

Jurnal Ilmiah

EKOTRANS

Perspektif Teori

Aplikasi Port Paralel dan Remote Kontrol untuk Melakukan Proses Restart dan Shutdown pada Komputer

Artikel - Artikel

- **Problema Pemakaian Pola D-M dan Kata Penghubung dalam Menterjemahkan Frase Nominal Bahasa Inggris Ke Bahasa Indonesia**
- **Komunikasi Suara dengan Menggunakan Teknologi VoIP (Voice Over Internet Protocol)**
- **Enterprise Resources Planning (ERP) Konsep dan Implementasi**

Laporan Penelitian

Komposisi Pohon di Hutan Batu Busuak Kelurahan Lambuang Bukit Kecamatan Pauh Padang



**Penebit
Pusat Studi Ekonomi dan Tapioka
Lembaga Penelitian & Pengabdian Masyarakat
Universitas Ekasakti
PADANG**

Diterbitkan oleh Pusat Studi Ekonomi dan Sosial Universitas Ekasakti (UNES) Padang dan dimaksudkan sebagai media informasi dan forum pengkajian ekonomi dan sosial. Jurnal ini berisikan tentang perkembangan teoritik, artikel ilmiah, dan hasil penelitian. Redaksi mengundang para pakar, para praktisi dan siapa saja yang berminat untuk berdiskusi dan menulis, sambil berkomunikasi dengan masyarakat luas. Tulisan dalam Ekotrans tidak harus mencerminkan pandangan/ pendapat.

Redaksi	
Pelindung	: Prof.Dr.H.Andi Mustari Pide, SH.
Pemimpin Umum	: Tarma Sartima
Wakil Pemimpin Umum	: Syaiful Ardi
Ketua Penyunting	: Tarma Sartima
Wakil Ketua Penyunting	: Listiana Sri Mlatsih
Penyunting Pelaksana	: Ruslan Ismail Mage
Anggota Penyunting	: Dina Adawiyah, Tety Chandra, Irmayani, Salfadri, dan Caterina Lo.
Penyunting Ahli	: Dr. Ungsi AOM Dr. Agussalim, SE.,MS Dr. Agus Sutardjo, SE.,M.Si Dr. Darmini Roza,SH.,M.Hum

Alamat Redaksi dan Tata Usaha :

Jl. Veteran dalam No. 26 Padang 25113
Phone (0751) 28859 Fax (0751) 32694
e-mail : unes-aa@plasa.com.

Jurnal Ilmiah Ekotrans

Diterbitkan secara berkala 2 kali setahun
Oleh

Pusat Studi Ekonomi dan Sosial
Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat
Universitas Ekasakti
PADANG

Terbit pertama kali Januari 2001
Frekuensi terbit 2 kali setahun : Januari dan Juli

Daftar Isi

Salam Redaksi

Perspektif Teori

Aplikasi Port Paralel dan Remote Kontrol untuk Melakukan Proses Restart dan Shutdown pada Komputer Oleh : Heri Mulyono (Hal. 1 - 6)

Artikel-Artikel

- Problema Pemakaian Pola D-M dan Kata Penghubung dalam Menterjemahkan Frase Nominal Bahasa Inggris Ke Bahasa Indonesia Oleh : Titin Ritmi (Hal. 7 - 13)
 Pemanfaatan Jerami Padi Untuk Makanan Ternak Oleh : Mihrani (Hal. 14 - 20)
 Teknologi Pembuatan Pupuk Organik Majemuk Lengkap dengan Memanfaatkan Bioteknologi NT 45 I Oleh : I Ketut Budaraga dan Darmansyah (Hal. 21 - 27)
 Tanggungjawab Sosial Perusahaan pada Publik (*Corporate Social Responsibility*) Oleh : Gus Andri (Hal. 28 - 35)
 Komunikasi Suara Dengan Menggunakan Teknologi VoIP (Voice Over Internet Protocol) Oleh : Machdalena (Hal. 36 - 42)
Enterprise Resources Planning (ERP) Konsep dan Implementasi Oleh : Fanny Camelia (Hal. 43 - 49)
 Efek Penambahan Beberapa Minyak pada Pakan Unggas terhadap Produksi dan Kualitas Telur Oleh : Mihrani (Hal. 50 - 55)
 Potensi Tempurung Sawit sebagai Bahan Baku Pembuatan Briket, Arang Aktif, Fenol dan Asap Cair Oleh : I Ketut Budaraga (Hal. 56 - 65)
 Rekayasa Bahan Logam untuk Kebutuhan Industri Proses Kimia dan Pelayanan Air Laut Oleh : Mulianti (Hal. 66 - 71)
 Mengenal Algoritma Genetik Oleh : Machdalena (Hal. 72 - 77)
 Business Process Reengineering (BPR) - Overview - Oleh : Fanny Camelia (Hal. 78 - 83)
 Pemanfaatan Zeolit pada Pengolahan Limbah dan Proses Industri Oleh : Mulianti (Hal. 84 - 90)

