

PENGARUH BENTUK TAKIKAN (*NOTCHED*) PADA POROS BAJA KARBON ST. 60 AKIBAT BEBAN TARIK

Hendri Nurdin⁽¹⁾, Mulianti⁽¹⁾

⁽¹⁾Dosen Jurusan Teknik Mesin, FT-UNP

ABSTRACT

Shaft failure often occurs due to stress fluctuations, although the maximum stress that occurs is still smaller than the static strength of the shaft material. The carbon steel St.60 shaft failure occurred at points where there is stress concentration, where the sources of stress concentration on machine elements, may be notches, grooves, holes, screw, peg and others. Answering the above problems, required an analysis of the material on the shaft of carbon steel St.60. St.60 shaft made of carbon steel test specimens are given a form U-notch radius of 4 mm and 8 mm and V-notch 60° against the load tensile stress concentration effect. Failure phenomenon that occurs will show the material properties of fracture observations. Preparation of test specimens according to ASTM A370 standards. Tensile testing is done by Tension Testing Machine and the observation of fracture due to tensile load carried at the macro level on the fault section. Of this study was obtained tensile test results on the test specimen without a notch σ_{max} average of 775.65 MPa. With the form of the notch it will affect tensile strength of the material to applicable for the stress concentration on the trunk. Of the three forms of the notch is varied then the form of an angled notch better able to withstand tensile loads occurring. Tensile stress specimens obtained for notched-V 60° 548.17 MPa with a K_t of 1.28. Stress concentrations that occur as a result of the notch shape of the shaft failure resulted in the concentration of carbon steel St. 60. From observations of fracture cross-sectional shape that happened was a broken clay in which the cross-sectional area reduction locally or necking.

Keywords: Carbon Steel ST. 60, Stress Concentration, Tensile Strength, Notch Shape, fracture.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan dalam bidang perancangan dan manufaktur konstruksi mesin telah mendorong dilakukannya secara terus menerus pengujian terhadap material dengan berbagai metoda. Meskipun semua jenis material yang ada dipasaran telah mengalami proses pengujian kekuatan dan perilaku mekanik, ternyata masih banyak informasi yang dibutuhkan oleh para perancang dan teknisi yang belum terpenuhi secara maksimal. Salah satu hal yang masih perlu dilakukan penelitian dalam mendapatkan perilaku dinamis material dalam berbagai kondisi pembebanan.

Poros merupakan salah satu bagian dari komponen mesin yang mengalami beban dinamis, dimana akan terjadi fluktuasi tegangan. Ketika fluktuasi yang terjadi berlangsung secara berulang sesering mungkin, maka akan terjadi kegagalan, meskipun tegangan maksimum yang terjadi masih lebih kecil dibanding dengan kekuatan statis material poros tersebut. Pada kondisi ini, sifat-sifat mekanik material telah mengalami perubahan, kemampuannya untuk menerima beban maksimum akan berkurang pula.

Kegagalan suatu material poros tidak terlepas dari karakteristik struktur yang dimilikinya. Kegagalan poros tersebut terjadi pada titik-titik dimana terdapat

konsentrasi tegangan, dimana sumber dari konsentrasi tegangan pada elemen mesin, dapat berupa takik, alur, lubang, ulir, pasak dan lain-lain. Untuk membuat geometri struktur yang benar-benar kontinyu dan bebas cacat adalah relatif sulit, karena tuntutan desain ataupun proses fabrikasi yang berpeluang menciptakan cacat, baik disengaja maupun tidak disengaja. Adanya takikan, alur pasak, maupun kontruksi yang bertanggung sangat berpotensi untuk menimbulkan konsentrasi tegangan pada daerah dimana terjadi perubahan penampang. Perpatahan merupakan pemecahan atau pemisahan suatu benda padat (*solid*) menjadi dua bagian yang diakibatkan adanya tegangan. Proses terjadinya patah (gagal) diawali dari retak yang berlanjut ke penjaralan retak. Secara umum kriteria patah dikelompokkan pada dua golongan yaitu patah getas dan patah liat^[4]. Suatu struktur tanpa konsentrasi tegangan, patah lelah dapat terjadi pada tegangan yang besarnya kurang dari sepertiga kekuatan tarik statiknya. Sedangkan pada struktur dengan konsentrasi tegangan, maka patah lelah akan terjadi pada tegangan yang jauh lebih rendah^[5]. Patah akibat dilampauinya tegangan tarik biasanya menunjukkan patah ulet, yaitu terjadinya deformasi plastis yang cukup besar disekitar potongan patah.

