

PENGARUH PERLAKUAN PANAS PADA ALUMINIUM 5083 TERHADAP UJI IMPACT

Junaidi

Dosen Program Studi Teknik Mesin Universitas Harapan Medan
junaidi413@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini adalah meneliti jenis Aluminium 5083 dengan cara membentuk, dengan memotong beberapa bagian dari material tersebut kemudian dipanaskan di alat pemanas Furnace. Selanjutnya didinginkan dengan cairan pendingin air laut, oli, udara. Pada penelitian dengan perlakuan pendinginan alami didapatkan keadaan yang optimal atau paling baik memberikan kekuatan tarik dan nilai regangan tertinggi diantara media pendingin air laut dan oli, yaitu sebesar 196.48 N/mm² dan regangan sebesar 6.91%. Lalu untuk kekuatan impact didapatkan kekuatan impact terbesar pada perlakuan pendinginan dengan media air laut yaitu dengan nilai kekuatan impactnya 0.42 J/mm². Kemudian untuk kekuatan tekuk didapatkan kekuatan tekuk terbesar pada perlakuan pendinginan dengan media oli yaitu dengan nilai kekuatan tekuk 69.77 N/mm². Dari hasil pengujian di dapatkan nilai terendah yaitu untuk kekuatan impact dan tekuk pada material las yang diberi perlakuan pendinginan alami dan untuk kekuatan tarik serta regangannya pada material las yang dilakukan proses pendinginan.

Kata Kunci : *Perlakuan panas, uji impact, karakteristik, Aluminium 5083*

I. PENDAHULUAN

Alumunium terdiri dari beberapa kelompok yang dibedakan berdasarkan paduan penyusunnya. Alumunium 5083 merupakan paduan alumunium dengan magnesium (Mg), paduan ini memiliki sifat tidak dapat diperlakukan panas, tetapi memiliki sifat baik dalam daya tahan korosi terutama korosi oleh air laut dan sifat mampu las. Al-Mg banyak dipakai untuk konstruksi umum termasuk konstruksi kapal. Pada bidang perkapalan biasanya alumunium dipergunakan untuk konstruksi pada bagian tangki, khususnya tangki air tawar atau tangki bahan bakar. Namun untuk kapal, secara keseluruhan konstruksi kapal terbuat dari bahan alumunium. Logam ini memiliki kemampuan las atau weldability yang rendah dari pada material logam baja lainnya. Perlakuan pada panas hasil pengelasan adalah cara paling efektif untuk membuat sifat mekanik dari kekerasan alminium. Beberapa tahun sebelumnya, beberapa almunium yang di teliti menunjukkan proses pendinginan dengan nitrogen cair secara signifikan mengubah bentuk dari hasil zona hasil pengelasan. Pada beberapa kondisi pendinginan dengan udara, air (20oC) dan media cair (-25oC) kondisi pendinginan dan berhasil membuat kedua proses pendinginan tersebut menambah kekuatan tarik pada pengelasan FSW 7050AL-T7

Pengujian impact merupakan suatu pengujian yang mengukur ketahanan bahan terhadap beban kejut. Inilah yang membedakan pengujian impact dengan pengujian tarik dan kekerasan dimana pembebanan dilakukan secara perlahan lahan. Pengujian Impact merupakan suatu upaya untuk mensimulasikan kondisi operasi material yang sering di temui dalam transportasi atau konstruksi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Aluminium

Paduan seri 5xxx adalah tipe paduan alumunium yang tidak dapat diperbaiki sifat mekaniknya dengan perlakuan panas atau tidak dapat diperlakukan panas, karena akan terdapat ketidak sempurnaan dalam proses sambungan las, sehingga dinamakan non heat treatable alloy, tetapi mempunyai sifat mekanik (mechanical properties) yang baik dan ringan serta ketahanan korosi yang baik.

2.2. Pengujian Perlakuan Panas

- 2.2.1. Tujuan Percobaan Mahasiswa mampu menguasai metode mengubah sifat mekanis bahan (baja) melalui proses heat treatment .
- 2.2.2. Kajian Pustaka Heat treatment adalah suatu cara untuk mengubah sifat mekanis material ferrous dalam keadaan padat dengan komposisi yang tetap dengan jalan pemanasan yang terkontrol diikuti dengan pendinginan.