Laporan Penelitian

- Komposisi Pohon di Hutan Batu Busuak Kelurahan Lambuang Bukit Kecamatan Pauh Padang Oleh : Nurhadi dan Nursyahra (Hal. 91 - 96)
 Penentuan Kadar Fenol Total dan Aktivitas Antioksidan pada Daun Pepaya (*Carcia Papaya L*) Oleh : B. A. Martinus dan Mardius Syarif (Hal. 97 - 106)
 Analisa Penggunaan Bahan Bakar Minyak Jelantah Pada Motor Diesel Oleh : Rodesri Mulyadi (Hal. 107 - 112)
 Studi Pembentukan Fasa Martensite dalam Baja Oleh : Generousdi (Hal. 113 - 118)
 Tinjauan Bahan Campuran Asphalt Concrete (AC) Menggunakan Agregat Gunung Daerah Air Dingin Kabupaten Solok Oleh : Elvi Roza Syofyan (Hal. 119 - 131)
 Kepadatan Larva *Anopheles* Pada Beberapa Tempat Perindukan Di Kelurahan Tanah Tumbuh Kecamatan Tanah Tumbuh Kabupaten Bungo Propinsi Jambi Oleh : Jasmi dan Rina Widiana (Hal. 132 - 136)
 Pemamfaatan Silika Fume dari Bubuk Kaca untuk Meningkatkan Kinerja Beton Oleh : Indrayurmansyah dan Mukhlis (Hal. 137 - 146)
 Karakteristik Lelah Baja Karbon Bertakik U Akibat Amplitudo Beban Bervariasi Oleh : Rodesri Mulyadi (Hal. 147 - 154)
 Pemanfaatan Kulit Manggis (*Garcinia Mangostana L.*) Sebagai Bahan Penyerap Ion Pb(II) Oleh : Femi Earnestly (Hal. 155 - 163)
 Sifat dan Karakteristik (Kinerja) Campuran Lataston dengan Menggunakan Abu Sekam sebagai Filler Oleh : Syaifullah Ali (Hal. 164 - 175)
 Studi Lanjut Baja Mangan Austenitik Oleh : Generousdi (Hal. 176 - 182)
 Pedoman Penulisan Jurnal Ekotrans (Hal. 183)

Segala puji dan syukur SWT atas segala curahan rahmat seluruh pengelola jurnal pada Edisi Juli 2009 bisa kembali berrespon dan dukungan terpeliharanya kontinuitas

Dalam kitab *Fadhil* Muhammad Zakariyya raba. Abu Bakar "Saya ingin makan sedikit uang dari pembelanjaan terkumpul". Maka Abu Bakar menyisihkan sedikit demi sedikit terkumpul. Istrinya menyerasikan bahan manisan. Abu Bakar R.A. bahwa kita mendapat gaji yang terkumpul istrinya dikumpulkan untuk selanjutnya sebanyak yang

Kisah di atas menginspirasi berjuang untuk senantiasa hidup amanah dan kejujuran, untuk maupun kelak di akhirat.

Pemimpin seperti dunia kesederhanaan, Ia berusaha duniawi yang dapat merugikan konsumsi secukupnya yang Seorang pemimpin acap lupa Di bulan Juli 2009

untuk 5 tahun ke depan. Siapapun dan menjalankan amanah dan

Jurnal Ekotrans edisi kali materi tulisanpun masih berupaya untuk meningkatkan

Salam Redaksi

Segala puji dan syukur sudah sepantasnya kita panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala curahan rahmat dan kasih sayang-Nya. Sepantasnya kami beserta seluruh pengelola jurnal patut bersyukur karena Jurnal Ilmiah Ekotrans Vol.9 No.2 Edisi Juli 2009 bisa kembali hadir di tenang-tengah kita. kami sangat tersanjung atas respon dan dukungan rekan-rekan untuk selalu meluangka waktunya demi terpeliharanya kontinuitas kehadiran jurnal yang kita cintai ini.

Dalam kitab Fadhail A'mal yang disusun Syaikul Hadits Maulana Muhammad Zakariyya raha. dikisahkan : Pada suatu ketika istrinya memohon kepada Abu Bakar "Saya ingin makan manisan". Abu Bakar berkata "Saya tidak punya uang untuk membelinya". Istrinya berkata "Kalau engkau setuju, saya akan menyisihkan sedikit uang dari pembelanjaan tiap hari. Sehingga beberapa hari uang akan terkumpul". Maka Abu Bakar shiddiq pun mengijinkannya. Istrinya telah menyisihkan sedikit demi sedikit sehingga dalam beberapa hari uang tersebut terkumpul. Istrinya menyerahkan uang tersebut kepada Abu Bakar untuk dibelikan bahan manisan. Abu Bakar R.A. berkata "Dari pengalaman ini sekarang saya tahu bahwa kita mendapat gaji yang berlebihan dari Baitul Mal. Oleh karena itulah uang yang dikumpulkan istrinya dikembalikan ke Baitul mal dan dia mengurangi gajinya untuk selanjutnya sebanyak yang dikumpulkan oleh istrinya setiap hari.

Kisah di atas menggambarkan bagaimana pemimpin negara jaman dulu berjuang untuk senantiasa hidup bersahaja. Sebaik-baik jabatan yang ia emban adalah Titipan sekaligus ujian dari Tuhan. Yang harus dijaga dan dijalankan dengan penuh amanah dan kejujuran, untuk selanjutnya dipertanggung jawabkan baik di dunia maupun kelak di akhirat.

Pemimpin seperti diatas telah memberikan contoh langsung hidup dalam kesederhanaan, Ia berusaha menjaga diri dari pola hidup berlebihan dan godaan duniawi yang dapat merugikan dirinya dan rakyat banyak. Kesederhanaan dan prinsip konsumsi secukupnya yang dicontohkan seorang pemimpin lalu diikuti oleh para bawahan dan rakyat banyak, adalah sebuah upaya dalam rangka menegakan keadilan Seorang pemimpin acap lupa kalau jabatan itu adalah amanah.

Di bulan Juli 2009 masyarakat negeri ini akan menentukan pemimpin bangsa untuk 5 tahun ke depan. Siapapun pemimpin yang kelak terpilih, mampu menjaga dan menjalankan amanah dan kepercayaan yang telah diberikan rakyat.

Jurnal Ekotrans edisi kali ini masih cukup banyak tulisan yang masuk dan materi tulisanpun masih beragam. Sesungguhnya demikian, kami tetap selalu berupaya untuk meningkatkan kualitas. Selamat membaca.

Padang, Juli 2009

Redaktur

Karakteristik Lelah Baja Karbon Bertakik U Akibat Amplitudo Beban Bervariasi

Rodesri Mulyadi

Rodesri Mulyadi adalah Staf Pengajar pada Jurusan Teknologi Mekanik, Politeknik Pertanian Unand

Abstract

This research is aimed to investigate the fatigue characteristic of low carbon steel with variation of notch U radius 8 mm and 1.5 mm. Bending load with constant and fluctuated amplitude was applied on specimen to observe the degradation level and fatigue endurance limits on the notch variation and also to identify failed area.