Karakteristik material umumnya dinyatakan dengan kurva Tegangan-Regangan, dimana dapat diketahui

kekuatan suatu konstruksi. Saat ini kita telah memasuki fase perancangan gagal aman (*fail save design*) dimana diizinkan adanya retak, namun harus memperhitungkan batas waktu untuk beroperasinya suatu komponen hingga kondisi dimana komponen harus diganti^[2]. Tiga faktor dasar yang menyebabkan terjadinya kegagalan tarik yaitu tegangan tarik maksimum yang cukup tinggi, variasi atau fluktuasi tegangan yang cukup besar, siklus penerapan tegangan yang cukup besar^[3].

Dari uraian di atas peneliti memandang perlu dilakukan suatu penelitian terhadap material poros bahan baja karbon St.60 yang dipengaruhi bentuk takik (*notched*) akibat beban tarik.

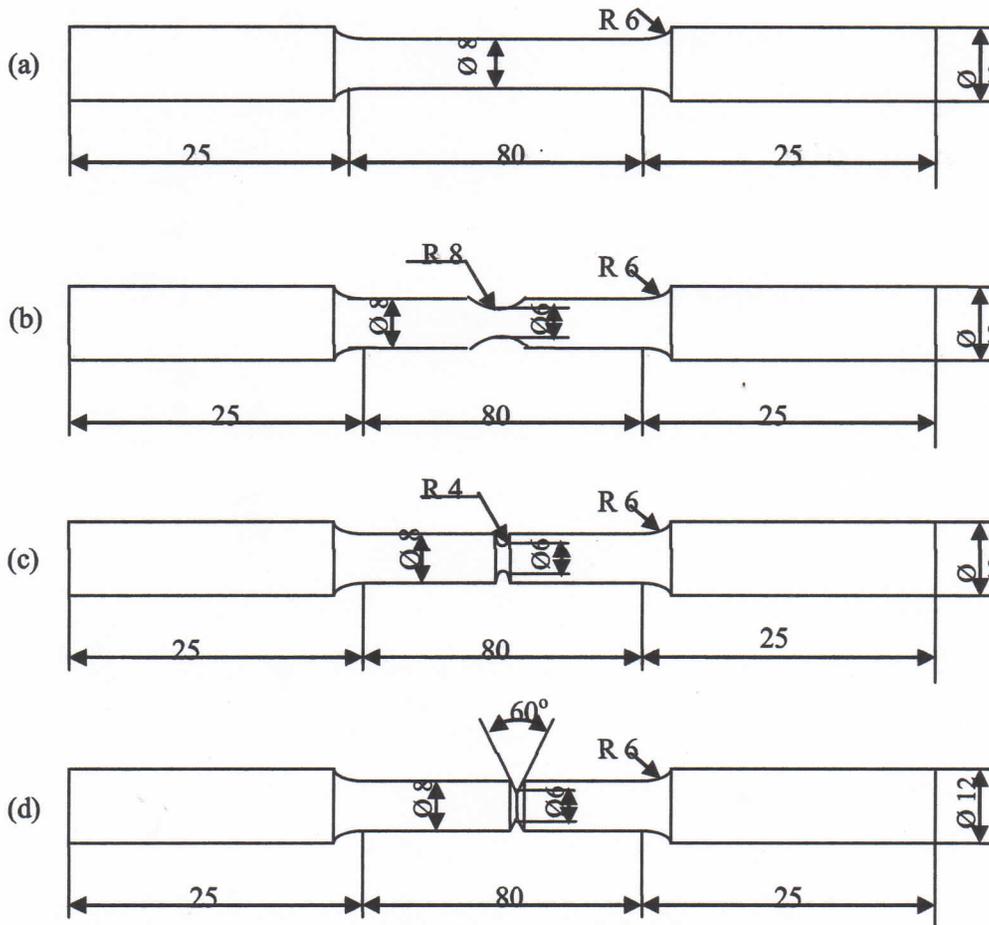
2. METODE PENELITIAN

Bahan dan Peralatan

Bahan poros yang digunakan pada penelitian ini adalah baja karbon menengah (*medium carbon steel*)

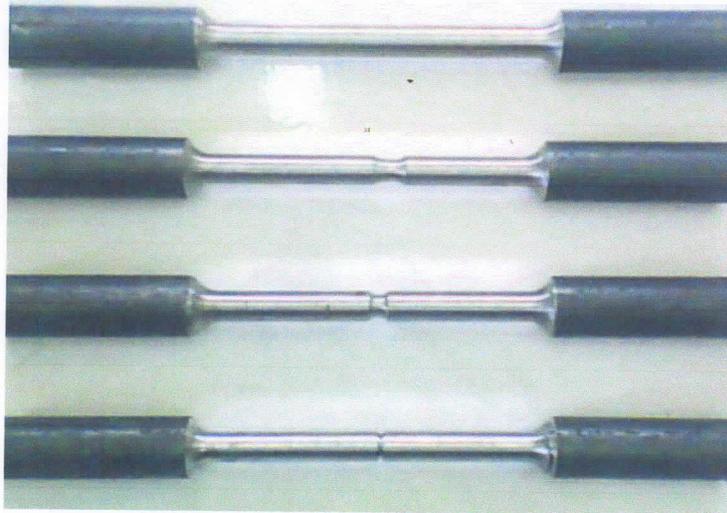
St. 60 yang berbentuk *round bar* dengan komposisi kimianya: C 0.46%; Si 0.24%; Mn 0.66%; P 0.013%; S-0.008%. Pembuatan spesimen uji sesuai standard ASTM A370 dan disesuaikan dengan perlengkapan pada mesin uji tarik. Spesimen uji dibuat dengan mesin bubut NC, dimana pembuatan takiknya menggunakan pahat bubut radius 4 mm dan 8 mm serta pahat bubut bersudut 60°. Geometri dan dimensi spesimen uji diperlihatkan pada "Gambar (1)". Spesimen uji Baja Karbon St. 60 "Gambar (2)" untuk masing-masingnya sebanyak 3 buah.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Mesin uji tarik (*Tension Testing Machine*) yang digunakan untuk pengujian tarik statis. Data yang diperoleh dari pengujian ini adalah kekuatan luluh (*yield strength*) dan kekuatan tarik (*tensile strength*) untuk spesimen uji bertakik dan tak bertakik.



Gambar 1. Geometrid dan Dimensi Spesimen Uji Tarik ASTM A370

- (a). Tanpa Takik (c). Bertakik U, R = 4 mm
 (b). Bertakik U, R = 8 mm (d). Bertakik V 60°



