



UNIVERSITAS BANDAR LAMPUNG
FAKULTAS TEKNIK

Jl. Hi. Zainal Abidin Pagar Alam No. 26 Bandar Lampung. Phone 0721-701979

SURAT TUGAS
No. 29/ST/FT-UBL/XI/2018

Dekan Fakultas Teknik Universitas Bandar Lampung dengan ini memberi tugas kepada:

Nama ; Ir. Zein Muhamad, MT.

Jabatan : Dosen Fakultas Teknik Universitas Bandar Lampung

Untuk melaksanakan kegiatan di bidang penelitian **“Pengaruh Proses Heat Treatment Terhadap Kekuatan Dan Struktur Mikro Baja Karbon Rendah”**.

Demikian Surat Tugas ini dibuat untuk dilaksanakan sebagaimana mestinya dan setelah dilaksanakan kegiatan tersebut agar melaporkan kepada Dekan


Bandar Lampung, 10 September 2018
Dekan,
FAKULTAS TEKNIK

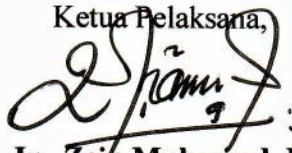
UBL
SOLUTION FOR PRESENT AND FUTURE

Ir. Juniardi, MT.

HALAMAN PENGESAHAN

1. a. Judul Penelitian : “ Pengaruh Proses Heat Treatment Terhadap Kekuatan Dan Struktur Mikro Baja Karbon Rendah ”.
- b. Bidang Ilmu : Teknik Mesin
2. Pelaksana :
- a. Nama : Ir. Zein Muhamad, MT.
- b. Jenis Kelamin : Laki-laki
- c. NIP / NIDN : 0012096409
- d. Pangkat/Gol. : Penata / IIIc
- e. Jabatan Fungsional : Lektor
- f. Fakultas/Program Studi: Teknik/Teknik Mesin
- g. Perguruan Tinggi : Universitas Bandar Lampung
- h. Pusat Penelitian : LPPM Universitas Bandar Lampung
- i. Bidang Keahlian : Teknik Mesin
- j. Waktu Pelaksanaan : September 2018 s/d Desember 2018
3. Lokasi Penelitian : Laboratorium Metalurgi dan Produksi Fakultas Teknik Univ. Lampung, Laboratorium Produksi Fakultas Teknik Univ. Bandar Lampung dan Laboratorium Bahan dan Pengolahan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Propinsi Lampung.
4. Biaya Penelitian : Rp. 8.000.000.-
5. Sumber Dana : Mandiri

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik
FAKULTAS TEKNIK

Ir. Juniaji, MT.

Bandar Lampung, 04 Pebruari 2019
Ketua Pelaksana,

Ir. Zein Muhamad, MT

Mengetahui,
Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat
Universitas Bandar Lampung (LPPM-UBL)


Ketua,
Dr. Hundri Dunan, SE. MM.

LEMBAR PERNYATAAN PENGESAHAN HASIL VALIDASI KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini Pimpinan Perguruan Tinggi Universitas Bandar Lampung Menyatakan dengan sebenarnya bahwa **karya ilmiah** sebanyak satu judul yang diajukan sebagai bahan Laporan Beban Kerja Dosen atas nama :

Nama : Ir. Zein Muhamad, MT
NIP : 196409121991121001
NIDN : 0012096409
Pangkat, golongan ruang, TMT : Penata/ III/c
Jabatan, TMT : 1 Oktober 1999
Bidang Ilmu/Mata Kuliah : Teknik Mesin
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin
Unit Kerja : Universitas Bandar Lampung Fakultas Teknik
Program Studi Teknik Mesin

Telah diperiksa dan divalidasi dengan baik, dan kami turut bertanggung jawab bahwa **karya ilmiah** tersebut telah memenuhi syarat kaidah ilmiah, norma akademik, dan norma hukum, sesuai dengan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 17 Tahun 2010 tentang Pencegahan dan Pananggulangan Plagiat di Perguruan Tinggi.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Bandar Lampung, 31 Januari 2019

Validasi :

An. Rektor Universitas Bandar Lampung
Wakil Rektor I Bidang Akademik,



**universitas
bandar lampung**

Dr. Ir. Hi. Hery Riyanto, M.T.

