



JURNAL TEKNIK MESIN

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BANDAR LAMPUNG

| | |
|--|---|
| Kardo Rajagukguk dan Arysa Wisnu Satria | Design Of Biogas Purification To Reduce Carbon Dioxide (Co₂) And Hydrogen Sulfide (H₂s) |
| Anang Ansyori dan Rudi Saputra | Pengaruh Diameter Mata Bor Terhadap Tingkat Kehalusan Permukaan Lubang Bor Pada Proses Permesinan Bor Magnesium AZ31 |
| Najamudin, Zein Muhamad dan Kunarto | Analisis Sifat Mekanis Pada Logam Dengan Metode Pelapisan <i>Vernikel-Chrome</i> Yang Dipengaruhi Waktu Pelapisan |
| Bambang Pratowo, Indra Surya dan Witoni | Analisis Kekuatan Fatik Baja Karbon Rendah SC10 Dengan Tipe <i>Rotary Bending</i> |
| Denny Prumanto | Tinjauan Performa Purifier Bahan Bakar Terhadap Umur Mesin |
| Muhamad Yunus | Pengaruh Perlakuan Panas <i>Quenching</i> Dengan Media Pendingin Oli Terhadap Kekerasan Baja Karbon S30C |

UNIVERSITAS BANDAR LAMPUNG

| | | | | | |
|------------------------------------|---------------|--------------|---------------------|--|--------------------------------|
| JURNAL TEKNIK MESIN | Vol. 7 | No. 1 | Hal 1-51 | Bandar Lampung Oktober 2019 | ISSN 2087- 3832 |
|------------------------------------|---------------|--------------|---------------------|--|--------------------------------|





Volume 7 Nomor 1, Oktober 2019

DEWAN REDAKSI

| | | |
|------------------|---|---|
| Pelindung | : | Dr. Ir. H. M, Yusuf Barusman, MBA |
| Penasehat | : | Ir. Juniardi, MT |
| Penanggung Jawab | : | Ir. Indra Surya, MT |
| Dewan Redaksi | : | Muhammad Riza, ST, MSc, Ph.D Riza Muhida, ST, M.Eng, Ph.D Ir. Zein Muhamad , MT Kunarto, ST, MT Harjono Saputro, ST, MT |
| Mitra Bestari | : | Prof. Dr. Erry Y. T. Adesta (International Islamic University Malaysia) Dr. Gusri Akhyar Ibrahim, ST, MT. (Unila) Dr. Amrizal, ST, MT. (Unila) |
| Editor | : | Ir. Najamudin, MT |
| Sekretariat | : | Ir. Bambang Pratowo, MT. Sunaryo |
| Grafis Desain | : | Witoni, ST, MM |
| Penerbit | : | Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Univesitas Bandar Lampung |

Alamat Redaksi : Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Bandar Lampung
Jalan ZA Pagar Alam No 26, Labuhan Ratu
Bandar Lampung 35142
Telp./Faks. : 0721-701463 / 0721-701467
Email : najamudin@ubl.ac.id





Volume 7 Nomor 1, Oktober 2019

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--|---------|
| Dewan Redaksi..... | i |
| Daftar Isi..... | ii |
| Pengantar Redaksi | iii |
| Design Of Biogas Purification To Reduce Carbon Dioxide (CO ₂) And Hydrogen Sulfide (H ₂ S) Kardo Rajagukguk dan Arysca Wisnu Satria | 1-6 |
| Pengaruh Diameter Mata Bor Terhadap Tingkat Kehalusan Permukaan Lubang Bor Pada Proses Permesinan Bor Magnesium AZ31 Anang Ansyori dan Rudi Saputra | 7-18 |
| Analisis Sifat Mekanis Pada Logam Dengan Metode Pelapisan <i>Vernikel-Chrome</i> Yang Dipengaruhi Waktu Pelapisan Najamudin, Zein Muhamad dan Kunarto | 19-27 |
| Analisis Kekuatan Fatik Baja Karbon Rendah SC10 Dengan Tipe <i>Rotary Bending</i> Bambang Pratowo, Indra Surya dan Witoni | 28-37 |
| Tinjauan Performa Purifier Bahan Bakar Terhadap Umur Mesin Denny Prumanto | 38-46 |
| Pengaruh Perlakuan Panas <i>Quenching</i> Dengan Media Pendingin Oli Terhadap Kekerasan Baja Karbon S30C Muhamad Yunus | 47-50 |
| Informasi Penulisan Naskah Jurnal | 51 |



Volume 7 Nomor 1, Oktober 2019

PENGANTAR REDAKSI

Puji syukur kepada Allah SWT, atas terbitnya kembali Jurnal Teknik Mesin Universitas Bandar Lampung, Vol 7 No.1, Oktober 2019, Jurnal ini diterbitkan 2 kali dalam setahun yaitu bulan April dan bulan Oktober setiap tahunnya.

Artikel-artikel yang diterbitkan pada Jurnal Teknik Mesin Volume 7 Nomor 1 Bulan Oktober tahun 2019 merupakan jurnal yang diterbitkan dalam format PDF secara online. Jurnal ini dapat diakses pada link : <http://jurnal.ubl.ac.id/index.php/JTM>. Jurnal Teknik Mesin hanya memuat artikel-artikel yang berasal dari hasil hasil penelitian saja dan setelah ditelaah para mitra bestari.

Artikel - artikel yang termuat dalam jurnal Teknik Mesin ini adalah artikel yang sudah melalui proses penilaian dan review dewan penyunting. Penulis harus memperhatikan kualitas isi artikel sesuai petunjuk penulisan artikel dan komentar dari mitra bestari yang di tampilkan di masing-masing penerbitan atau dapat diunduh di website jurnal tersebut. Jumlah artikel yang terbit sebanyak enam judul artikel.

Dewan penyunting akan terus berusaha meningkatkan mutu jurnal sehingga dapat menjadi salah satu acuan yang cukup penting dalam perkembangan ilmu teknik mesin. Penghargaan dan terimakasih sebesar besarnya kepada mitra bestari bersama para anggota dewan penyunting dan seluruh pihak yang terlibat dalam penerbitan jurnal ini.

Semoga jurnal yang kami sajikan ini bermanfaat untuk semua dan jurnal ini terus melaju dengan tetap konsisten untuk memajukan misi ilmiah. Untuk edisi mendatang kami sangat mengharapkan peran serta rekan-rekan sejawat untuk mengisi jurnal ini agar tercapai penerbitan jurnal ini secara berkala.