Machine that used in the research is generating dynamic load which has constant amplitude at 2850 rpm rotation. The machine was also equipped with suddenly loads equipment to produce fluctuation amplitude loads through arrangement of cam work mechanism. Heat treatment of quenched and annealed was first given to the test specimen, then its fatigue life was compared to non treatment specimen. Fatigue endurance from the result of examination! on amplitude of fluctuation load could be compared to amplitude of constant load. Fatigue endurance limits of notch-U specimen use radius 8 mm and 1.5 mm is also analysed to specimen without notch and its fatigue damage is identified through failed area. Based on S-N curve, the fatigue endurance limits for the specimen with notch radius 1.5 mm in which amplitude of constant load was given 105 MPa for the quenched specimen with the constant damage curve $S_a=771N-0.1511$; 51 MPa for the annealed specimen with $S_a=649N-0.1691$; 86MPa for non treatment specimen with $S_a=654.N-0.1497$, while for the specimen notch radius 1.5 mm in which amplitude of fluctuation load was given 51 MPa (13.3% σ_u or 19% σ_y) for the quenched with the constant damage curve $S_a=750N-0.1710$; 51 MPa for the annealed specimen with $S_a=633.N-0.1803$; 60MPa for non treatment specimen with $S_a=649N-0.1804$. This result shows that the fatigue endurance limit decreases up to 70 % in fluctuated amplitude loading and the failure happens above 1.5 10⁶ cycle. On the other hand, degradation of fatigue life for the specimen notch radius 8mm and 1.5mm is 90% and 85% due to specimen without notch, while the failed area shows fatigue damage characteristics in forms of initial crack, beach mark and final failure.

Keyword : Low steel carbon, notch, fatigue

1. Pendahuluan

Sebagian besar komponen mesin atau struktur dalam aplikasinya tidak beroperasi pada beban dan tegangan yang konstan, melainkan berfluktuasi secara periodik. Jika fluktuasi tegangan ini cukup besar dan berulang-ulang, maka kegagalan struktur akan terjadi walaupun tegangan maksimal yang terjadi pada elemen struktur tersebut jauh

lebih kecil dibandingkan dengan kekuatan materialnya. Kegagalan seperti ini disebut kegagalan fatik atau patah lelah (*fatigue failure*).

Sungguh sulit untuk membuat suatu geometri struktur yang benar-benar kontinyu dan bebas cacat. Adanya takikan, alur pasak, maupun kontruksi yang bertanggung sangat berpotensi untuk menimbulkan konsentrasi tegangan pada daerah dimana terjadi perubahan penampang. 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, Surdia (1992).

Karakteristik lelah material umumnya dinyatakan dengan kurva S-N, dimana dengan mudah dapat diprediksi umur 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 (Broek, 1987).

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk menyelidiki pengaruh serta karakteristik perpatahan dan kelelahan. Goto dan Nisitani (1994) menyatakan bahwa semakin tinggi kekuatan tarik material semakin tinggi pula batas ketahanan lehannya.

Pengujian ketahanan lelah poros baja karbon rendah dilakukan oleh Rodesri Mulyadi (2005) dengan menggunakan *rotary bending fatigue machine* pada beban amplitudo konstan. Mesin uji beroperasi pada putaran 2850rpm. Sebelum proses pengujian, material diberi perlakuan *normalizing* yang dilanjutkan *quenching* dan *tempering*. Konsentrator tegangannya berupa takikan dengan diameter 1,5mm. Pada pengujian ini, batas ketahanan lelah baja rendah adalah 105Mpa.

Besarnya sudut takik V tidak selalu harus 60°, tetapi dapat bervariasi. Seperti halnya takikan V dengan sudut 90° pada penelitian yang dilakukan oleh Taylor dkk (1996). Takikan tersebut mempunyai kedalaman 3,18 mm dan radius ujung takik 0,3 mm. Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari perilaku perambatan retak untuk menentukan umur kelelahan dengan pendekatan *fracture mechanics*. Material yang diuji adalah *gray cast iron grade 17* yang mempunyai kekuatan tarik 249 MPa dan nodular SG irons (*pearlitic dan ferritic*). Batas lelah spesimen bertakik lebih kecil dibandingkan dengan spesimen tak bertakik dan bertambahnya diameter spesimen menurunkan batas kelelahan material.

Suatu metoda analisis untuk mengevaluasi perilaku lelah karena beban lentur putar diperkenalkan oleh Setiyono (1999). Kegagalan lelah terjadi melalui beberapa tahap, yaitu pembentukan awal retak, perambatan retak, dan kerusakan akhir. Pendekatan Neuber digunakan untuk prediksi siklus pembentukan retak awal, dan pendekatan Paris ditujukan untuk prediksi siklus perambatan retak lehannya. Ketelitian hasil prediksi dengan metoda ini diverifikasi dengan pengujian kelelahan baja karbon bertakik-V yang terbebani lentur putar ($R=-1$).

Pengujian poros uji bertakik-V dengan sudut takik 60° juga dibuat oleh Fonte dan Freitas (1997). Takikan ini dibuat untuk membentuk *precracked* sepanjang setengah diameter. Pengujian dilakukan pada mesin dengan putaran 1450 rpm. *Precracking* terbentuk dengan pengujian *rotary bending* dan *reversed bending*. Pengujian *reversed bending* juga dilakukan pada tegangan puntir tetap Akibat kombinasi beban lentur dan puntir pada pengujian *rotary bending*, retak mengkilap dan patahan berbentuk *helical* dengan sudut inklinasi proporsional terhadap besarnya puntiran.