PENELITIAN
PENGARUH PROSES HEAT TREATMENT TERHADAP
KEKUATAN DAN STRUKTUR MIKRO
BAJA KARBON RENDAH



Oleh :

ZEIN MUHAMAD

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BANDAR LAMPUNG
2018

PRAKATA

Bismillahirrahmanirrahiim

Assalamualaikum wr.wb.

Alhamdulillah segala puji dan syukur senantiasa kami panjatkan kehadirat ALLAH SWT, yang telah membimbing dan melimpahkan kekuatan dan ilmuNya kepada kami sehingga penelitian yang kami lakukan terhadap sifat dan perubahan mikro struktur baja karbon setelah melalui proses perlakuan panas (*heat treatment*), dapat diselesaikan dengan baik. Namun dengan penuh kesadaran akan berbagai kekurangan dan belum sempurnanya hasil penelitiann ini, maka koreksi dan saran pendapat sangat kami harapkan dari semua pihak yang berkompeten demi lebih sempurna dan akuratnya hasil penelitian yang telah kami lakukan.

Pada kesempatan ini kami ingin menyampaikan rasa terimakasih kami kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan, sehingga kami dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik. Terutama rasa terimakasih kami kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Yusuf S. Barusman, MBA; sebagai Rektor Universitas Bandar Lampung.
2. Bapak Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung beserta seluruh staf, yang telah memberi kesempatan kepada kami melakukan kegiatan di bengkel/laboratoriumnya.
3. Bapak Dekan Fakultas Teknik Universitas Bandar Lampung beserta seluruh stafnya, yang juga telah memberikan dukungan dan bantuan sepenuhnya kepada kami.
4. Kepala Laboratorium Bahan dan Pengolahan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Propinsi Lampung beserta seluruh jajarannya, atas segala bantuan dan kemudahan yang diberikan.

Bandar Lampung, Januari 2018

Penulis,

ABSTRAK

PENGARUH PROSES HEAT TREATMENT TERHADAP KEKUATAN DAN STRUKTUR MIKRO BAJA KARBON RENDAH

Oleh,
ZEIN MUHAMAD

Sifat-sifat khas bahan industri perlu dikenal secara baik, karena bahan tersebut dipergunakan untuk berbagai macam keperluan dalam berbagai keadaan seperti sifat mekanik, sifat thermal, sifat listrik dan sifat fisis. Kebanyakan sifat-sifat tersebut ditentukan oleh jenis dan perbandingan atom yang membentuk bahan tersebut, yakni unsur dan komposisinya. Maka dalam pengujian bahan industri, kekuatan adalah hal yang paling sering ditentukan oleh penarikan statik dan takik/impak.

Besi dan baja paling banyak dipakai sebagai bahan industri yang selain ditentukan oleh nilai ekonomisnya namun yang paling utama adalah karena sifat-sifatnya yang bervariasi. Struktur mikro besi dan baja memiliki unsur paduan utamanya adalah karbon. Baja karbon rendah merupakan produk yang utama dalam produksi besi dan baja. Untuk mendapatkan sifat yang diinginkan perlu mendapat struktur yang cocok dengan komposisi kimia dan perlakuan panas yang tepat.

Sifat baja yang sangat bervariasi diperoleh dari pemaduan dan penerapan proses perlakuan panas. Sedangkan sifat mekanik dari baja sangat bergantung pada struktur mikro, dan struktur mikro baja karbon dipengaruhi oleh perlakuan panas dan komposisi baja.