Bandar Lampung, Oktober 2019

Redaksi

Template Artikel Jurnal Teknik Mesin Universitas Bandar Lampung

JUDUL DITULIS DENGAN FONT TIMES NEW ROMAN 12 CETAK TEBAL (MAKSIMUM 12 KATA)

Penulis¹⁾, Penulis²⁾ dst. [Font Times New Roman 10 Cetak Tebal dan Nama Tidak Boleh Disingkat]

¹ Nama Fakultas, nama Perguruan Tinggi (penulis 1)
email: penulis_1@abc.ac.id

² Nama Fakultas, nama Perguruan Tinggi (penulis 2)
email: penulis_2@cde.ac.id

Abstract [Times New Roman 10 Cetak Tebal]

Abstract ditulis dalam bahasa Inggris atau bahasa Indonesia yang berisikan isu-isu pokok, tujuan penelitian, metoda/pendekatan dan hasil penelitian. Abstract ditulis dalam satu alenia, tidak lebih dari 200 kata. (Times New Roman 10, spasi tunggal).

Keywords: Maksimum 5 kata kunci dipisahkan dengan tanda koma. [Font Times New Roman 10 spasi tunggal]

PENDAHULUAN [Times New Roman 10 bold]

Pendahuluan mencakup latar belakang atas isu atau permasalahan serta urgensi dan rasionalisasi kegiatan (penelitian atau pengabdian). Tujuan kegiatan dan rencana pemecahan masalah disajikan dalam bagian ini. Tinjauan pustaka yang relevan dan pengembangan hipotesis (jika ada) dimasukkan dalam bagian ini. [Times New Roman, 10, normal].

KAJIAN LITERATUR DAN PEGEMBANGAN HIPOTESIS (JIKA ADA)

Bagian ini berisi kajian literatur yang dijadikan sebagai penunjang konsep penelitian. Kajian literatur tidak terbatas pada teori saja, tetapi juga bukti-bukti empiris. Hipotesis penelitian (jika ada) harus dibangun dari konsep teori dan didukung oleh kajian empiris (penelitian sebelumnya). [Times New Roman, 10, normal].

METODE PENELITIAN

Metode penelitian menjelaskan rancangan kegiatan, ruang lingkup atau objek, bahan dan alat utama, tempat, teknik pengumpulan data,

definisi operasional variabel penelitian, dan teknik analisis. [Times New Roman, 10, normal].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil penelitian. Hasil penelitian dapat dilengkapi dengan tabel, grafik (gambar), dan/atau bagan. Bagian pembahasan memaparkan hasil pengolahan data, menginterpretasikan penemuan secara logis, mengaitkan dengan sumber rujukan yang relevan. [Times New Roman, 10, normal].

KESIMPULAN

Kesimpulan berisi rangkuman singkat atas hasil penelitian dan pembahasan. [Times New Roman, 10, normal].

REFERENSI

Penulisan naskah dan sitasi yang diacu dalam naskah ini disarankan menggunakan aplikasi referensi (*reference manager*) seperti Mendeley, Zotero, Reffwork, Endnote dan lain-lain. [Times New Roman, 10, normal].

ANALISIS KEKUATAN FATIK BAJA KARBON RENDAH SC10 DENGAN TIPE *ROTARY BENDING*

Bambang Pratowo¹⁾, Indra Surya²⁾, Witoni³⁾

¹ Program Studi Teknik Mesin, Universitas Bandar Lampung (UBL)
email: bambang.pratowo@ubl.ac.id

² Program Studi Teknik Mesin, Universitas Bandar Lampung (UBL)
email: indra.surya@ubl.ac.id

³ Program Studi Teknik Mesin, Universitas Bandar Lampung (UBL)
email: Witoni@ubl.ac.id

Abstrak :

Fatigue atau kelelahan adalah kerusakan material yang diakibatkan oleh adanya tegangan yang berfluktuasi yang besarnya lebih kecil dari tegangan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*). Akibat beban yang berulang-ulang (tegangan atau regangan) dalam jangka waktu lama dapat merubah struktur material sehingga terjadi retak (*crack*) ataupun patah. Patah lelah diawali dengan tumbuhnya inti retak akibat pergerakan dislokasi siklik, dilanjutkan dengan perkembangan menjadi *microcrack* yang kemudian tumbuh menjadi *macrocrack* dan selanjutnya berkembang (propagasi) hingga terjadi patah lelah. Uji lelah dilakukan terhadap baja karbon rendah SC10 tanpa mendapatkan perlakuan panas. Pengujian dilakukan sebanyak empat kali dengan variasi pembebanan 40 %, 50 %, 60 %, 70 % dari UTS material. Spesimen yang digunakan adalah berdasarkan standar ASTM E466. Pembuatan spesimen dilakukan dengan menggunakan mesin bubut. Uji lelah dilakukan dengan menggunakan mesin uji fatik tipe *rotary bending*. Dari pengujian yang dilakukan diperoleh siklus patah pada masing-masing variasi pembebanan semakin besar beban yang diberikan semakin kecil siklus yang terjadi dan sebaliknya. Pembebanan 40% dari UTS diperoleh 112.252 siklus sedangkan pada pengujian 70% dari UTS diperoleh 35.196 siklus. Siklus patah disajikan dalam bentuk kurva S-N.

Kata kunci : Uji fatik (*fatigue*), *Rotary Bending*, baja karbon rendah SC10

PENDAHULUAN

Banyak masalah yang timbul dalam pengerjaan mekanis di lapangan yang dialami oleh ahli-ahli teknis dalam bidangnya seperti masalah fatik yang sulit untuk diperkirakan kapan terjadinya, dan tidak dapat dilihat secara kata mata seperti pada poros terjadi adanya tanda-tanda akan terjadinya patah fatik. Hal ini tentunya sangat merugikan, untuk itu perlu adanya suatu proses pengujian analisa terhadap umur fatik.

Tegangan berulang pada poros menyebabkan poros dapat mengalami patah fatik (*fatigue failure*) pada periode kerja tertentu. Kegagalan yang disebabkan oleh kefatikan lebih berbahaya dari pada kegagalan statis dikarenakan kegagalan tersebut terjadi tanpa peringatan terlebih dahulu, secara tiba-tiba dan menyeluruh.

Mekanisme terjadinya kegagalan fatik dapat dibagi menjadi tiga fase, yaitu : awal retak (*initiation crack*), perambatan retak (*crack propagation*), dan patahan akhir (*fracture failure*). Lebih dari 90 % penyebab kegagalan mekanik disebabkan oleh kegagalan fatik. Uji fatik dan pengamatan bentuk patahan sangat diperlukan untuk material logam yang diberi beban berulang dan berguna sebagai referensi bagi logam tersebut dalam aplikasinya.

Uji lelah yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji lentur putar yang hasilnya adalah umur fatik dan besar tegangan yang diberikan serta perkiraan tegangan batas lelah. Pengujian dilakukan dengan menggunakan spesimen yang sesuai dengan standar pengujian sehingga dapat memprediksi kapan suatu logam akan mengalami kegagalan fatik.

Tujuan Penelitian

Tujuannya adalah untuk menganalisa nilai kefatikan pada poros dengan material baja karbon rendah dengan kadar C 0,1 – 0,3 % C dengan jenis SC10 menggunakan alat uji fatik tipe *rotary bending*.