Perlakuan panas untuk baja diklasifikasikan jadi 4 bagian, yaitu:

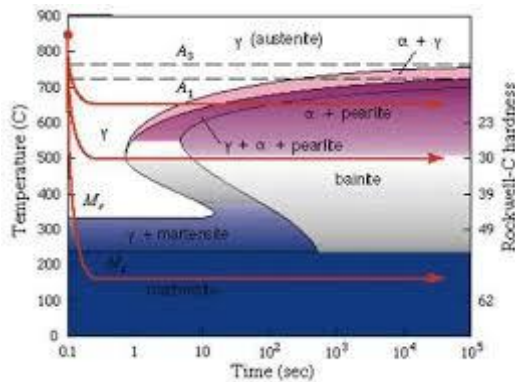
- a. Proses melunakkan (annealing process)
- b. Proses menormalkan (normalizing process)
- c. Proses mengeraskan (hardening process)
- d. Proses menemper (tempering process)

Perlakuan panas terhadap baja didasarkan pada diagram keseimbangan besi karbon yang menunjukkan daerah masing – masing pemanasan. Perlakuan panas dapat juga dilakukan terhadap besi cor dan non ferrous metal. Proses pemanasan baja pada temperatur

austenite adalah untuk membentuk daerah austenite dan ketangguhan yang tinggi pada kondisi ini yang nantinya akan dihasilkan baja karbon dengan tingkat kekerasan yang tinggi.

Tingkat kekerasan pada baja karbon rendah sulit untuk dilakukan peningkatan. Hal ini karena baja karbon rendah hanya memiliki sedikit kadar karbon. Jumlah kadar karbon yang terkandung pada suatu baja akan menunjukkan tingkat kekerasannya.

Pada diagram TTT (Transformation Temperature Time) menjelaskan dekomposisi austenite dari suatu baja dalam keadaan non equilibrium yang hubungannya adalah transformasi austenite dengan waktu dan kondisi temperatur. Diagram TTT dapat juga disebut diagram IT (Isothermal Transformation). Oleh karena austenite tidak stabil di bawah temperatur kritis, perlu diketahui berapa lama waktu austenite bertransformasi pada temperatur subcritical.



Gambar 1. Diagram TTT

Ada empat faktor yang dapat merubah posisi kurva diagram IT ini, yaitu:

- a. Komposisi kimia
- b. Perubahan butir austenite
- c. Kandungan karbon dan paduan
- d. Lambatnya transformasi butiran austenite

Beberapa media pendinginan (quenching medium) yang sering digunakan, yaitu :

1. Udara bebas Daya pendinginan udara bebas sangat rendah sehingga waktu pendinginan agak lama dan biasanya digunakan untuk mendinginkan spesimen yang tidak terlalu panas.
2. Air biasa Daya pendinginan air tergolong tinggi. Media ini banyak digunakan karena biaya murah. Tapi air mudah menguap sehingga pendinginan yang dihasilkan tidak merata (homogen).
3. Air garam Daya pendinginan cenderung tinggi dengan penambahan 10 % garam dalam air. Namun air garam dapat menimbulkan korosi sehingga sering digunakan sebagai media pendingin pada material tahan karat.
4. Oli

5. Solar Memiliki daya pendinginan yang sama dengan oli. Punya titik nyala yang tinggi.



Gambar 2. Furnace

2.3. Pengujian Impak

Pengujian Impak merupakan suatu upaya untuk mensimulasikan kondisi operasi material yang sering di temui dalam perlengkapan transportasi atau konstruksi dimana beban tidak selamanya terjadi secara perlahan-lahan melainkan datang secara tiba-tiba. Prinsip pengujian impak ini adalah penyerapan energi potensial dari pendulum beban yang berayun dari suatu ketinggian tertentu dan menumbuk benda uji sehingga benda uji mengalami deformasi. Pada pengujian impak ini banyaknya energi yang diserap oleh bahan untuk terjadinya perpatahan merupakan ukuran ketahanan impak atau ketangguhan bahan tersebut. Suatu material dikatakan tangguh bila memiliki kemampuan menyerap beban kejutan yang besar tanpa terjadinya retak atau deformasi dengan mudah. Pada pengujian impak, energi yang diserap oleh benda uji biasanya dinyatakan dalam satuan Joule dan dibaca langsung pada skala (dial) penunjuk yang telah dikalibrasi yang terdapat pada mesin penguji. Nilai Impak suatu bahan yang di uji dengan metode charpy diberikan oleh $HI = E / A$ Dimana E adalah energi yang diserap dalam satuan Joule dan A adalah luas penampang di bawah takik dalam satuan mm^2 .