2. Landasan Teori

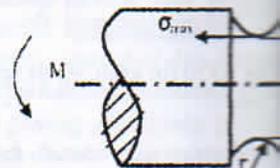
Menurut Dieter (1986), kegagalan lelah (*fatigue failure*) adalah kegagalan yang terjadi pada keadaan beban dinamik setelah periode pemakaian cukup lama. Tiga faktor dasar yang menyebabkan terjadinya kegagalan lelah yaitu,

1. Tegangan tarik maksimum yang dialami
 2. Variasi atau fluktuasi tegangan yang dialami
 3. Siklus penerapan tegangan yang dialami
- Variabel lain adalah tegangan kompresif, kelelahan material terdiri atas *crack* pada daerah dengan konsentrasi tegangan terus merambat hingga sisa penampang mengalami kegagalan. Siklus yang diperlukan untuk mencapai umur lelah atau *fatigue life* (Setiyono, 1999).

Pengujian lelah dilakukan dengan menggunakan spesimen uji patah pada siklus beban tertentu seterusnya. Untuk mendapatkan kurva *Stress level* yang penting dalam pengujian adalah tegangan minimum, tegangan amplitudo serta frekuensi dengan $R=-1$ konfigurasi beban uji lelah sinusoidal amplitudo konstan dan fluktuasi.

Beban lebih periodik pada pengujian *overstress* untuk beban tarik atau kompresi. Beban lebih material liat akan mempunyai umur lelah yang lebih pendek. Struktur mikro diujung retak lebih halus mempunyai umur lelah yang lebih tinggi dapat menyebabkan daerah di sekitar retak lebih besar, sehingga spesimen akan gagal lebih cepat.

Cyclic hardening umumnya terjadi pada spesimen uji lelah. Kapasitas *cyclic hardening* akibat beban siklus dibandingkan dengan beban siklus tunggal. Struktur mikro menjadi padat dan kuat. Akibatnya, spesimen yang getas juga akan mempunyai umur lelah yang lebih panjang pada pengujian *overload*.



Gambar 1. Poros bertakik

Faktor konsentrasi tegangan (K_t) elastis yang dikenai beban statis, beban dinamis, beban siklus dan kerusakannya adalah gagal lelah. Faktor konsentrasi tegangan lelah (K_f) yang didefinisikan sebagai:

$$K_f = q(K_t - 1) + 1$$

Dimana q adalah indek sensitivitas terhadap kekuatan lelah material baja.

Siklus umur lelah material dapat ditentukan dari hasil uji lelah pada spesimen uji. Hasil uji lelah ini dirangkai dari sejumlah plot amplitudo tegangan ini merupakan jaring-jaring.

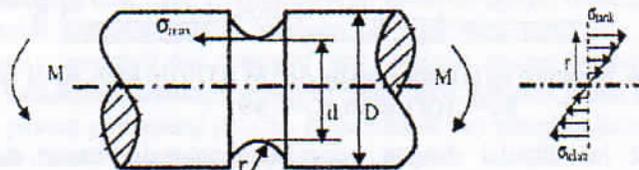
1. Tegangan tarik maksimum yang cukup tinggi.
2. Variasi atau fluktuasi tegangan yang cukup besar.
3. Siklus penerapan tegangan yang cukup besar.

Variabel lain adalah tegangan kombinasi, konsentrasi tegangan, tegangan sisa, struktur metalurgis, suhu, dan korosi yang cenderung mengubah kondisi kelelahan. Tahapan kelelahan material terdiri atas *crack initiation*, *crack growth* dan *final fracture* yang bermula pada daerah dengan konsentrasi tegangan yang tinggi. Beban dinamis menyebabkan retak terus merambat hingga sisa penampang tidak mampu lagi menahan beban dan mengalami kegagalan. Siklus yang diperlukan untuk melengkapi tahapan kelelahan tersebut disebut umur lelah atau *fatigue life* (Setiyono, 1999).

Pengujian lelah dilakukan dengan cara memberikan *stress level* tertentu sehingga spesimen uji patah pada siklus tertentu pula, kemudian *stress level* diturunkan dan seterusnya. Untuk mendapatkan kurva S-N dibutuhkan 8-12 spesimen (Dieter, 1986). *Stress level* yang penting dalam pengujian kelelahan adalah tegangan maksimum, tegangan minimum, tegangan amplitudo serta rasio tegangan (R). Pada *rotary bending machine* dengan R=-1 konfigurasi beban uji lelah dapat bervariasi dengan mengkombinasikan beban sinusoidal amplitudo konstan dan fluktuasi.

Beban lebih periodik pada pengujian lelah dapat menyebabkan terjadinya *overstress* untuk beban tarik atau *cyclic hardening* untuk beban tekan. Akibat beban lebih material liat akan mempunyai *overstress* yang tinggi, sedangkan material yang getas akan memiliki *overstress* yang rendah. *Overstress* yang tinggi membuat struktur mikro diujung retak lebih tahan terhadap perambatan retak, sehingga mempunyai umur lelah yang lebih lama. Namun begitu, apabila *overstress* terlalu tinggi dapat menyebabkan daerah di sekitar ujung retak mempunyai plastisitas yang besar, sehingga spesimen akan gagal lebih awal.

Cyclic hardening umumnya terjadi pada pengujian beban *overloads* tekan. Kapasitas *cyclic hardening* akibat beban dampak dinamis lebih kecil bila dibandingkan dengan beban siklus tanpa dampak. Pada saat terjadi penekanan, butiran struktur mikro menjadi padat dan keras sehingga sifat material menjadi getas. Material yang getas juga akan mempunyai umur lelah yang lebih rendah, khususnya pada pengujian *overload*.