Ruang Lingkup Penelitian

Adapun beberapa batasan masalah yang diberikan agar penelitian lebih terarah, yaitu :

1. Spesimen yang digunakan adalah baja karbon rendah SC10 tanpa perlakuan panas.
2. Analisis yang dilakukan hanya untuk mengetahui umur kefatikan dari spesimen.
3. Dimensi dan kondisi dari semua spesimen uji dianggap sama.
4. Kecepatan perputaran spesimen dianggap konstan pada setiap pengamatan.
5. Tingkat Kekerasan permukaan spesimen uji dianggap sama.

6. Pengaruh lingkungan (kelembaban, perubahan temperatur) diabaikan.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian Baja

Baja merupakan paduan-paduan yang terdiri dari besi, karbon dan unsur lainnya. Karbon merupakan salah satu unsur terpenting karena dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan baja.

Baja karbon adalah paduan antara besi dan karbon dengan sedikit paduan Si, Mn, P, S, Cu. Sifat baja karbon sangat tergantung pada kadar karbonnya. Sifat baja karbon adalah bila kadar karbon naik, kekuatan dan kekerasannya juga bertambah tinggi.

Secara garis besar baja karbon dapat dibedakan menjadi tiga kelompok yaitu sebagai berikut :

1). Baja karbon rendah

Baja ini disebut juga baja ringan (*Mild Steel*) atau baja perkakas. Baja karbon rendah bukan baja yang keras karena kadar karbon kurang 0,3%. Baja ini dapat dijadikan kawat, baja profil, sekrup, ulir dan baut.

2). Baja karbon sedang

Baja ini mengandung kadar karbon 0,3% sampai 0,70% dan kandungan karbonnya memungkinkan baja untuk dikeraskan sebagian dengan pengerjaan panas (*heat treatment*) yang sesuai. Proses pengerjaan panas menaikkan kekuatan baja. Dimana baja karbon ini digunakan untuk rel kereta api, as, roda gigi, dan suku cadang yang kekuatan tinggi atau dengan kekerasan sedang sampai tinggi.

3). Baja karbon tinggi

Baja karbon tinggi yang kandungan karbonnya 0,70% sampai 1,40% dibuat dengan cara digiling. Baja ini digunakan untuk perkakas potong seperti pisau, gurdi, tap dan bagian-bagian yang harus kuat gesekan.

Jika kadar karbon diatas 2 % maka paduan besi disebut besi cor. Baja paduan adalah besi karbon dengan penambahan unsur-unsur paduan tertentu untuk meningkatkan kekuatan dari baja yang bersangkutan. Baja paduan rendah bila unsur paduan kurang dari 8 %, sedangkan baja paduan tinggi bila unsur paduan diatas 8 %. Baja perkakas adalah baja dengan penambahan unsur paduan utama chrom (Cr),

Pengaruh Unsur Paduan pada Baja

Adapun pengaruh unsur-unsur paduan terhadap sifat-sifat baja karbon adalah sebagai berikut :

Unsur Karbon (C) : dapat meningkatkan ketahanan pengaruh panas, ketangguhan, kekerasan dan tumbukan atau gesekan.

Unsur Silikon (Si) : dapat meningkatkan ketahanan pengaruh panas dan memperbaiki sifat keamanan atau elastisitas.

Unsur Fosfor (P) : dapat memperbaiki sifat ketahanan gesek.

Unsur Sulfur (S) : dapat memperbaiki sifat ketahanan goresan.

Unsur Chrom (Cr) : dapat menambah kekuatan tarik, plastis, keausan atau keliatan, memperbaiki ketahanan pengaruh panas dan kekerasan.

Unsur Mangan (Mn) : memperbaiki sifat-sifat terhadap keausan, menambah kekerasan, kekuatan dan keuletan.

Unsur Molibden (Mo) : dapat meningkatkan sifat-sifat ketahanan pengaruh panas dan kekerasan.

Unsur Wolfram (W) : membentuk karbid yang keras, tahan suhu tinggi, banyak digunakan dalam baja perkakas dan baja potong cepat.

Unsur Kobalt (Co) : dapat meningkatkan sifat-sifat terhadap keausan dan kekerasan.

Fatigue

Fatigue atau kelelahan adalah kerusakan material yang diakibatkan oleh adanya tegangan yang berfluktuasi yang besarnya lebih kecil dari tegangan tarik maksimum (ultimate tensile strength) maupun tegangan luluh (yield) material yang diberikan beban konstan.

Terdapat tiga fase dalam perpatahan fatik yaitu :

1. Permulaan retak

Mekanisme fatik umumnya dimulai dari crack initiation yang terjadi di permukaan material yang lemah atau daerah dimana terjadi konsentrasi tegangan di permukaan (seperti goresan, notch, lubang-pits dll) akibat adanya pembebanan berulang.

2. Penyebaran retak

Crack initiation ini berkembang menjadi microcracks. Perambatan atau perpaduan microcracks ini kemudian membentuk macrocracks yang akan berujung pada failure.

3. Patah

Perpatahan terjadi ketika material telah mengalami siklus tegangan dan regangan yang menghasilkan kerusakan yang permanen.

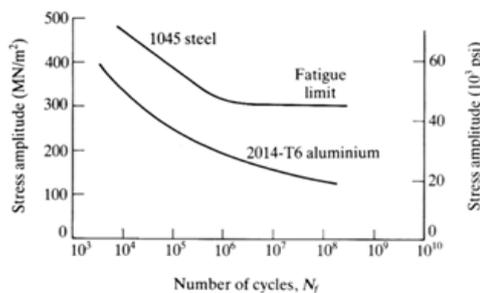
Fatigue atau kelelahan menurut didefinisikan sebagai proses perubahan struktur permanen progressive localized pada kondisi yang menghasilkan fluktuasi regangan dan tegangan dibawah kekuatan tariknya dan pada

satu titik atau banyak titik yang dapat memuncak menjadi retak (crack) atau patahan (fracture) secara keseluruhan sesudah fluktuasi tertentu.

Ketahanan fatigue suatu bahan tergantung dari perlakuan permukaan atau kondisi permukaan dan temperatur operasi. Perlakuan permukaan merubah kondisi permukaan dan tegangan sisa di permukaan. Perlakuan permukaan shoot peening menghasilkan tegangan sisa tekan yang mengakibatkan ketahan lelah yang meningkat (Collins,1981).

Pada dasarnya kegagalan fatigue dimulai dengan terjadinya retakan pada permukaan benda uji. Hal ini membuktikan bahwa sifat-sifat fatigue sangat peka terhadap kondisi permukaan, yang dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain kekasaran permukaan, perubahan sifat-sifat permukaan dan tegangan sisa permukaan.