Gambar 2. Spesimen Uji Tarik Baja Karbon St. 60

Metode Pelaksanaan dan Pengukuran

Penelitian ini dimulai dengan pembuatan spesimen uji tarik sesuai standar ASTM A370 tanpa takik dengan pemesinan. Sebagian spesimen uji dibentuk takik-U dan takik-V pada bagian tengah batang uji. Dengan persamaan yang ada bentuk takik merupakan pendekatan kondisi konsentrasi tegangan. Kemudian dilakukan pengujian tarik terhadap spesimen standar tanpa takik dan spesimen bertakik-U radius 4 mm dan 8 mm serta bertakik-V 60°. Pengujian tarik pada spesimen tanpa takik dimaksudkan untuk mengetahui besarnya tegangan luluh dan tegangan tarik maksimum material baja karbon St. 60 pada setiap perlakuan. Sedangkan pengujian tarik spesimen bertakik dilakukan untuk mengetahui besarnya tegangan tarik maksimum akibat adanya konsentrasi tegangan. Data yang diperoleh akan dibandingkan dan menjadi fokus pengamatan dalam melihat pengaruh faktor konsentrasi tegangan.

Pengolahan data pengujian dilakukan dengan matematis statistik menggunakan persamaan yang ada. Besarnya tegangan tarik maksimum yang terjadi akibat beban aksial adalah :

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \dots (1)$$

Hukum Hooke untuk daerah elastis linier adalah:

$$\sigma_{\max} = E \cdot \varepsilon \quad \dots (2)$$

Pendekatan dalam menentukan besarnya nilai faktor konsentrasi tegangan pada spesimen yang bertakik atau berlubang, yaitu :

$$K_t = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_{\text{nom}}} \quad \dots (3)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan kekuatan tarik dari material baja karbon St. 60 dengan berbagai variasi bentuk takik. Bentuk takik pada spesimen uji merupakan pendekatan konsentrasi tegangan pada poros baja karbon. Takik-U dan takik-V bersudut dibentuk sesuai standar ASTM A-370. Penelitian yang dilakukan memberikan informasi tentang hasil pengujian tarik baja karbon St.60 yang dipengaruhi bentuk takikan (*notched*)

Pengujian tarik statik yang dilakukan pada penelitian ini untuk mengetahui sifat mekanik material poros baja karbon St.60. Harga modulus elastisitas (E) spesimen baja karbon St.60 diperoleh berdasarkan pencatatan hubungan grafik beban F dan pertambahan panjang Δl . Gaya F yang dihasilkan di ubah ke bentuk tegangan, dengan membagi gaya F terhadap luas penampang spesimen yang di uji tarik. Regangan diperoleh dengan membagi pertambahan panjang Δl terhadap panjang spesimen uji l . Dengan menerapkan berbagai persamaan Hukum Hooke (*Hooke Law*) maka diperoleh tabulasi data hasil pengujian seperti diperlihatkan pada "Tabel (1)".

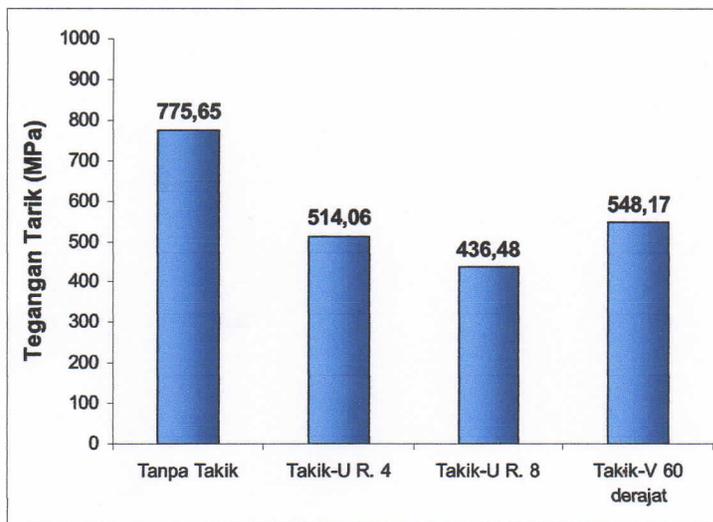
Dari hasil pengujian yang diperoleh menunjukkan bahwa kekuatan tarik baja karbon St.60 berbeda dengan adanya takikan yang diberikan. Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa tegangan tarik rata-rata yang dihasilkan dari pengujian tarik menunjukkan adanya pengaruh konsentrasi tegangan yang divariasikan bentuk takiknya. Spesimen yang tanpa takik tegangan tarik maximum rata-ratanya sebesar 775,65 MPa dan tegangan nominal rata-rata 589,11 MPa. Dengan adanya bentuk takik maka akan mempengaruhi kekuatan tarik dari material yang beraplikasi adanya konsentrasi tegangan pada batang. Jika dibandingkan dengan spesimen yang tanpa takikan menunjukkan bahwa tegangan tarik maksimum dipengaruhi oleh