Gambar 3. Uji Impact

dimana :

$E =$ adalah energi yang diserap $[J] = W \times g = G \lambda (\cos \beta - \cos \alpha) \times g$

$W =$ usaha yang diperlukan untuk mematahkan benda uji $[kg.m]$

$G =$ berat pendulum $[kg]$

$\lambda =$ panjang lengan pengayun $[m]$

$\alpha =$ sudut posisi awal pendulum

$\beta =$ sudut posisi akhir pendulum $g =$ gravitasi $(9,81 \text{ m/s}^2)$

$A =$ luas penampang di bawah takik $[m^2]$

Secara umum benda uji impact dikelompokkan ke dalam dua golongan sampel standar yaitu batang uji Charpy sebagaimana telah ditunjukkan pada Gambar 2, banyak digunakan di Amerika Serikat dan batang uji Izod yang lazim digunakan di Inggris dan Eropa. Benda uji Charpy memiliki luas penampang lintang bujur sangkar $(10 \times 10 \text{ mm})$ dan memiliki takik (notch) berbentuk V dengan sudut 45° , dengan jari-jari dasar $0,25 \text{ mm}$ dan kedalaman 2 mm . Benda uji diletakkan pada tumpuan dalam posisi mendatar dan bagian yang bertakik diberi beban impact dari ayunan bandul, sebagaimana telah ditunjukkan oleh Gambar 4.1. Benda uji Izod mempunyai penampang lintang bujur sangkar atau lingkaran dengan takik V di dekat ujung yang dijepit. Perbedaan cara pembebanan antara metode Charpy dan Izod .

Ilustrasi skematik pembebanan impact pada benda uji Charpy dan Izod Serangkaian uji Charpy pada satu material umumnya dilakukan pada berbagai temperature sebagai upaya untuk mengetahui temperatur transisi (akan diterangkan pada paragraf-paragraf selanjutnya). Sementara uji impact dengan metode Izod umumnya dilakukan hanya pada temperatur ruang dan ditujukan untuk material-material yang didisain untuk berfungsi sebagai cantilever. Takik (notch) dalam benda uji standar ditujukan sebagai suatu konsentrasi tegangan sehingga perpatahan diharapkan akan terjadi di bagian sudut tersebut. Selain berbentuk V dengan sudut 45° , takik dapat pula dibuat dengan bentuk lubang kunci (key hole).

Pengukuran lain yang biasa dilakukan dalam pengujian impact Charpy adalah penelaahan permukaan perpatahan untuk menentukan jenis perpatahan (fracografi) yang terjadi.

Secara umum sebagaimana analisis perpatahan pada benda hasil uji tarik maka perpatahan impact digolongkan menjadi 3 jenis, yaitu:

1. 1. Perpatahan berserat (fibrous fracture), yang melibatkan mekanisme pergeseran bidangbidang kristal di dalam bahan (logam) yang ulet (ductile). Ditandai dengan permukaan patahan berserat yang berbentuk dimpel yang menyerap cahaya dan berpenampilan buram.
2. Perpatahan granular/kristalin, yang dihasilkan oleh mekanisme pembelahan (cleavage) pada

butir-butir dari bahan (logam) yang rapuh (brittle). Ditandai dengan permukaan patahan yang datar yang mampu memberikan daya pantul cahaya yang tinggi (mengkilat).

III. METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu

1.Tempat

Pelaksanaan penelitian dan pengujian Aluminium 5083 ini akan dilakukan di beberapa tempat Labororium yang ada di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Harapan Medan dan PTKI ,POLMED Medan diantaranya

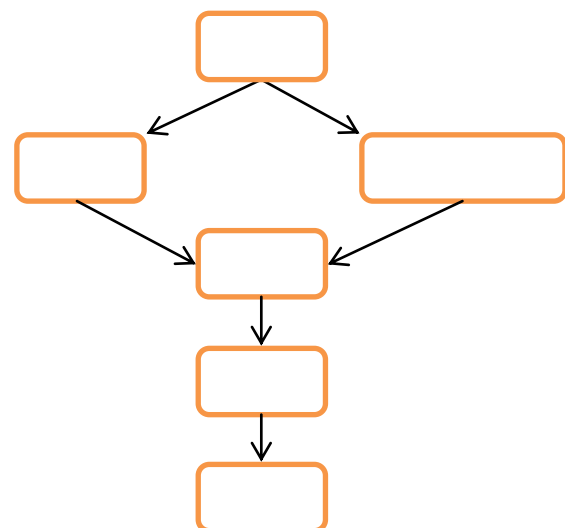
- a. Proses pembuatan bahan dan pembubutan / pemotongan baja Pelek Mobil Avanza G dilakukan di Labororium Proses Produksi Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Harapan Medan.
- b. Proses Pembakaran (Heatreatment) Aluminium 5083 ini dilakukan di Labororium
- c. Fenomena Dasar Mesin Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Harapan Medan.
- d. Pelaksanaan Pengujian untuk hardness test dan Impact test dilakukan di Labororium Politeknik Teknologi Kimia Industri Medan (PTKI).

2.Waktu

Waktu Penelitian direncanakan selama lima bulan mulai 10 April 2021 hingga 10 Juni 2021.

3.2. Diagram Alir

FLOW CHART



Gambar 4. Diagram Alir.

3.3 Bahan Dan Peralatan

Bahan

1. Oli

Oli adalah salah satu cairan yang ada diruang mesin, lebih cepatnya oli adalah cairan yang diisikan kedalam mesin. Pada pengujian ini kita menggunakan oli sebagai media dalam proses pendinginan material campuran besi tuang Tingkat kekentalan oli yang digunakan ialah SAE 10 W-40[7].



Gambar 5. Oli

2. Air laut

Air adalah senyawa penting bagi semua bentuk kehidupan yang diketahui sampai saat ini di bumi, tidak diplanet lain. Dalam penelitian ini kita menggunakan air sebagai media pendingin yang akan dicampur dengan oli dalam satu wadah. Maka dari itu air dikelompokkan kedalam bahan yang diperlukan untuk melakukan penelitian ini.



Gambar 6. Air laut sebagai media pendingin

B. Peralatan

Peralatan yang digunakan pada pengujian Pelek Ban Mobil Avanza ini adalah sebagai berikut :

1) Mesin bubut

Mesin bubut adalah salah satu mesin perkakas yang digunakan untuk proses pemotongan benda kerja yang dilakukan untuk membuat sayatan pada benda kerja dimana pahat digerakkan secara translasi dan sejajar dengan sumbu dari benda kerja yang berputar[8].



Gambar 7. Mesin bubut

2) Tungku Pemanasan

Tungku pemanas (furnace) atau sering juga disebut dengan tungku pembakaran adalah sebuah alat yang digunakan untuk pemanasan. Nama itu berasal dari bahasa latin fornax, oven. Furnace sering dianalogikan dengan furnace sebagai keperluan industri yang digunakan untuk banyak hal seperti pembuatan keramik ekstraksi logam dari bijih, atau dikilang minyak dan pabrik kimia lainnya, misalnya sebagai sumber panas. Pada penelitian ini digunakan untuk memanaskan material baja karbon yang akan diteliti. Tungku pemanasan yang digunakan ini dilengkapi dengan pengatur suhu sehingga memudahkan kita untuk mengatur suhu[1].



Gambar 8. Furnace (Tungku)

3) Tensile Strength tester

Tensile strength tester merupakan satu alat uji mekanik untuk mengetahui kekuatan bahan terhadap gaya tarik. Dalam pengujiannya bahan uji ditarik sampai putus sehingga mampu dianalisa ketahanan tarik suatu benda[9].



Gambar 9. Tensile Strength tester

4) Sarung Tangan Tahan Panas

Sarung tangan tahan panas digunakan untuk melindungi tangan pada saat memegang benda yang panas, tajam, dan kasar. Sarung tangan ini juga berfungsi sebagai alat safety kita dalam melakukan proses pengujian agar tangan terhindar dari cedera pada saat peng



Gambar.10. Sarung Tangan Tahan Panas

5) Penjepit specimen

Penjepit spesimen digunakan untuk menjepit dan memindahkan besi tuang yang telah dipanaskan agar tidak mengenai tangan pada saat pemanasan benda kerja didalam furnace.