Penyajian data fatigue rekayasa adalah menggunakan kurva S-N yaitu pemetaan tegangan (S) terhadap jumlah siklus sampai terjadi kegagalan (N). Kurva S-N ini lebih diutamakan menggunakan skala semi log seperti ditunjukkan pada gambar 1. Untuk beberapa bahan teknis yang penting.



Gambar 1. Kurva S-N

Kurva tersebut didapat dari pemetaan tegangan terhadap jumlah siklus sampai terjadi kegagalan pada benda uji. Pada kurva ini siklus menggunakan skala logaritma. Batas ketahan fatigue (endurance limit) baja ditentukan pada jumlah siklus $N > 10^7$. Pengujian fatigue dilakukan dengan cara memberikan stress level tertentu sehingga spesimen patah pada siklus tertentu. Dieter (1992) menyatakan untuk mendapatkan kurva S-N dibutuhkan 8-12 spesimen. Retak fatigue biasanya dimulai pada permukaan di mana lentur dan torsi menyebabkan terjadinya tegangan-tegangan yang tinggi atau di tempat-tempat yang tidak rata menyebabkan terjadinya konsentrasi tegangan. Oleh karena itu, batas ketahanan

(endurance limit) sangat tergantung pada kualitas penyelesaian permukaan.

Pengujian fatigue dilakukan dengan Rotary Bending Machine. Jika benda uji diputar dan diberi beban, maka akan terjadi momen lentur pada benda uji. Momen lentur ini menyebabkan terjadinya beban lentur pada permukaan benda uji dan besarnya dihitung dengan persamaan.

$$\sigma = \frac{W L / 2}{\pi / 32 d^3} \text{ kg / cm}^2 \dots\dots\dots(\text{lit. 2})$$

Dengan:

σ = Tegangan lentur (kg/cm²)

W = Beban lentur (kg)

d = Diameter benda uji (cm)

Fatigue life dapat ditingkatkan dengan :

1. Mengontrol tegangan
 - a. Peningkatan tegangan menurunkan umur fatik.
 - b. Pemicunya dapat secara mekanis (fillet atau alur pasak) maupun metalurgi (porositas atau inklusi).
 - c. Kegagalan fatik selalu dimulai pada peningkatan tegangan.
2. Mengontrol struktur mikro
 - a. Meningkatnya ukuran benda uji, umur fatik kadang-kadang menurun.
 - b. Kegagalan fatik biasanya dimulai pada permukaan.
 - c. Penambahan luas permukaan dari benda uji besar meningkatkan kemungkinan dimana terdapat suatu aliran, yang akan memulai kegagalan dan menurunkan waktu untuk memulai retak.
3. Mengontrol penyelesaian permukaan
 - a. Dalam banyak pengujian dan aplikasi pemakaian, tegangan maksimum terjadi pada permukaan.
 - b. Umur fatik sensitif terhadap kondisi permukaan.
 - c. Faktor lain yang harus dipertimbangkan adalah tegangan sisa permukaan

Kegagalan yang terjadi pada keadaan beban dinamik dinamakan kegagalan lelah (fatigue failures), barangkali karena pada umumnya kegagalan tersebut hanya terjadi setelah periode pemakaian yang cukup lama.

Kegagalan fatik semakin menonjol sejalan dengan pengembangan teknologi seperti; pesawat, mobil, kompresor, pompa, dan lain-

lainnya. Kesemuanya mengalami beban berulang dan getaran. Hingga kini sering dinyatakan bahwa kelelahan meliputi paling tidak 90% dari seluruh kegagalan yang disebabkan oleh hal-hal yang bersifat mekanis.

Terdapat tiga faktor dasar yang diperlukan agar terjadi kegagalan lelah. Ketiga faktor tersebut adalah:

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

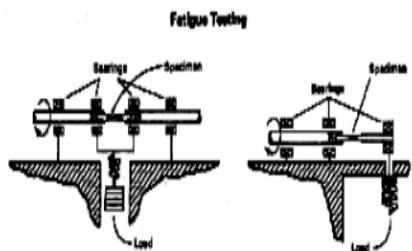
Klasifikasi Mesin Uji Fatik

1. Axial (Direct-Stress)

Mesin uji fatik ini memberikan tegangan ataupun regangan yang uniform ke penampangnya. Untuk penampang yang sama mesin pengujian ini harus dapat memberikan beban yang lebih besar dibandingkan mesin lentur statik dengan maksud untuk mendapatkan tegangan yang sama.

2. Bending Fatigue Machines

Cantilever Beam Machines dimana spesimen memiliki bagian yang mengecil baik pada lebar, tebal maupun diameternya, yang mengakibatkan bagian daerah yang diuji memiliki tegangan seragam hanya dengan pembebanan yang rendah dibandingkan lenturan fatik yang seragam dengan ukuran bagian yang sama.



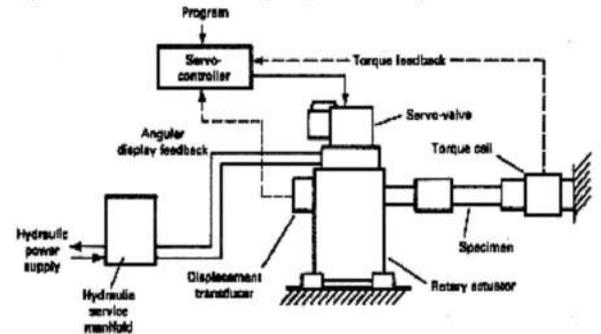
Gambar 2. Moore-Type Machines

Moore-Type Machines dapat beroperasi sampai 10.000 rpm. Dalam seluruh pengujian, tipe lenturan hanya material yang didekat permukaan yang mendapat tegangan maksimum. Karena itu, pada spesimen yang berdiameter kecil volume material yang diuji.

3. Torsional Fatigue Testing Machines

Sama dengan mesin tipe Axial hanya saja menggunakan penjepit yang sesuai jika puntiran

maksimum. Gambar dibawah ini adalah “Mesin Uji Fatik akibat Torsi” yang dirancang khusus.



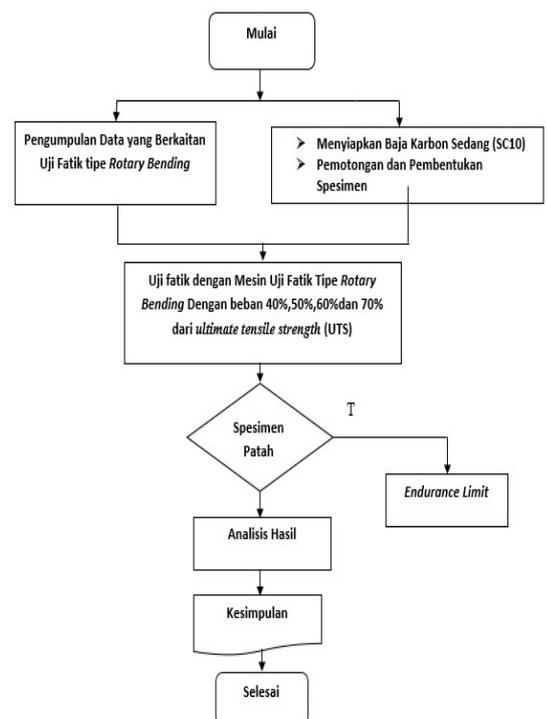
Gambar 3. Torsional Fatigue Testing Machines

4. Special Purpose Fatigue Testing Machines Dirancang khusus untuk tujuan tertentu. Kadang-kadang merupakan modifikasi dari mesin pengujian fatik yang sudah ada. Pengujian kawat adalah modifikasi dari “Rotating Beam Machines”.
5. Multiaxial Fatigue Testing Machines Dirancang untuk pembebanan atau lebih dengan maksud untuk menentukan sifat logam dibawah tegangan biaxial/triaxial.

METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan Penelitian

Adapun Tahapan penelitian yang dilakukan dalam pelaksanaan uji fatik Baja Karbon Rendah SC10,terlampir di dalam diagram alir berikut ini :



Gambar 4. Diagram alir penelitian

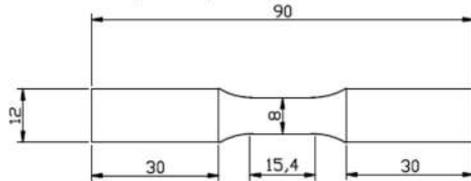
Material

Bahan yang digunakan ;

Baja Karbon Sedang SC10 yaitu Baja Karbon yang mengandung 0,10 % C

1. Spesimen (SC10)

Benda uji untuk pengujian ketahanan fatigue berdasarkan standar ASTM E 466 mempunyai ukuran dan bentuk ditunjukkan pada gambar 12 berikut ini :



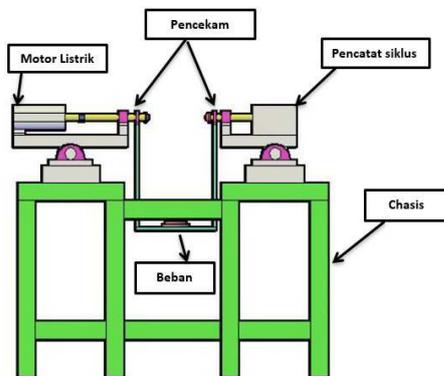
Gambar 5. Benda uji *fatigue* standar ASTM E 466

Peralatan

Mesin uji fatik tipe *rotary bendin*, terdiri dari :

- Motor listrik
- Cekam dan pencatat siklus
- Chasis
- Bearing
- Stopwatch
- Beban / pemberat

Skema alat uji fatik tipe *Rotary Bending* dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 6. Mesin uji fatik *rotary bending*

Prosedur Pengujian

Sebelum melakukan pengambilan data, terlebih dahulu mengetahui nilai tegangan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) material SC10

Setelah itu baru melakukan pengujian. Adapun langkah-langkah pengambilan data adalah sebagai berikut :

- Setelah diketahui nilai *ultimate tensile strength* (UTS) dari data spesifikasi spesimen, maka didapat berat beban yaitu 40%, 50%, 60% dan 70% dari *ultimate tensile strength* (UTS).

- Memasang spesimen pada mesin uji fatik.
- Memasang beban pertama.
- menghidupkan mesin untuk memulai pengujian.
- Saat material patah matikan motor.
- mencatat waktu patah yang diperoleh.
- menandai material untuk pengujian pertama.
- mengulangi langkah 2-7 untuk pengujian menggunakan beban selanjutnya.
- mencatat seluruh data dan kejadian selama pengambilan data.

DATA DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan pengujian menggunakan mesin uji lelah (*fatigue*) *rotary bending* sesuai dengan metode-metode penelitian yang dijelaskan pada bab 3, diperoleh data kekuatan lelah (*fatigue*) material baja karbon rendah SC10.

Data Spesimen Material Awal

1. Komposisi Kimia Material

Pengujian komposisi kimia dimaksudkan untuk mengetahui unsur-unsur yang terkandung dalam material. Hasil pengujian komposisi kimia, yaitu

Tabel. 1. Komposisi kimia baja SC10

| | | | |
|----|-------|----|-------|
| C | 0,106 | Mo | 0,003 |
| Si | 0,166 | Ti | 0,002 |
| S | 0,005 | Cu | 0,002 |
| P | 0,05 | Nb | 0,022 |
| Mn | 0,656 | V | 0,003 |
| Ni | 0,032 | Al | 0,028 |
| Cr | 0,052 | Fe | 98,8 |

2. Data Tegangan Yang Diberikan Pada Pengujian

Tegangan yang diberikan pada pengujian ditentukan berdasarkan *ultimate tensile stress* (UTS) baja karbon rendah SC10. Dari data spesifikasi baja karbon rendah SC10 diketahui nilai *ultimate tensile stress* (UTS) adalah 365 Mpa. Pengujian dilakukan sebanyak 4 (empat) kali dengan 4 (empat) tegangan yang berbeda. Variasi tegangan yang diberikan adalah 40 %, 50%, 60%, 70% dari *ultimate tensile stress* (UTS).

Untuk menentukan beban yang digunakan dalam pengujian, digunakan

persamaan 1(satu). Dari data spesifikasi baja karbon rendah SC10 diketahui bahwa baja SC10 memiliki UTS 365 MPa.

Data-data yang diketahui adalah sebagai berikut :

$$L = 225 \text{ mm}$$

$$d = 8 \text{ mm}$$

$$\sigma = 365 \text{ MPa}$$

a. Tegangan pada pengujian 40 % dari UTS

$$\sigma = \frac{W L / 2}{\pi/32d^3} \text{ kg/ cm}^2$$

$$365 \text{ MPa} \times 40\% = \frac{\frac{W \cdot 225 \text{ mm}}{2}}{\frac{\pi}{32 \cdot (8\text{mm})^3}} \text{ kg/ cm}^2$$

$$\frac{W \cdot 225 \text{ mm}}{2} = (365 \text{ MPa} \times 40\%) \left[\frac{\pi}{32} (8 \text{ mm})^3 \right]$$

$$\frac{W \cdot 225 \text{ mm}}{2} = 7338,763 \text{ N/mm}$$

$$W \cdot 225 \text{ mm} = 7338,763 \times 2 \text{ N/mm}$$

$$W = \frac{14677,526}{225} \text{ N}$$

$$W = 65,23 \text{ N}$$

$$W = 6,6 \text{ kg}$$

b. Tegangan pada pengujian 50 % dari UTS

$$\sigma = \frac{W L / 2}{\pi/32d^3} \text{ kg/ cm}^2 = 365 \text{ MPa} \times 50\% = \frac{\frac{W \cdot 225 \text{ mm}}{2}}{\frac{\pi}{32 \cdot (8\text{mm})^3}} \text{ kg/ cm}^2$$

