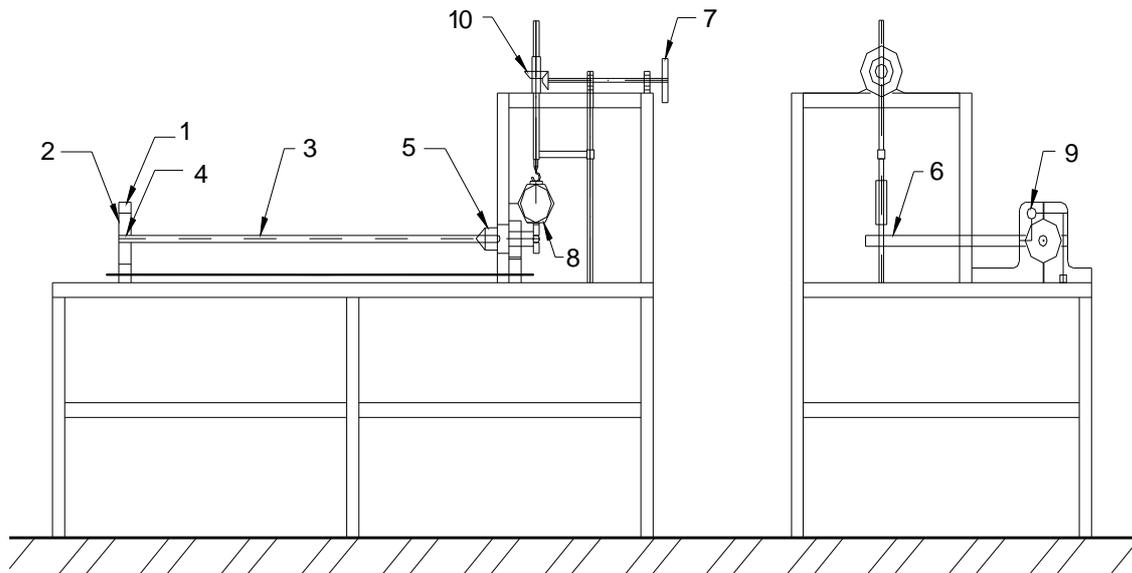
Gambar 6. Alat Uji *Fatigue*

Cara Kerja

Pengujian siklus *fatigue* dilakukan dengan urutan sebagai berikut :

1. Pemasangan spesimen uji pada mesin uji *fatigue*.
2. pengujian pendahuluan untuk menentukan beban awal agar spesimen patah pada siklus 10^6 .
3. Pemasangan beban pada poros sebagai spesimen uji sebesar 12 kg.
4. menentukan waktu siklus sebagai parameter uji.
5. Menghidupkan motor AC sebagai alat pemutar spesimen yang ditransmisikan melalui kopling fleksibel sampai pada waktu yang telah ditentukan.

c. Pengujian Puntir



Gambar 7. Alat Uji Puntir

Keterangan gambar

- | | |
|-------------------|-------------------|
| 1. Baut penjepit | 6. lengan Torsi |
| 2. Rumah pengunci | 7. Engkol Pemutar |
| 3. Spesimen | 8. Timbangan |
| 4. Pengunci bebas | 9. Dial Indikator |
| 5. pengunci tetap | |

Cara kerja

Kendorkan baut (1) dan pengunci tetap (5) atur posisi rumah penjepit (2) sehingga panjang benda kerja (3) memenuhi panjang untuk pengujian. Letakan benda kerja pada pengunci tetap (5) dan kunci dengan kunci yang sesuai dengan model kunci sampai kencang, Putar engkol pemutar (7) untuk menurunkan lengan torsi (6) pada posisi limit, letakkan sisi benda kerja yang lain pada pengunci bebas (4) kunci benda kerja sekuat mungkin dengan menggunakan kunci yang sesuai dengan ukuran bautnya. Setelah itu periksa benda kerja apakah benda kerja dalam keadaan lurus, selanjutnya atur posisi jarum timbangan (8) pada posisi nol. Atur pula posisi jam ukur (9) untuk

membuat kontak dengan lengan torsi (6), setelah itu atur jam agar jarum skala pada posisi nol pula. Kenakan torsi pada benda kerja dengan memutar engkol pemutar (7) sampai pada timbangan tepat pada posisi yang kita inginkan, catat angka yang ditunjukkan pada jarum jam ukur (9). Ulangi prosedur pembebanan untuk benda kerja