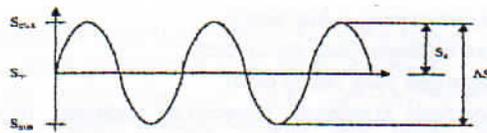
Gambar 1. Poros bertakik U menderita momen lentur M

Faktor konsentrasi tegangan (K_t) hanya berlaku untuk level tegangan pada daerah elastis yang dikenai beban statis, sedangkan untuk daerah plastis yang dikenai beban siklis dan kerusakannya adalah gagal lelah maka harus dimodifikasi lagi menjadi faktor konsentrasi tegangan lelah (K_f) yang ditentukan dengan persamaan,

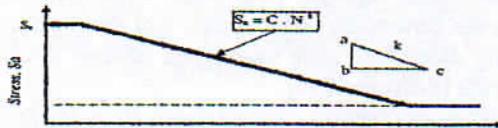
$$K_f = q(K_t - 1) + 1$$

Dimana q adalah indek sensitivitas takik yang merupakan fungsi radius ujung takik terhadap kekuatan lelah material baja.

Siklus umur lelah material dapat diketahui dengan memberikan beban tertentu pada spesimen uji. Hasil uji lelah ini digambarkan dalam bentuk kurva S-N yang dirangkai dari sejumlah plot amplitudo tegangan (S_a) dan siklus lelahnya, harga amplitudo tegangan ini merupakan jarak antara tegangan rata-rata dan puncak tegangan.



Gambar 2. Siklus Amplitudo tangan



Gambar 3. Kurva S-N Gatts

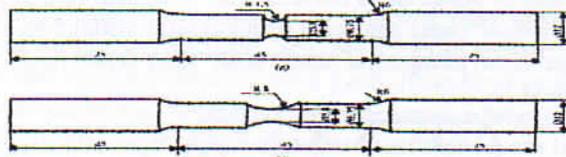
Pada pengujian lelah baja, Wohler menemukan adanya suatu tingkat tegangan dimana material mampu menahan beban dinamis dalam waktu yang tidak terbatas dan tanpa menunjukkan tanda-tanda kerusakan, yang dikenal dengan batas ketahanan lelah (*fatigue endurance limits*).

Kegagalan lelah dapat ditunjukkan oleh aspek-aspek sebagai berikut:

1. Sisi-sisi retak awal jelas dan perambatan retak ditunjukkan oleh *beach mark*
2. Daerah patah akhir jelas (*final failure*).
3. Daerah perambatan retak menunjukkan kontour berbentuk elips atau lingkaran.

3. Metode Penelitian

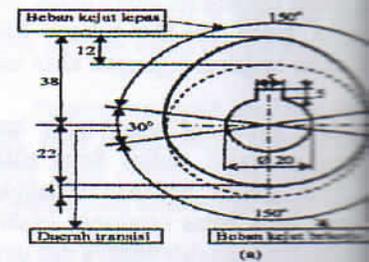
Bahan spesimen uji adalah baja paduan karbon rendah dengan kadar karbon berkisar 0,213%. Spesimen uji dibuat dengan mesin bubut, dimana pembuatan takiknya menggunakan pahat bubut radius 1,5 mm dan 8mm. Selanjutnya setiap spesimen uji tersebut dipersiapkan tanpa perlakuan dan engan perlakuan panas.



Gambar 4. Spesimen uji (a) tarik standar ASTM A370 (b) lelah, $K_f=1$ (c) lelah, $K_f=1,49$

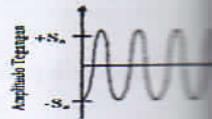
Penelitian ini dimulai dengan pengujian komposisi unsur material, uji metalografi, uji kekerasan mikro dan makro. Kemudian dilakukan pengujian tarik terhadap spesimen standar tanpa takik dan spesimen bertakik radius 1,5 mm, dimana masing-masing spesimen tersebut diberikan perlakuan *annealing*, *quenching* serta tanpa perlakuan panas. Pengujian tarik ini dimaksudkan untuk mengetahui besarnya tegangan luluh dan tegangan tarik maksimum pada setiap perlakuan, sedangkan pengujian tarik spesimen bertakik dilakukan sebagai data pembandingan.

Pengujian kelelahan dilakukan menggunakan beban amplitudo konstan dan beban fluktuasi dengan cara memberi dan melepaskan beban kejut. Beban kejut ini naik dan turun diangkat oleh cam yang berbentuk oval.

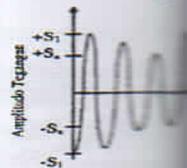


Gambar 5. Mekanisme kerja cam

Fluktuasi beban meningkat untuk mengangkat beban kejut, dimana pada saat spesimen uji adalah beban tetap dan kemudian mengangkat beban kejut sehingga pada saat spesimen uji, pada posisi ini beban tetap.



Gambar 6. Konfigurasi



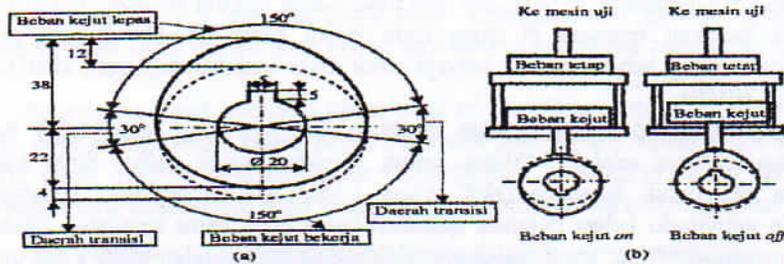
Gambar 7. Konfigurasi

Pengamatan penampang patahan pada spesimen uji tarik statis. Hal ini menunjukkan patahan. Peneliti mengelompokkan spesimen ke dalam perlakuan panas, *quenched* dan *annealed*. Spesimen ini diberikan beban konstan dan berfluktuasi, kemudian spesimen ini diuji dengan beban tarik maksimum 571,7 MPa. Setiap pasang penampang patahan menunjukkan tegangan lelah dan ciri-ciri patah kelelahan.