$$\frac{W \cdot 225 \text{ mm}}{2} = (365 \text{ MPa} \times 50\%) \left[\frac{\pi}{32} (8 \text{ mm})^3 \right]$$

$$\frac{W \cdot 225 \text{ mm}}{2} = 9173,45375 \text{ N/mm}$$

$$W \cdot 225 \text{ mm} = 9173,45375 \times 2 \text{ N/mm}$$

$$W = \frac{18346,9075}{225} \text{ N}$$

$$W = 81,54 \text{ N}$$

$$W = 8,3 \text{ kg}$$

c. Tegangan pada pengujian 60 % dari UTS

$$\sigma = \frac{W L / 2}{\pi/32d^3} \text{ kg/ cm}^2$$

$$365 \text{ MPa} \times 60\% = \frac{\frac{W \cdot 225 \text{ mm}}{2}}{\frac{\pi}{32 \cdot (8\text{mm})^3}} \text{ kg/ cm}^2$$

$$\frac{W \cdot 225 \text{ mm}}{2} = (365 \text{ MPa} \times 60\%) \left[\frac{\pi}{32} (8 \text{ mm})^3 \right]$$

$$\frac{W \cdot 225 \text{ mm}}{2} = 11008,1445 \text{ N/mm}$$

$$W \cdot 225 \text{ mm} = 11008,1445 \times 2 \text{ N/mm}$$

$$W = \frac{22016,289}{225} \text{ N}$$

$$W = 97,85 \text{ N}$$

$$W = 9,9 \text{ kg}$$

d. Tegangan pada pengujian 70 % dari UTS

$$\sigma = \frac{W L / 2}{\pi/32d^3} \text{ kg/ cm}^2$$

$$365 \text{ MPa} \times 70\% = \frac{\frac{W \cdot 225 \text{ mm}}{2}}{\frac{\pi}{32 \cdot (8\text{mm})^3}} \text{ kg/ cm}^2$$

$$\frac{W \cdot 225 \text{ mm}}{2} = (365 \text{ MPa} \times 70\%) \left[\frac{\pi}{32} (8 \text{ mm})^3 \right]$$

$$\frac{W \cdot 225 \text{ mm}}{2} = 12842,83525 \text{ N/mm}$$

$$W \cdot 225 \text{ mm} = 12842,83525 \times 2 \text{ N/mm}$$

$$W = \frac{25685,6705}{225} \text{ N}$$

$$W = 114,1585 \text{ N}$$

$$W = 11,6 \text{ kg}$$

Setelah dilakukan perhitungan kemudian, hasil perhitungan kemudian dimasukkan kedalam tabel berikut :

Tabel.2. Data tegangan yang diberikan pada pengujian

| No | UTS | Tegangan (%) | d (mm) | L (mm) | σ (MPa) | W (kg) |
|----|-----|--------------|--------|--------|----------------|--------|
| 1 | 365 | 40 | 8 | 225 | 146 | 6,6 |
| 2 | 365 | 50 | 8 | 225 | 182,5 | 8,3 |
| 3 | 365 | 60 | 8 | 225 | 219 | 9,9 |
| 4 | 365 | 70 | 8 | 225 | 255,5 | 11,6 |

Data Hasil Pengujian

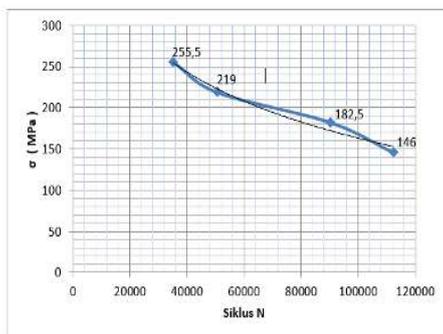
1. Hasil pengujian lelah (*fatigue*)

Setelah dilakukan pengujian kelelahan baja karbon SC10 dengan menggunakan mesin uji *rotary bending* didapat hasil yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 3. Hasil pengujian kelelahan baja karbon rendah SC10

| No | σ (MPa) | Siklus (N) | Rpm | T (menit) |
|----|----------------|------------|------|-----------|
| 1 | 146 | 112.252 | 2800 | 40,09 |
| 2 | 182,5 | 90.106 | 2800 | 32,20 |
| 3 | 219 | 50.456 | 2800 | 18,02 |
| 4 | 255,5 | 35.196 | 2800 | 12,57 |

Dari Pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat hasil pengujian yang pada tabel 3 bahwa waktu yang didapat sampai spesimen mengalami kelelahan (patah) berbeda-beda itu dikarenakan pengaruh tegangan yang diberikan pada masing-masing spesimen,dari perbedaan tegangan itulah didapat beban yang diberikan berbeda pula untuk setiap spesimen, jadi dapat dilihat bahwa pemberian tegangan yang besar akan mengakibatkan spesimen mengalami kegagalan dalam waktu yang lebih cepat begitupun sebaliknya jika tegangan yang diberikan kecil maka waktu spesimen untuk mengalami kegagalan lebih lama. Setelah didapat hasil pengujian kelelahan (*fatigue*) yang dilakukan terhadap benda uji didapatkan data dalam bentuk kurva S-N yang terlihat pada grafik berikut:



Gambar 7. Kuva Siklus dan Tegangan

Dari kurva S-N pengujian lelah baja karbon SC10 dapat dilihat bahwa perbandingan antara siklus dengan tegangan adalah perbandingan terbalik yaitu semakin kecil tegangan semakin besar siklus yang didapat sebaliknya semakin

besar tegangan,siklus yang didapat semakin kecil.

2. Kekasaran Permukaan Spesimen

Pembuatan spesimen dilakukan dengan menggunakan mesin bubut manual, sehingga memungkinkan terdapatnya goresan-goresan pahat pada spesimen. Goresan-goresan ini jika tidak dihilangkan maka akan menjadi takikan yang mendapatkan konsentrasi tegangan. Spesimen yang akan diuji sebelumnya dilakukan penghalusan permukaan dengan menggunakan kertas gosok (amplas) halus 1000 mesh. Penghalusan permukaan spesimen merupakan pengerjaan akhir dari pembuatan spesimen, yaitu bertujuan untuk mengurangi pengaruh takikan-takikan akibat proses bubut. Jika takikan-takikan ini tidak dikurangi maka akan menjadi sumber *crack* dan terjadi konsentrasi tegangan yang kemudian dapat mengurangi umur lelah. Berikut hasil dari pengukuran kekasaran permukaan spesimen :

Tabel 4. Data kekasaran permukaan spesimen (Ra)

| No | Ra (6,6 kg) | Ra (8,3 kg) | Ra (9,9 kg) | Ra (11,6 kg) |
|-----|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 1 | 0.95 | 0.63 | 0.84 | 0.76 |
| 2 | 0.81 | 0.89 | 0.94 | 0.89 |
| 3 | 0.86 | 0.59 | 0.61 | 0.96 |
| 4 | 0.79 | 0.74 | 0.81 | 0.55 |
| 5 | 1,00 | 0.79 | 0.79 | 0.76 |
| 6 | 0.90 | 1.06 | 0.78 | 0.67 |
| 7 | 0.87 | 0.85 | 1.07 | 0.59 |
| 8 | 1.07 | 0.99 | 0.75 | 0.65 |
| 9 | 1.18 | 0.79 | 0.95 | 0.87 |
| 10 | 0.91 | 0.89 | 0.76 | 0.78 |
| Avg | 0.934 μm | 0.822 μm | 0.805 μm | 0.748 μm |

Untuk memperoleh hasil yang baik maka pengujian kekasaran permukaan spesimen dilakukan 10 (sepuluh) kali pengujian dan kemudian ditentukan rata-ratanya. Terlihat bahwa pada masing-masing pengujian memiliki kekasaran permukaan yang berbeda namun perbedaan itu tidak terlalu signifikan.