Hasil Pengujian

Tabel 1: Data Hasil Pengujian Puntir Dengan Spesimen Tanpa Perlakuan Fatig

Beban (Kg)	Tanpa perlakuan fatiq						Rata-Rata	
	I		II		III		Rad	Deg
	Rad	Deg	Rad	Deg	Rad	Deg		
0.2	0,0049	0,28	0,0050	0,23	0,0045	0,26	0,0048	0,26
0.4	0,0094	0,54	0,0099	0,57	0,0090	0,52	0,0094	0,54
0.6	0,0121	0,69	0,0103	0,99	0,0118	0,68	0,0114	0,65
0.8	0,0175	1,00	0,0182	1,04	0,0174	1,00	0,0177	1,01
1,0	0,0209	1,20	0,0210	1,20	0,0245	1,40	0,0221	1,27
1,2	0,0278	1,59	0,0240	2,38	0,0287	1,65	0,0268	1,54
1,4	0,0325	1,86	0,0280	1,60	0,0347	2,00	0,0317	1,82
1,6	0,0398	2,28	0,0337	1,93	0,0403	2,31	0,0379	2,17
1,8	0,0454	2,60	0,0383	2,20	0,0444	2,55	0,0427	2,45
2,0	0,0506	2,90	0,0457	2,62	0,0475	2,72	0,0479	2,75

Tabel 2: Data Hasil Pengujian Puntir Dengan Siklus *Fatigue* 2 Jam

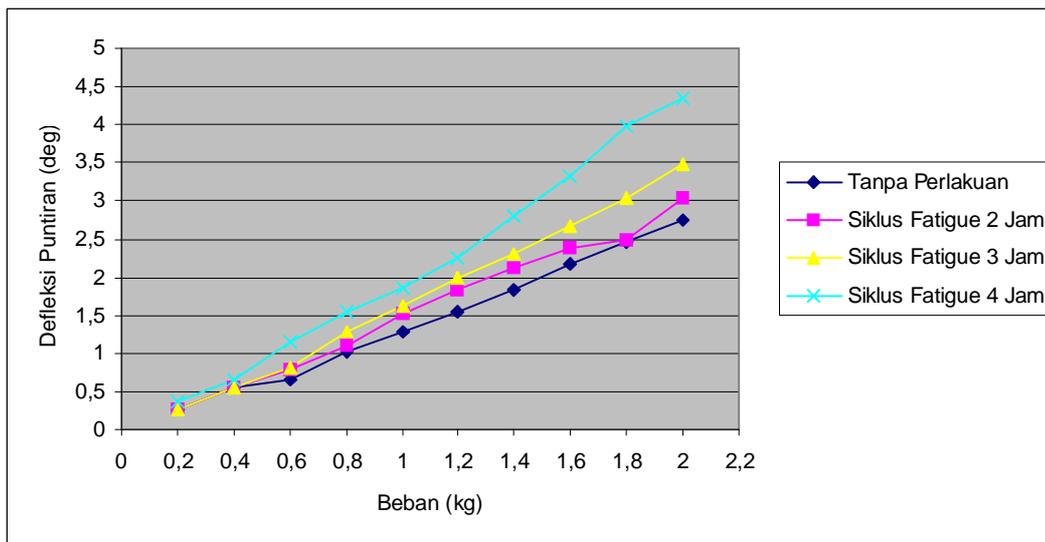
Beban (Kg)	Dengan siklus fatiq 2jam						Rata-Rata	
	I		II		III		Rad	Deg
	Rad	Deg	Rad	Deg	Rad	Deg		
0.2	0,0049	0,28	0,0046	0,26	0,0044	0,25	0,0046	0,26
0.4	0,0097	0,56	0,0094	0,54	0,0091	0,52	0,0094	0,54
0.6	0,0156	0,90	0,0125	0,72	0,0125	0,72	0,0135	0,78
0.8	0,0204	01,17	0,0187	1,72	0,0179	1,03	0,0190	1,09
1,0	0,0303	1,74	0,0250	1,43	0,0243	1,39	0,0264	1,52
1,2	0,0335	1,92	0,0303	1,74	0,0317	1,82	0,0318	1,83
1,4	0,0379	2,17	0,0356	2,04	0,0375	2,15	0,0370	2,12
1,6	0,0428	2,46	0,0392	2,25	0,0427	2,45	0,0416	2,39
1,8	0,0477	2,74	0,0433	2,48	0,0492	2,28	0,0467	2,50
2,0	0,0526	3,07	0,0524	3,00	0,0533	3,06	0,0528	3,04