Gambar 11. Penjepit specimen

6) Impact testing

Benda kerja menerima beban tumbuk yang diukur dengan besarnya energi yang diperlukan untuk mematahkan spesimen dengan ayunan. Impact testing dirancang untuk mengukur ketahanan terhadap kegagalan bahan untuk kekuatan yang diterapkan. Tes ini mengukur dampak energi atau energi yang diserap sebelum fraktur. Alat inilah yang digunakan untuk menguji ketahanan spesimen baja pada penelitian ini.



Gambar 12. Impact testing machine

7) Hardness tester

Hardness tester merupakan sebuah alat uji yang digunakan untuk mengukur tingkat kekerasan permukaan suatu benda baik itu berupa benda padat maupun benda-benda lainnya. Dalam pengujian ini kita menggunakan mesin uji kekerasan untuk mengetahui kekerasan dari pada spesimen besi tuang.



Gambar 13. Mesin uji hardness

8) Mesin Skrap

Mesin *skrap* digunakan untuk Mengerjaan permukaan yang meliputi bidang-bidang datar, bidang menyiku, saling tegak lurus, bidang alur buntu, bidang bertingkat dan bidang bersudut.



Gambar 14. Mesin skrap

9) Jangka sorong

Jangka sorong adalah alat yang digunakan untuk mengukur suatu benda yang memiliki tingkat ketelitian Ssatu perseratus milimeter, dengan memakai alat ukur ini anda bisa tahu ukuran benda secara pasti.



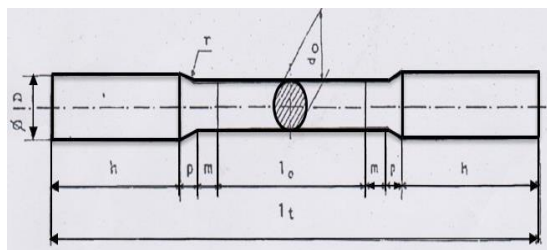
Gambar 15. Jangka sorong

3.4. Pembuatan Spesimen

3.4.1.Specimen uji tarik (tensile test)

Langkah awal dalam pembuatan Spesimen uji tarik ialah pemotongan spesimen Aluminium 5083. Spesimen awalnya menggunakan gergaji mesin, spesimen yang akan dibuat pada penelitian ini dibuat sebanyak sembilan buah agar sesuai dengan variasi suhu yang berbeda. Setelah spesimen baja dipotong, langkah selanjutnya besi tuangan kemudian dilanjutkan dengan proses pembubutan. Proses pembubutan ini pada bagian tengah spesimen. Spesimen bajaberbentuk as panjang dengan diameter 19 mm, kemudian dipotong dengan dilakukan untuk memperkecil ruas diameter dibubut menggunakan standard *ASTM E8*

A48. Dimensi spesimen uji *tensile* dapat dilihat seperti digambar berikut ini.



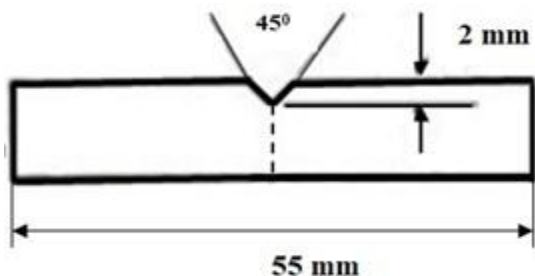
Gambar 16. Dimensi Spesimen Uji Tarik

Keterangan gambar :

$r = 2 \text{ mm}$ $Lo = 30 \text{ mm}$ $Lt = 50 \text{ mm}$ $p = 5 \text{ mm}$ $h = 60 \text{ mm}$ $D = 10 \text{ mm}$; $m = 10 \text{ mm}$

3.4.2. Pembuatan Spesimen uji Impak

Dalam pembuatan spesimen uji impak harus dilakukan dengan ukuran yang sudah ditentukan. Adapun langkah-langkah dalam pembuatan spesimen uji impak antara lain adalah pemotongan material pelek yang menggunakan besi tuang. Material besi tuang awalnya berbentuk as panjang dengan diameternya 10 mm. Setelah selesai proses pemotongan material maka dilanjutkan dengan proses selanjutnya pembentukan takik menggunakan mesin skrap. Standard yang digunakan dalam pembuatan spesimen uji impak adalah standard *ASTM E23* atau *ISO 148-1*. Dimensi spesimen uji impak dapat dilihat pada gambar .15.