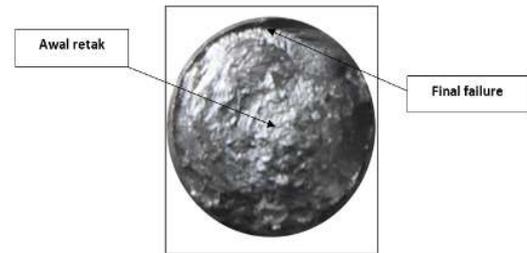
Pembahasan

Pada dasarnya ada beberapa faktor yang mempengaruhi atau menentukan kelelahan dari baja yaitu tegangan yang diterima,

struktur mikro, suhu operasi, proses pemesinan dan lain sebagainya. Pada pengujian *fatigue* baja karbon rendah SC10 dengan tipe *rotary bending* ini aspek yang banyak menentukan umur lelah dari baja adalah kondisi operasi, proses pemesinan dalam pembuatan spesimen dan tegangan yang diberikan.

Untuk kekasaran permukaan spesimen (Ra) dapat dilihat pada tabel 2, pengambilan data uji kekasaran permukaan spesimen dilakukan setelah dilakukan uji *fatigue*, ini dikarenakan alat *surface tester* tidak dapat mengambil data saat spesimen dalam keadaan normal. Jadi untuk data kekasaran permukaan spesimen dilakukan pada spesimen yang sudah patah. Dari data yang diperoleh terlihat bahwa pada masing-masing pengujian memiliki kekasaran permukaan yang berbeda namun perbedaan itu tidak terlalu signifikan ini dikarenakan pada proses finishing pembuatan spesimen dilakukan penghalusan permukaan dengan menggunakan kertas gosok (amplas) halus 1000 mesh.

Pada tabel 2 dapat dilihat hasil data dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil yang kurang ideal, ini terjadi dikarenakan oleh beberapa faktor yang mempengaruhinya, diantaranya adalah faktor getaran. Dimana dalam pengujian ini faktor getaran tidak termasuk dalam batasan masalah, sehingga faktor getaran tidak menjadi pembahasan dalam penelitian. Getaran timbul karena alat uji fatik yang digunakan dalam pengujian ini menggunakan bearing jenis *ball bearing*. *Ball bearing* sebenarnya termasuk bearing untuk beban yang rendah, sehingga kurang baik digunakan pada alat uji fatik *rotary bending* yang dioperasikan dengan kecepatan 2800 rpm. Penggunaan bearing jenis *roller bearing* diharapkan dapat mengurangi getaran yang ditimbulkan dalam pengujian ini. Getaran yang timbul dalam pengujian ini mengakibatkan menurunnya kekuatan lelah dari baja SC10. Getaran ini menyebabkan baja tidak hanya mengalami beban bending namun juga mengalami beban karena adanya getaran. Faktor getaran ini tidak diharapkan pada pengujian ini karena mengurangi nilai kekuatan *fatigue* pada spesimen baja karbon rendah SC10.



Gambar 8. Permukaan patahan yang terjadi akibat tegangan 255,5 MPa

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa patahan yang terjadi akibat tegangan 255,5 Mpa yang diberi beban 11,6 kg mengalami awal retak berupa sobekan-sobekan pada setiap bagian, sobekan menyebar keseluruh bagian permukaan, pada satu sisi memiliki sobekan yang besar kemudian mengecil sehingga penampang yang tersisa tidak sanggup lagi menahan beban sehingga terjadi perpatahan. Terdapat banyaknya sobekan menandakan bahan uji merupakan jenis baja yang memiliki keuletan yang cukup baik.



Gambar 9. Permukaan patahan yang terjadi akibat tegangan 219 MPa

Pada pengujian dengan tegangan sebesar 219 Mpa yang diberi beban 9,9 kg, patahan yang terjadi hampir sama pada tegangan 255,5 yang mengalami sobekan tetapi sobekan yang terjadi pada tegangan 219 Mpa tidak terjadi sobekan yang begitu besar. Bahan uji mengalami awal retak ditengah-tengah kemudian menyebar berupa sobekan-sobekan dan akhirnya mengalami patah pada suatu titik dibagian pinggir bahan uji yang mengalami sobekan yang paling besar.



Gambar 10. Permukaan patahan yang terjadi akibat tegangan 182,5 MPa

Pengamatan pada permukaan patahan hasil pengujian *fatigue*. Pada gambar diatas adalah gambar permukaan patah spesimen dengan tegangan diberikan yaitu 182,5 MPa (Beban 8,3 kg). Retak

awal dimulai pada suatu titik dipermukaan benda uji, yang kemudian merambat dan akhirnya patah pada titik yang bertolak belakang dengan titik dimana retak awal dimulai. Dilihat dari bentuk patahan, bahan uji pada penelitian ini tergolong jenis baja lunak dan ulet.



Gambar 11. Permukaan patahan yang terjadi akibat tegangan 146 MPa

Pada permukaan patahan spesimen dengan tegangan yang diberikan paling rendah 146 MPa (Beban 6,6 kg) dapat dilihat bahan uji mengalami retakan dan akhirnya mengalami patah. Hal tersebut bukan semata-mata diakibatkan oleh adanya tegangan yang diberikan tetapi ada faktor tambahan yang mempengaruhi terjadinya patah pada benda uji tersebut yaitu adanya getaran pada saat pengujian, getaran mengakibatkan permukaan patah benda uji seperti mengalami beban yang berat dan getas.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil pengujian, pengambilan data, dan analisis pengujian lelah pada baja karbon rendah SC10 dengan menggunakan mesin uji fatik tipe *rotary bending* maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin besar beban yang diberikan semakin cepat baja mengalami patah begitu juga sebaliknya.
2. Besarnya beban dipengaruhi oleh besarnya tegangan yang diberikan.
3. Getaran dapat mempengaruhi hasil dari pengujian yang dilakukan.
4. Baja karbon rendah SC10 memiliki nilai kelelahan yang tinggi tetapi kurang baik untuk komponen struktur yang mengalami getaran besar.
5. Baja dapat mengalami kegagalan dengan tegangan yang diberikan jauh dibawah tegangan yang dapat menimbulkan kegagalan statik yang diakibatkan oleh adanya faktor-faktor lain.