Tabel 3: Data Hasil Pengujian Puntir Dengan Siklus *Fatigue* 3 Jam

Beban (Kg)	Dengan siklus fatiq 3 jam						Rata-Rata	
	I		II		III		Rad	Deg
	Rad	Deg	Rad	Deg	Rad	Deg		
0.2	0,0038	0,22	0,0049	0,28	0,0046	0,26	0,0044	0,25
0.4	0,0091	0,52	0,0099	0,57	0,0094	0,54	0,0095	0,54
0.6	0,0135	0,77	0,0167	0,96	0,0125	0,72	0,0142	0,82
0.8	0,0266	1,53	0,0216	1,24	0,0187	1,04	0,0221	1,27
1,0	0,0318	1,81	0,0292	1,67	0,0237	1,36	0,0383	1,62
1,2	0,0393	2,25	0,0366	2,10	0,0286	1,64	0,0348	1,99
1,4	0,0457	2,62	0,0417	2,39	0,0328	1,88	0,0401	2,30
1,6	0,0517	2,96	0,0481	2,76	0,0402	2,30	0,0467	2,67
1,8	0,0570	3,27	0,0562	3,22	0,0456	2,61	0,0529	3,03
2,0	0,0635	3,64	0,0623	3,57	0,0562	3,22	0,0609	3,48

Tabel 4: Data Hasil Pengujian Puntir Dengan Siklus *Fatigue* 4 Jam

Beban (Kg)	Dengan siklus fatiq 4 jam						Rata-Rata	
	I		II		III		Rad	Deg
	Rad	Deg	Rad	Deg	Rad	Deg		
0.2	0,064	0,37	0,0063	0,36	0,0067	0,39	0,0065	0,37
0.4	0,012	0,69	0,0107	0,61	0,0116	0,67	0,0115	0,66
0.6	0,018	1,05	0,0241	1,38	0,0178	1,02	0,0201	1,15
0.8	0,026	1,54	0,0269	1,54	0,0269	1,54	0,0269	1,54
1,0	0,033	1,89	0,0321	1,84	0,0330	1,89	0,0327	1,87
1,2	0,040	2,33	0,0398	2,28	0,0375	2,14	0,0393	2,25
1,4	0,050	2,87	0,0478	2,74	0,0491	2,82	0,0490	2,81
1,6	0,058	3,35	0,0571	3,23	0,0598	3,42	0,0584	3,33
1,8	0,073	4,21	0,0625	3,58	0,0732	4,19	0,0697	3,99
2,0	0,082	4,69	0,0715	4,10	0,0833	4,77	0,0789	4,35



Grafik 1. Hubungan Antara Beban dan Defleksi Puntiran

Pembahasan

Beban puntir yang diberikan pada poros mengakibatkan defleksi puntiran yang dinyatakan dengan besarnya sudut puntir yang dihasilkan. Kenaikan beban puntir yang diberikan pada pengujian puntir akan berpengaruh terhadap defleksi puntir poros. Dari tabel 1 sampai tabel 4 menunjukkan bahwa semakin besar beban puntir yang diterima oleh poros akan menyebabkan semakin besar defleksi puntir yang terjadi. Hal ini terlihat dengan meningkatnya sudut puntir yang terjadi pada poros.