Gambar 17. Dimensi Specimen Impact

Proses Pemanasan (Heattreatment) dan Pendinginan

Perlakuan panas (Heat Treatment) adalah suatu proses mengubah sifat logam dengan jalan mengubah struktur mikro melalui proses pemanasan, penahanan waktu dan pengaturan kecepatan pendinginan dengan tanpa merubah komposisi kimia yang bersangkutan. Tujuan dilakukannya proses perlakuan panas yaitu untuk merekayasa atau mendapatkan kekerasan baja sesuai dengan rencana yang diinginkan . Pada penelitian ini proses pemanasan yang digunakan adalah proses *annealing*. Proses *annealing* (pelunakan) adalah merupakan proses pemanasan di bawah temperatur kritis, ditahan selama beberapa saat agar dihasilkan struktur homogen, lalu

didinginkan secara perlahan-lahan di dalam tungku sampai mencapai temperatur kamar dengan tujuan menghilangkan internal stres, memperbaiki grain size (Butiran halus), menurunkan kekerasan.

Tujuan dari proses *annealing* adalah:

1. Menurunkan kekerasan
2. Menghilangkan tegangan sisa
3. Memperbaiki sifat mekanik
4. Memperbaiki mampu mesin dan mampu bentuk
5. Menghilangkan terjadinya retak panas
6. Menurunkan atau menghilangkan ketidak homogenan struktur
7. Memperhalus ukuran butir

Pada proses ini spesimen dipanaskan pada suhu 750°C , 800°C dan 850°C . Pemanasan dilakukan didalam tungku pemanas, spesimen baja dimasukkan kedalam tungku pemanas. Spesimen dipanaskan hingga suhu yang telah ditentukan, setelah proses pemanasan selesai sampai pada suhu yang telah ditentukan spesimen baja kemudian didinginkan secara perlahan-lahan didalam tungku.

Setelah selesai proses *annealing* spesimen baja kemudian dipanaskan kembali untuk dilakukan proses selanjutnya yaitu proses *quenching*. Metode *quenching* adalah berupa pencelupan baja yang telah dipanaskan mencapai *fasa austenite* ke dalam bak berisi media pendingin sehingga panas pada baja terabsorpsi ke media pendingin yang akan menghasilkan peningkatan derajat kekerasan sebagai akibat perubahan struktur mikronya. Setelah spesimen baja dipanaskan hingga suhu *austenite* kemudian spesimen akan didinginkan secara tiba-tiba dan dimasukkan kedalam wadah yang telah diisi media pendingin oli+air. Tujuan dilakukannya proses *Quenching* adalah untuk meningkatkan derajat kekerasan spesimen Aluminium 5083.

IV. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

4.1. Hasil Pengujian

Pada penelitian ini didapatkan hasil dari semua pengujian yang telah dilakukan. Penelitian ini menggunakan material Aluminium 5083 , yang kemudian diuji, macam-macam pengujian yang dilakukan ialah uji perlakuan panas ,(Heat Treatment Test), uji impak (impact test) . Pada setiap pengujian spesimen diperoleh data pengujian sebelum proses *annealing* dan data pengujian setelah proses *annealing* dengan variasi *quenching*.

4.1.1. Hasil Uji Perlakuan Panas

Tabel.2. Hasil pengujian Suhu -20°C secara eksperimen

4.2.2. Hasil spesimen Uji impak (Impact test)

Spesimen pengujian impak mengacu menggunakan Standard pengujian *ASTM E23* atau *ISO 148-1* dengan jumlah 3 buah yang terdiri dari 1

buah pembandingan utama (*raw material*), 2 buah sebagai control *quenching*. Metode yang digunakan adalah metode Charpy.



Gambar 18. Hasil spesimen uji impak.