Untuk menghasilkan baja karbon yang mempunyai nilai kekerasan yang rendah dan ketangguhan yang tinggi maka baja diberi perlakuan panas (*heat treatment*) untuk merubah sifat fisik dan mekaniknya. Perlakuan panas merupakan proses pemanasan, penahanan temperatur pada skala tertentu, dan pendinginan pada suatu baja untuk memperoleh perbedaan terutama pada kombinasi sifat-sifat mekaniknya.

Dari hasil percobaan dan pengujian yang dilakukan diperoleh bahwa pada temperatur 500 °C diperoleh kekuatan pukul (*impact*) terbesar yakni 0.84 Joule/mm² dengan media pendinginan olie, karena pada proses ini prosentase *ferrit* adalah 70.49 % lebih besar dari prosentase *perlite* sebesar 14.75 %. Pada temperatur 600 °C diperoleh kekuatan pukul (*impact*) terkecil yakni 0.42 Joule/mm² dengan media pendingin air; Semakin tinggi suhu pemanasan yakni pada suhu 550 °C, dengan menggunakan media pendingin air akan meningkatkan prosentase *perlite* yakni 34.42 %; namun media pendingin olie hanya dapat menghasilkan prosentase *perlite* sebesar 31.14%. Semakin tinggi prosentase kandungan *ferrit* akan semakin tangguh baja tersebut; namun semakin tinggi prosentase *perlite* maka baja akan semakin bersifat getas atau rapuh.

Kata kunci : heat treatment, struktur mikro, kekuatan, ketangguhan.

DAFTAR ISI

Halaman

ABTRAK

| | |
|---------------------|-----|
| DAFTAR ISI | i |
| DAFTAR TABEL | iii |
| DAFTAR GAMBAR | iv |

BAB I. PENDAHULUAN

| | |
|------------------------------|---|
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Tujuan Penelitian | 4 |
| 1.3. Ruang Lingkup | 4 |
| 1.4. Waktu dan Tempat | 4 |

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

| | |
|--|----|
| 2.1. Pengantar | 5 |
| 2.2. Klasifikasi Baja..... | 6 |
| 2.2.1 Baja Karbon Rendah | 6 |
| 2.2.2 Baja Karbon Sedang..... | 8 |
| 2.2.3 Baja Karbon Tinggi | 8 |
| 2.3. Perlakuan Panas (<i>heat treatment</i>) | 9 |
| 2.3.1 Pengerasan (<i>hardening</i>) | 10 |
| 2.3.2 Tempering | 11 |
| 2.3.3 Aneling | 12 |
| 2.3.4 Normalisasi dan Speriodisasi | 12 |

| | |
|--|----|
| 2.3.5 Pengerasan Permukaan | 13 |
| 2.3.6 Pengerasan Induksi | 13 |
| 2.4. Uji Struktur Mikro | 13 |
| 2.5. Diagram Fasa | 16 |
| 2.6. Uji Pukul (<i>impact/takik</i>) | 19 |

BAB III. PENGUJIAN DAN ANALISA

| | |
|--|----|
| 3.1. Pendahuluan | 24 |
| 3.2. Bahan dan Alat | 24 |
| 3.3. Langkah-langkah dan Tahapan Pengujian | 26 |
| 3.4. Analisa dan Hasil Pengujian | 28 |
| 3.4.1 Pengujian Pukul (<i>impact/takik</i>)..... | 28 |
| 3.4.2 Pengujian Struktur Mikro | 39 |

BAB IV. PENUTUP

| | |
|-----------------------|----|
| 4.1. Kesimpulan | 45 |
| 4.2. Saran | 45 |