Berdasarkan rumus sudut puntir, fenomena yang terjadi menunjukkan adanya hubungan berbanding lurus antara sudut puntir dengan besarnya beban puntir yang diterima poros. Dengan meningkatnya beban puntir yang diberikan maka tegangan puntir yang terjadi pada poros akan meningkat. Tegangan puntir yang terjadi akan menimbulkan regangan puntir yang dinyatakan dengan sudut puntir pada poros.

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan jumlah siklus *fatigue* yang diberikan pada specimen uji dapat dilihat pada grafik 1 hubungan antara beban dan defleksi puntir yang terjadi. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa defleksi puntir pada specimen yang mendapat perlakuan *fatigue* menghasilkan sudut puntir yang lebih besar dibandingkan specimen yang tanpa perlakuan. Selain itu jumlah siklus *fatigue* yang diberikan juga mempengaruhi sudut puntir yang dihasilkan, dimana semakin besar jumlah siklus *fatigue* maka sudut puntirnya juga semakin meningkat. Pada poros yang mendapat perlakuan *fatigue*, kekuatan puntirnya mengalami penurunan dibandingkan dengan poros tanpa perlakuan *fatigue*. Hal ini disebabkan adanya retak lelah yang timbul sehingga mengurangi luasan penampang poros untuk menahan beban puntir yang diberikan. Dengan semakin besar jumlah siklus *fatigue* yang dialami oleh poros maka retak lelah yang terjadi semakin besar sehingga kekuatan puntirnya juga semakin turun.

Pada grafik 1 dapat dilihat bahwa semua spesimen baik tanpa perlakuan maupun dengan perlakuan *fatigue*, sudut puntir yang terjadi menunjukkan kenaikan secara linear seiring dengan kenaikan beban puntir yang diberikan. Hal ini disebabkan bahwa tegangan puntir yang terjadi masih dalam batas elastis sehingga regangan atau defleksi puntir yang dihasilkan bersifat linear.

SIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan maka dapatlah ditarik simpulan sebagai berikut:

1. Kegagalan fatiq ditandai dengan terjadinya retak *fatigue*.
2. Semakin besar siklus *fatigue*, menyebabkan retak *fatigue* semakin besar sampai terjadi patah
3. Semakin besar siklus *fatigue*, deformasi puntir yang terjadi semakin besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Beckwith & Marangon, Buck, 1987, *Pengukuran Mekanis*, Jilid I Penerbit Erlangga, Jakarta.
- De, Garmo, E Paul, 1984, *Material And Processes Manufacturing*, Mac Millan Publissing Company, New York
- Djaprie, Sriati, 1985, *Metalurgi Mekanik*, Jilid II Penerbit Erlangga Jakarta.
- Gere & Timoshenko, 2000, *Mekanika Bahan*, Jilid I Penerbit Erlangga, jakarta.
- Gerling, heirrich, 1982, *All About Machine*, Wiley Eastern Limited, New Delhi Bangalore Bombay
- Harsokoesoemo, Darmawan, 1996, *Kriteria Patah Lelah Untuk Perancangan Elemen Mesin*, Penerbit ITB Bandung.
- POPOV, E.P, 1984, *Mekanika Teknik*, edisi kedua, penerbit Erlangga, Jakarta.
- Rochim, Taufiq, *Spesifikasi Metrologi Dan Kontrol Kualitas Geometrik*, Penerbit ITB Bandung.