Gambar 19. Hasil spesimen uji impak

Pada pengujian impak ini patahan yang terjadi adalah patahan ulet dapat dilihat bahwa permukaan pada spesimen memiliki ciri-ciri dari patah getas dimana permukaan patahan tampak kasar dan berserabut.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil pengamatan dan pembahasan mengenai pengujian proses *annealing* dengan media pendingin oli+air laut pada Aluminium akibat perubahan suhu dapat disimpulkan sebagai berikut. Hasil analisa kekuatan impak pada pengujian impak setelah proses *annealing* menunjukkan pada saat temperatur suhu yang rendah material baja maka tingkat kekerasan baja semakin kuat dan pada patahan yang terjadi adalah patahan getas diakibatkan patahan yang terjadi sangat cepat dan pada suhu yang tinggi baja akan lunak diakibatkan karena energi menurun. Pada temperatur suhu yang rendah tingkat kekerasan baja semakin keras tetapi tingkat keuletannya menurun, sehingga pada saat diberikan beban akan mengakibatkan patahan yang sangat cepat tanpa ada perambatan retak yang terjadi.

5.2. Saran

Saran-saran yang perlu diperhatikan untuk diadakannya penelitian lebih lanjut adalah sebagai berikut:

1. Untuk melakukan penelitian selanjutnya teliti dalam melakukan analisa pada patahan yang terjadi pada spesimen agar mendapatkan hasil yang lebih maksimal.

2. Hasil regangan setelah proses *annealing* menunjukkan bahwa hasil tertinggi terdapat pada suhu tertinggi yaitu suhu 150°C sedangkan hasil regangan terendah terdapat pada suhu terendah yaitu dengan temperatur suhu -20°C . Semakin besar temperatur suhu yang diberikan maka semakin besar regangan yang dihasilkan dan semakin kecil temperatur suhu yang diberikan terhadap spesimen maka tingkat regangannya semakin kecil.
3. Pada saat pengambilan data terlebih dahulu metekakan spesimen dengan benar agar hasil yang didapat maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Annealing Process Analysis With Oil + Water Media Vacation Quencing On Aisi 1045 Materials Due To Temperature Change,” 0 Isi Bilim. ve Tek. Derg. = J. Therm. Sci. Technol., 2019.
- [2]. T. Siagian, I. Siregar, dan H. Lubis, 2018, *Characteristics of St.37 Steel Materials with Temperature and Time on Heat Treatment Test using Furnace*.
- [3]. S. Hestukoro, T. Siagian, A. Bakhori, dan I. Siregar, *Analysis Characteristics of Silicon Aluminum Material Based on Fracture Period In Torque Test*.
- [4]. R. H. Sandy F. Candra1 , Metro M Manullang 2, 2019, *Analisis Karakteristik Hasil Proses Pengecoran Besi Cor Kelabu Dengan Variasi Design Model Inti Cor*, Teknologi, vol. 19, no. 9, hal. 1–8.
- [5]. P. Sasi Kirono, 2015, *Analisa Karakteristik Material Spoke Wheel Dengan Cast Wheel Pada Pelek Sepeda Motor*, Univ. Muhammadiyah Jakarta, vol., no., hal. 27–36.
- [6]. J. Weriono, 2017, *Noise Analysis of Variations in Engine Turn on 1300 CC Cars Due to Mechanical Vibration*, J. Technol. Harapan, vol. 6, no. 1, hal. 7–10.
- [7]. S. S. J. M. Bayu Prakoso1, Doli Tryono Siregar 2, 2018, *Analisa Brake Shoe Mobil Avanza Veloz 1,5 Toyota Akibat Sistem Pengereman*, Int. J. Logist., vol. 1, no. 3, hal. 1–6.
- [8]. Junaidi, S. Hestukoro, A. Yanie, Jumadi, dan Eddy, 2017, *Implementation Analysis Of Cutting Tool Carbide With Cast Iron Material S45 C On UNIVERSAL LATHE*, J. Phys. Conf. Ser., vol. 930, hal. 012044, Des 2017.
- [9]. indra roza junaidi, weriono, 2018, *Process Analysis of High Speed Steel Cutting Calculation (HSS) with S45 C Material On Universal Machine Tool*, IJISRT (International J. Innov. Sci. Res. Technol., vol. 3, no. 1, hal. 447–456.
- [10]. Junaidi, 2019, *Modul Pratikum Fenomena Dasar Mesin*, in 6, 2019 ed.,