4. Hasil Penelitian Dan Pembahasan

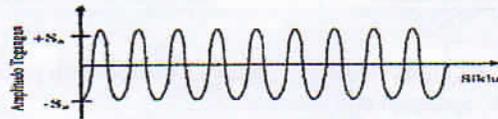
Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja paduan karbon rendah dengan kadar karbon 0,231%. Pengujian tarik spesimen tanpa perlakuan panas dengan beban tarik maksimumnya 608MPa dan dengan takik radius 1,5mm tanpa reduksi kekuatan tarik maksimumnya 881,9MPa dan kekuatan tarik maksimum 571,7 MPa.

Hasil perhitungan teoritis menggunakan beban amplitudo konstan $W=4,5k$ (dari W). Dengan mengasumsikan nilai...

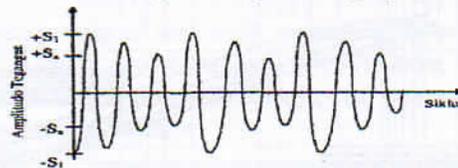


Gambar 5. Mekanisme kerja cam a) daerah kerja dan ukuran b) posisi kerja

Fluktuasi beban meningkat pada saat posisi cam kebawah dan tidak mengangkat beban kejut, dimana pada saat itu beban bending yang bekerja pada spesimen uji adalah beban tetap dan beban kejut. Selanjutnya posisi cam keatas mengangkat beban kejut sehingga mengurangi fluktuasi beban yang bekerja pada spesimen uji, pada posisi ini beban bending yang bekerja hanya beban tetap.



Gambar 6. Konfigurasi amplitude tegangan konstan



Gambar 7. Konfigurasi amplitude tegangan fluktuasi

Pengamatan penampang patahan dilakukan dengan foto makro, baik spesimen uji leleh maupun spesimen uji tarik statis. Hal ini dilakukan untuk mengamati karakteristik permukaan patahan. Peneliti mengelompokkan spesimen uji yang telah patah atas spesimen tanpa perlakuan panas, *quenched* dan *annealed* serta spesimen dengan pembebanan amplitudo konstan dan berfluktuasi, kemudian spesimen tanpa takik, bertakik 8 mm dan bertakik 1,5 mm. Setiap pasang penampang patahan diidentifikasi dan dianalisa korelasi umur leleh, tegangan leleh dan ciri-ciri patah lelehnya.

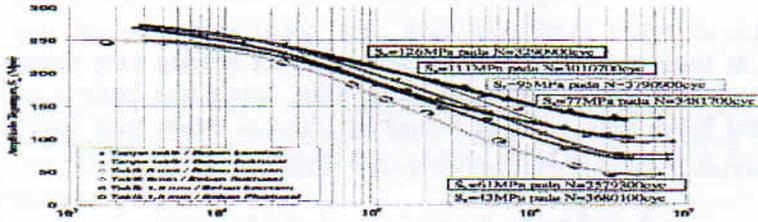
4. Hasil Penelitian Dan Pembahasan

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja karbon rendah dengan kadar karbon 0,231%. Pengujian tarik spesimen standar ASTM A-370 untuk spesimen tanpa perlakuan panas dengan reduksi luas penampang 24,7%, kekuatan tarik maksimumnya 608MPa dan kekuatan luluh 426MPa, sedangkan pada spesimen radius takik 1,5mm tanpa reduksi luas penampang menghasilkan kekuatan tarik 881,9MPa dan kekuatan luluh 430MPa, serta spesimen *annealed* menghasilkan kekuatan tarik maksimum 571,7 MPa dan kekuatan luluh 400MPa.

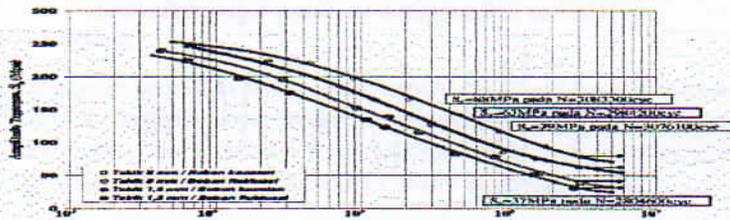
Hasil perhitungan teoritis menunjukkan tegangan luluh diujung takik untuk spesimen takik 1,5 mm dan tanpa perlakuan mencapai 426MPa pada saat besarnya beban amplitudo konstan $W=4,9\text{kg}$ dan besarnya beban tiba-tiba $W_f=0,85\text{kg}$ (17,35% dari W). Dengan mengasumsikan tidak terjadinya efek beban dampak saat penambahan

tegangan serta memenuhi kriteria teori mekanika bahan tentang *suddenly loads*, maka besarnya lonjakan tegangan di ujung takik ketika beban tiba-tiba bekerja adalah 14,78Mpa. Setelah beban tiba-tiba bekerja stabil maka lonjakan tegangan akan turun menjadi 7,39MPa.

Pada amplitudo beban konstan spesimen *non treatment* tanpa takik batas ketahanan lelehnya adalah 145Mpa. untuk spesimen takik radius 8mm adalah 105Mpa dan untuk spesimen takik radius 1,5mm adalah 86Mpa. Sedangkan terhadap amplitudo beban fluktuasi spesimen tanpa takik batas ketahanan lelehnya pada tegangan 120Mpa. untuk spesimen takik radius 8mm adalah 90MPa dan untuk spesimen takik radius 1,5mm adalah 60Mpa.



Gambar 8. Perbandingan grafik hubungan berbagai variasi takik pada amplitudo beban konstan dan fluktuasi, spesimen *non treatment*



Gambar 9. Perbandingan grafik hubungan berbagai variasi takik pada amplitudo beban konstan dan fluktuasi, spesimen *annealed*

Berdasarkan grafik-grafik tersebut diatas dapat diamati bahwa terjadi penurunan batas ketahan leleh antara spesimen bertakik terhadap spesimen tanpa takik dan antara spesimen dengan amplitudo beban fluktuasi terhadap spesimen dengan amplitudo beban konstan. Penurunan ini disebabkan konsentrasi tegangan leleh yang semakin besar diujung takik menyebabkan deformasi plastis yang lebih terkonsentrasi secara lokal serta daerah ujung retak yang menderita tegangan tekan dinamis pada pembebanan amplitudo fluktuasi dengan cepat mengalami *cyclic hardening* sehingga butiran kristal diujung takik menjadi getas.