adanya takikan. Dari ketiga bentuk takik yang divariasikan maka bentuk takikan yang bersudut lebih mampu menahan beban tarik yang terjadi. Tegangan σ_{max} rata-rata spesimen bertakik V 60° diperoleh sebesar 548,17 MPa dan σ_{nom} rata-rata 426,38 MPa dengan K_t sebesar 1,28. Jika dibandingkan, spesimen

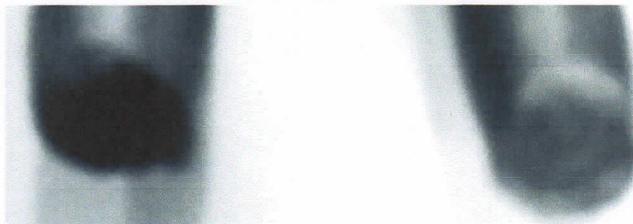
bertakik-U radius 4 mm diperoleh σ_{max} rata-rata 514,06 MPa dan σ_{nom} rata-rata 469,73 MPa dengan K_t sebesar 1,09 lebih besar dari spesimen bertakik-U radius 8 mm yaitu σ_{max} rata-rata sebesar 436,48 MPa dan σ_{nom} rata-rata 365,27 MPa dengan K_t sebesar 1,19.

Tabel 1. Hasil Pengujian Tarik Spesimen

Spesimen Uji	Tegangan maximum rata-rata (MPa)	Tegangan nominal rata-rata (MPa)	Regangan Tarik rata-rata (mm/mm)	Modulus Elastisitas (GPa)
Tanpa Takik	775,65	589,11	0,179	210,0
Takik-U Radius 4 mm	514,06	469,73	0,042	207,1
Takik-U Radius 8 mm	436,48	365,27	0,032	206,8
Takik-V 60°	548,17	426,38	0,052	210,4



Gambar 3. Grafik Tegangan Tarik



Gambar 4. Penampang Patahan Liat

Dari kondisi ini menunjukkan bahwa dalam setiap perencanaan poros harus diperhatikan dan dipertimbangkan konsentrasi tegangan yang terjadi akibat adanya bentuk takik (tempat pasak atau baji, alur, spline). Konsentrasi tegangan (variasi bentuk takik) akan menurunkan kekuatan tarik yang mengakibatkan kegagalan dari material poros baja karbon St. 60. Hal ini terbukti dari pengujian yang dilakukan dimana tegangan tarik maksimum masing-masing spesimen uji yang diberi variasi bentuk takik

nilainya menurun dibandingkan dengan tegangan tarik spesimen tanpa takik. Dengan demikian kegagalan sebuah poros baja karbon St.60 yang memiliki takik (tempat pasak atau baji, alur, spline) cenderung akan terjadi dan terpusat di daerah takikan tersebut.

Dari pengujian tarik yang dilakukan, patahan yang terjadi menunjukkan akibat beban tarik. Perpatahan akibat beban tarik terjadi pemecahan atau pemisahan suatu batang menjadi dua bagian yang diakibatkan