Saran

Adapun saran yang dapat diberikan mengenai Pengujian lelah baja karbon rendah SC10 dengan menggunakan mesin uji fatik *rotary bending* yang ada di laboratorium metrologi industri adalah sebagai berikut:

1. Sebaiknya getaran pada mesin uji fatik dibuat seminimal mungkin sehingga hasil yang diperoleh dapat akurat dengan tegangan yang diterima oleh benda uji tanpa faktor-faktor tambahan yang lain.
2. Untuk mengurangi getaran dapat diganti *bearing* yang terdapat pada mesin uji fatik, dalam pengujian ini menggunakan bearing jenis *ball bearing*. *Ball bearing* sebenarnya termasuk bearing untuk beban yang rendah, sehingga kurang baik digunakan pada alat uji fatik *rotary bending* yang dioperasikan dengan kecepatan 2800 rpm. Penggunaan bearing jenis *roller bearing* diharapkan dapat mengurangi getaran yang ditimbulkan dalam pengujian selanjutnya.
3. Untuk melihat lebih detail struktur mikro patahan yang didapat dalam pengujian sebaiknya melakukan pengujian *metalografi*.
4. Sebaiknya spesimen dibuat lebih dari satu spesimen setiap tegangan yang diberikan untuk mendapatkan perbandingan.

DAFTAR PUSTAKA

1. B.H. Amstead, Philip F Ostwald & Myron L.Begemen (1989),. "Teknologi Mekanik" Jilid 1. Terjemahan Sriati Djaprie, Erlangga. Jakarta.
2. B.H. Amstead, Philip F Ostwald & Myron L.Begemen (1989),. "Teknologi Mekanik" Jilid 2. Terjemahan Sriati Djaprie, Erlangga. Jakarta.
3. Dieter, George E., 1992, Metalurgi Mekanik, Jilid 1, edisi ketiga, alih bahasa oleh Sriati Djafrie, Erlangga, Jakarta
4. Donald R. Askeland & Pradeep P. Phule,(2006). "The Science and Engineering of Materials (Interntional Student Edition)" Thomson. Canada.
5. Edi Supardi. 1994. "Pengujian Logam". Angkasa. Bandung.
6. Najamudin, 2016, "Peningkatan Kualitas Kekuatan Bahan Plat Dinding Corong Tuang (Hopper) Melalui Proses Chromizing Untuk Meningkatkan Jumlah Produksi Batu Bara", Jurnal Teknik Mesin Vol 2 No.1 Oktober 2016, Universitas Bandar Lampung, Bandar Lampung.

7. Pramuko I. Purboputro, (2006). "Pengaruh Waktu Penahanan terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Pada Proses Pengkarbonan Padat Baja Mild Steel" Jurnal Media Mesin Vol 7, No.1 Universitas Muhammadiyah, Surakarta.
8. Sriati Djaprie, (1983). "Ilmu dan Teknologi Bahan". Erlangga, Jakarta.
9. Tata Surdia, (2005). "Pengetahuan Bahan Teknik". Cetakan ke-6. Pradnya Paramita, Jakarta.
10. Tata Surdia, (1982). "Teknik Pengecoran Logam". Pradnya Paramita, Jakarta.

INFORMASI UNTUK PENULISAN NASKAH JURNAL TEKNIK MESIN UBL

Persyaratan Penulisan Naskah

1. Tulisan/naskah terbuka untuk umum sesuai dengan bidang Teknik Mesin.
2. Naskah dapat berupa :
 - a. Hasil Penelitian.
 - b. Kajian yang ditambah pemikiran penerapannya pada kasus tertentu, yang belum dipublikasikan,

Naskah ditulis dalam bahasa Indonesia atau Inggris. Naskah berupa rekaman dalam Disc (disertai dua eksemplar cetaknya) dengan panjang maksimum dua puluh halaman dengan ukuran kertas A4, ketikan satu spasi, jenis huruf Times New Roman (font size 10). Naskah diketik dalam pengolah kata MsWord dalam bentuk siap cetak.

Tata Cara Penulisan Naskah

1. Sistematika penulisan disusun sebagai berikut :
 - a. Bagian Awal : judul, nama penulis, alamat penulis dan abstrak (dalam dua bahasa : Indonesia dan Inggris)
 - b. Bagian Utama : pendahuluan (latar belakang, permasalahan, tujuan) , tulisan pokok (tinjauan pustaka, metode, data dan pembahasan.), kesimpulan (dan saran).
 - c. Bagian Akhir : catatan kaki (kalau ada) dan daftar pustaka. Judul tulisan sesingkat mungkin dan jelas, seluruhnya dengan huruf kapital dan ditulis secara simetris.
2. Nama penulis ditulis :
 - a. Di bawah judul tanpa gelar diawali huruf kapital, huruf simetris, jika penulis lebih dari satu orang, semua nama dicantumkan secara lengkap.
 - b. Di catatan kaki, nama lengkap dengan gelar (untuk memudahkan komunikasi formal) disertai keterangan pekerjaan/profesi/instansi (dan kotanya,); apabila penulis lebih dari satu orang, semua nama dicantumkan secara lengkap.
3. Abstrak memuat semua inti permasalahan, cara pemecahannya, dari hasil yang diperoleh dan memuat tidak lebih dari 200 kata, diketik satu spasi (font size 10).
4. Teknik penulisan : Untuk kata asing dituliskan huruf miring.
 - a. Alenia baru dimulai pada ketikan kelima dari batas tepi kiri, antar alinea tidak diberi tambahan spasi.
 - b. Batas pengetikan : tepi atas tiga centimeter, tepi bawah dua centimeter, sisi kiri tiga centimeter dan sisi kanan dua centimeter.
 - c. Tabel dan gambar harus diberi keterangan yang jelas.
 - d. Gambar harus bisa dibaca dengan jelas jika diperkecil sampai dengan 50%.
 - e. Sumber pustaka dituliskan dalam bentuk uraian hanya terdiri dari nama penulis dan tahun penerbitan. Nama penulis tersebut harus tepat sama dengan nama yang tertulis dalam daftar pustaka.
5. Untuk penulisan keterangan pada gambar, ditulis seperti : gambar 1, demikian juga dengan Tabel 1., Grafik 1. dan sebagainya.
6. Bila sumber gambar diambil dari buku atau sumber lain, maka di bawah keterangan gambar ditulis nama penulis dan tahun penerbitan.
7. Daftar pustaka ditulis dalam urutan abjad nama penulisan dan secara kronologis : nama, tahun terbit, judul (diketik miring), jilid, edisi, nama penerbit, tempat terbit.