Perbandingan amplitudo beban fluktuasi terhadap beban konstan dapat diamati dari gambar grafik 9. Pada spesimen tanpa takik terjadi penurunan batas ketahanan leleh sekitar 96%. Pada beban amplitudo konstan batas ketahanan lelehnya 145Mpa sedangkan pada beban amplitudo fluktuasi turun hingga 120Mpa. Hal ini disebabkan oleh adanya tegangan lebih disepanjang spesimen uji akibat penambahan beban tiba-tiba, namun penurunan batas ketahanan leleh untuk spesimen tanpa takik tidak terlalu signifikan karena distribusi beban lebih tersebut tidak terkonsentrasi dan masih merata disepanjang permukaan uji.

Berdasarkan kurva-kurva uji yang telah disajikan dapat diketahui bahwa spesimen dengan radius radius 1,5 mm memiliki umur leleh dan batas ketahanan leleh paling rendah karena konsentrasi tegangan lelehnya paling besar dibanding spesimen

dengan radius takik 8 mm dan 1,5 mm. Dari grafik tersebut dapat diamati bahwa untuk amplitudo tegangan konstan, $S_a = 120$ MPa pada $N = 10^6$.

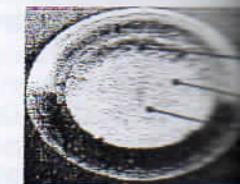
Penampang patahan spesimen uji pada amplitudo tegangan konstan menunjukkan daerah leleh, yaitu adanya *initial crack* dan daerah *final failure* yang terbentuk diujung takik dengan garis melingkar. Sedangkan bayangan yang membentuk elips



Gambar 10. penampang patahan uji pada amplitudo tegangan konstan, $S_a = 120$ MPa pada $N = 10^6$



Gambar 11. penampang patahan uji pada amplitudo tegangan fluktuasi $S_a = 120$ MPa pada $N = 10^6$



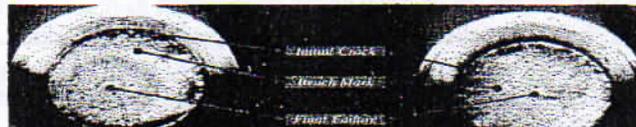
Gambar 12. penampang patahan uji pada amplitudo tegangan fluktuasi $S_a = 120$ MPa pada $N = 10^6$

Kondisi siklus amplitudo beban konstan menunjukkan daerah leleh dan *beach marks* yang terbentuk dengan daerah *final failure* yang lebih lebar. Sedangkan pada amplitudo tegangan fluktuasi, $S_a = 81$ MPa pada $N = 157200$ siklus, $S_a = 51$ MPa pada $N = 157200$ siklus.

penampang patahan dan *beach marks* yang terbentuk dengan daerah *final failure* yang lebih lebar. Sedangkan pada amplitudo tegangan fluktuasi, $S_a = 81$ MPa pada $N = 157200$ siklus, $S_a = 51$ MPa pada $N = 157200$ siklus.

dengan radius takik 8 mm dan tanpa takik. Kemudian dari masing-masing gambar grafik tersebut dapat diamati juga bahwa spesimen uji akan gagal pada siklus dibawah $1,5 \cdot 10^6$.

Penampang patah spesimen tanpa takik menunjukkan dengan jelas ciri-ciri patah lelah, yaitu adanya *initial crack*, *beach mark* dan *final failure*. *Initial crack* muncul di ujung takik dengan garis melingkar dibagian tepi, sedangkan *beach mark* berupa bayangan yang membentuk ellips yang terletak di antara *initial crack* dan *final failure*.



Gambar 10. penampang patahan uji lelah untuk spesimen takik, $r=1,5\text{mm}$ (a) *non treatment*, amplitudo tegangan konstan $S_a=86\text{Mpa}$ pada $N=1627000\text{cyc}$, (b) *quenched* amplitudo tegangan konstan, $S_a=105\text{ MPa}$ pada $N=1756400$, (c) *annealed*, amplitudo tegangan konstan, $S_a= 54\text{ MPa}$ pada $N=1626800\text{cyc}$



Gambar 11. penampang patahan uji lelah untuk spesimen takik, $r=1,5\text{mm}$ (a) *non treatment*, amplitudo tegangan fluktuasi $S_a=60\text{MPa}$ pada $N=1831600\text{cyc}$, (b) *quenched*, amplitudo tegangan fluktuasi, $S_a=81\text{MPa}$ pada $N=1553100\text{cyc}$, (c) *annealed* amplitudo tegangan fluktuasi, $S_a=51\text{MPa}$ pada $N=1572800\text{cyc}$



Gambar 12. penampang patahan uji lelah untuk spesimen takik, $r=1,5\text{mm}$ (a) *non treatment*, amplitudo tegangan fluktuasi $S_a=60\text{MPa}$ pada $N=1831600\text{cyc}$, (b) *quenched*, amplitudo tegangan fluktuasi, $S_a=81\text{MPa}$ pada $N=1553100\text{cyc}$, (c) *annealed* amplitudo tegangan fluktuasi, $S_a=51\text{MPa}$ pada $N=1572800\text{cyc}$

Kondisi siklus amplitudo beban kecil pada spesimen takik radius 1,5mm menyebabkan penampang patahan dan *beach mark* yang relatif lebih rata, mengkilap terang dan halus dengan daerah *final failure* yang lebih kecil. Hal ini karena terjadinya patah getas dengan pemisahan langsung sepanjang bidang kristalografik, yang dimulai dari daerah plastis pada ujung takik yang terkonsentrasi secara lokal. Pada setiap butiran, patahannya rata dan reflektivitasnya tinggi, sehingga patah getas ini memberikan penampakan yang terang. Perambatan retak yang halus dan bertahap ini menghasilkan luasan daerah *final failure* yang relatif kecil sebelum akhirnya patah.