adanya tegangan. Proses terjadinya patah (gagal) diawali dari retak yang berlanjut ke penjalaran retak (*crack propagation*). Bentuk patahan yang terjadi adalah patah liat dimana adanya reduksi luas penampang secara lokal atau *necking*. Reduksi luas penampang secara lokal atau *necking* menunjukkan tingkat keliatan material. Besarnya reduksi luas penampang adalah perbandingan antara luas penampang patahan terkecil dibagi dengan luas penampang mula-mula. Patah liat akibat beban statis dapat dilihat dari bentuk kontour penampang patahannya "Gambar (4)". Pembebanan statis menyebabkan deformasi statik, akibatnya terjadi pergelinciran struktur. Perambatan retak pada daerah *necking* terjadi akibat proses penumpulan plastis. Pada awalnya retak tajam, akibat beban tarik, ujung takik mengalami pergelinciran dengan arah 45° . Seiring dengan pelebaran retakan hingga maksimum, retakan tersebut bertambah panjang akibat geseran plastis, dan pada saat yang sama retak menumpul. Apabila beban berubah menjadi tekan, arah pergelinciran pada daerah ujung berbalik. Kedua permukaan retakan saling berinteraksi, dan permukaan retakan baru yang terbentuk ditekan kebidang retakan, hingga membentuk ujung retak yang tajam.

Hal ini sesuai dengan pernyataan Dieter, 1986 dimana perpatah diawali dengan adanya pengecilan penampang (*necking*), akibat beban tarik uniaksial menyebabkan deformasi statik dan pergelinciran struktur sehingga pada ujung patahan berbentuk kontour yang tajam dan tertarik. Dengan demikian patahan yang terjadi adalah patahan liat. Bahan liat tidak terlalu sensitif terhadap takikan dan dimungkinkan terjadi penguatan karena takikan. Tegangan luluh tarik dari bahan liat kemungkinan akan meningkat dengan adanya sebuah takikan yang berhubungan dengan pembatasan (*constraint*).

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa Penurunan kekuatan tarik material baja karbon St. 60 akibat peningkatan konsentrasi tegangan di daerah takikan dapat dibuktikan. Bentuk takikan menimbulkan konsentrasi tegangan dan mempengaruhi kekuatan tarik material baja karbon St. 60. Tegangan tarik spesimen batang bertakik-V 60° diperoleh nilai σ_{max} rata-rata sebesar 548,17 MPa dan σ_{nom} rata-rata 426,38 MPa dengan K_t sebesar 1,28. Bentuk takikan bersudut (takik-V) menjadi sebab terjadinya tegangan setempat yang lebih tinggi (pemusatan tegangan / konsentrasi tegangan) dibandingkan takik-U. Konsentrasi tegangan dengan berbagai variasi bentuk takikan (*notched*) akan menurunkan kekuatan tarik yang mengakibatkan kegagalan dari material poros baja karbon St. 60. Penampang patahan akibat

beban tarik dapat diidentifikasi dengan bentuk akhir patahan yang terjadi. Hal ini menunjukkan patahan yang terjadi adalah patahan liat dimana adanya reduksi luas penampang secara lokal atau *necking*. Reduksi luas penampang secara lokal atau *necking* menunjukkan tingkat keliatan material. Pembebanan statis menyebabkan deformasi statik, akibatnya terjadi pergelinciran struktur. Permukaan retakan yang terbentuk ditekan ke bidang retakan, hingga membentuk ujung retak yang tajam.

PUSTAKA

1. ASTM A 370, *Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Product*, 1999.
2. Broek, D., *Elementary Engineering Fracture Mechanics*, 4 ed, Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, Netherlands, 1987.
3. Dieter. G., *Mechanical Metallurgy*, 3th edition, Mac Graw Hill, New York, 1986.
4. Sriati Djafri, *Metalurgi Mekanik*, Edisi Ketiga, Erlangga, Indonesia, 1993.
5. Surdia, T., S. Saito, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Cetakan Ke-empat, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 1999.

CURRICULUM VITAE

Hendri Nurdin & Mulianti, Dosen Jurusan Teknik Mesin, FT-UNP, Jl. Prof. Dr. Hamka Kampus UNP Air Tawar, Padang 25131, Telp. 0751-7053508 ; E-mail: hens2tm@yahoo.com