Pada spesimen tanpa takik dan spesimen takik radius 8mm dengan konsentrasi tegangan yang kecil, memberikan bidang patahan yang irregularitas, bergelombang atau bertangga. Dalam satu butiran molekulnya memungkinkan tumbuhnya retak secara simultan sehingga terjadi dua bidang kristalografik sejajar. Kemudian dua retak paralel yang bergabung dan *overlap* membentuk tangga karena patah getas sekunder. Kondisi

amplitudo beban dinamis yang besar menimbulkan amplitudo tegangan yang besar dan laju yang cepat, sehingga tahap perambatan retaknya cenderung lebih panjang, bergelombang, sedangkan daerah *final failure* sebagai pertahanan akhir yang mampu menahan beban tersebut akan lebih luas. Titik pertama kali muncul *initial crack* mayoritas merupakan titik terjauh dari daerah patahan akhir.

5. Kesimpulan

Dari uraian yang telah dibahas, maka dapat ditarik kesimpulan :

1. Penurunan batas ketahanan lelah akibat peningkatan faktor konsentrasi tegangan lelah spesimen takik 8 mm ($K_f=1,1$) adalah hingga 90% dan spesimen takik radius 1,5 mm ($K_f=1,49$) adalah hingga 85% terhadap spesimen tidak bertakik.
2. Perbandingan ketahanan lelah pada siklus diatas $1,5 \cdot 10^6$ untuk spesimen tanpa takik dengan perlakuan *non treatment*, *quenched* dan *annealed* adalah berkisar 8:10:7, untuk spesimen radius takik 8mm 5,6:10:4 dan untuk spesimen radius takik 1,5mm adalah 9:10:5,5.
3. Bentuk penampang patahan akibat beban amplitudo konstan, tidak mengidentifikasi lokasi *beach mark*, sedangkan daerah *final failure* tampak bergelombang, mengkilap dan bertangga. Pada pembebanan dengan amplitudo konstan, mengidentifikasi lokasi *beach mark* dengan permukaan yang rata, halus dan mengkilap, sedangkan daerah *final failure* lebih luas dengan ciri-ciri patah lelah yang jelas.

Daftar Pustaka

- ASM, 1985, "The Micro structure of Ferrous and Non-Ferrous Metals", USA.
- Broek, D., 1987, "Elementary Engineering Fracture Mechanics", 4 ed, Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, Netherlands.
- Dieter, G., 1986, Mechanical Metallurgy, 3th edition, Mac Graw Hill, New York.
- Fonte, M.A. and Freitas, M.M., 1997, "Semi-Elliptical Fatigue Crack Growth Under Rotation or Reversed Bending Combined with Steady Torsion", Fatigue and Fract. Engng. of Mater, and Struct. Vol. 20, No. 6, pp.895-906.
- Goto, M. and Nissitani, H., 1994, "Fatigue Life Prediction of Heat-Treated Carbon Steel and Low Alloy Steels Based on Small Crack Growth Law", Fatigue and Fract. Engng. of Mater, and Struct. Vol. 17, No. 2, pp. 171-185.
- Peterson, R.E., 1974, "Stress Concentration Factors", John Wiley & Sons, USA.
- Rodesri Mulyadi, 2005, "Karakteristik Lelah Baja Karbon Rendah Bertakik U akibat Beban Amplitudo Fluktuasi", Theses, Univ.Gadjah Mada, Yogyakarta
- Setiyono, H.,1999. "Metoda Analisis Perilaku Kelelahan Material Baja Karbon Akibat Pengaruh Beban Lentur Putar (Rotating Bending Loads)", Presiding Pertemuan Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, Serpong, 105-112.
- Surdia, T., Chijiwa, K., 1986, "Teknik Pengecoran Logam", PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Taylor, D., Hughes, M. and Allen, D., 1996, "Notch Fatigue in Cast Iron Explained Using A Fracture Mechanics Approach", Int. J. Fatigue, Vol. 18, No. 7, pp. 439-445.

Pemanfaatan Kulit Manggis Sebagai Biosorben

Femi Earnesty, S.Si, W. Muhammadiyah Sumatera Utara

*The research had been done using the peel of manggis. The research used some parameters like pH, initial ion concentration, heating time, and application on the multi cycle. Every treatment used a raw material of 0,500 g which was soaked in water. The adsorption optimum condition was found with the weight the raw material of 0,500 g, particle size at 27 °C, and adsorption capacity of ion Pb²⁺.
Keyword : The peel of manggis, biosorption*

I. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Dalam era industrialisasi yang berkembang termasuk Indonesia, permasalahan nasional yang perlu diperhatikan adalah komponen lingkungan yang sangat penting. Salah satu masalah yang sering menjadi masalah karena banyak limbah industri yang mengandung logam berat yang berbahaya dan beracun seperti logam berat.

Mengingat besarnya dampak pencemaran logam berat tahun terakhir ini masalah pencemaran logam berat mendapat perhatian penting. Logam berat dapat dihilangkan dengan berbagai cara seperti pengendapan, koagulasi, ultrafiltrasi dan penukar ion (Lanoue, 1997). Kompleks pembentukan kompleks juga telah digunakan sebagai adsorben aktif (Gicquel, 1997) dan resin penukar ion sebagai penyerap polutan. Akan tetapi bahan-bahan tersebut mudah didapatkan dan harganya relatif mahal. Oleh karena itu alternatif material lain yang dapat digunakan sebagai adsorben logam berat.

Hasil-hasil pertanian telah banyak mengandung logam berat dan senyawa beracun karena penggunaan pupuk kimia (Greene, 1986). Material biologi seperti kulit manggis, besi, timbal, seng, dan krom (Beolchini, 1997) telah diadsorpsi oleh *Fusarium flocciferum* (D.