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|--|---------|
| 1.1. Tabel Pembagian Jenis Baja | 2 |
| 2.1. Tabel Komposisi Baja Karbon Rendah | 7 |
| 2.2. Tabel Baja Karbon Rendah | 7 |
| 2.3. Tabel Kekuatan Pukul Beberapa Logam Pada Temperatur Ruang | 22 |
| 2.4. Tabel Kekuatan Pukul Beberapa Plastik pada Temperatur 20 °C | 22 |
| 3.1. Tabel Hasil Pengujian Energi Uji Pukul (<i>impact/takik</i>) | 31 |
| 3.2. Tabel Tabulasi Hasil Perhitungan Uji Pukul (<i>impact/takik</i>)..... | 38 |

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|--|---------|
| 1.1. Gambar Dapur Normalisasi | 3 |
| 1.2. Gambar Kurva Laju – Inverse | 3 |
| 1.3. Gambar Diagram Besi-Karbida | 4 |
| 2.1. Gambar Mikro Struktur Macam – Macam Baja Karbon | 9 |
| 2.2. Gambar 2.2. Diagram Fasa Fe – C | 10 |
| 2.3. Gambar Struktur Baja Yang Dikeraskan Dan Dichelupkan Dalam Air | 11 |
| 2.4. Gambar Diag.Transformasi Pencelupan Tertunda A. Austemper; B. Martemper | 11 |
| 2.5. Gambar Kurva Transformasi Proses Aneling Sempurna | 12 |
| 2.6. Gambar Diagram Keseimbangan Fasa Besi – Karbon | 16 |
| 2.7. Gambar Struktur mikro baja karbon | 18 |
| 2.8. Gambar Mesin Uji Pukul (a) Izod dan (b) Charpy | 19 |
| 2.9. Gambar Uji Pukul Izod: (a) Posisi Penjepitan Spesimen (test Piece) Kantilever, (b) Detail Spesimen Logam dan (c) Detail Spesimen Plastik | 20 |
| 2.10. Gambar Uji Pukul Charpy: (a)Posisi Spesimen Logam, (b)Detail Teknik Spesimen... | 20 |
| 2.11. Gambar Pengaruh Temperatur Pada Energi Yang Diserap Dalam Uji Pukul Charpy Bahan Baja 0,2% C | 20 |
| 2.12. Gambar Energi Yang Diserap Pada Saat Uji Pukul Diilustrasi Sebagai Daerah Yang Diarsir Dibawah Kurva Tegangan-Regangan Suatu Uji Tarik | 21 |

| | |
|--|----|
| 3.1. Gambar Alat Uji Struktur Mikro “Merk Olympic”..... | 26 |
| 3.2. Gambar Alat Uji Pukul (<i>impact</i>) | 27 |
| 3.3a,b,dan c. Oven(<i>furnace</i>), Tang Penjepit, APD (Alat Pelindung Diri) | 27 |
| 3.4. Gambar Benda Kerja dan Dimensinya | 28 |
| 3.5. Gambar Proses Heat Treatment Pada Suhu 500 °C Dengan Media Air dan Olie ... | 28 |
| 3.6. Gambar Proses Heat Treatment Pada Suhu 550 °C Dengan Media Air dan Olie .. | 29 |
| 3.7. Gambar Proses Heat Treatment Pada Suhu 600 °C Pada Media Air Dan Olie | 29 |
| 3.8. Gambar Mesin Uji Pukul (<i>impact/takik</i>) | 30 |
| 3.9. Gambar Grafik Harga Uji Pukul (<i>Impact/Takik</i>) | 40 |
| 3.10. Gambar Grafik Rerata Harga Uji Pukul (<i>Impact/Takik</i>) | 41 |
| 3.11 a,b dan c. Gambar Mikro Struktur Tanpa Perlakuan Panas..... | 42 |
| 3.12a,b dan c. Gambar Mikro Struktur Dengan Perlakuan Panas Media Olie | 42 |
| 3.13a,b dan c. Gambar Mikro Struktur Dengan Perlakuan Panas Media Air | 45 |
| 3.14. Gambar Grafik Presentase Struktur Mikro | 46 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sifat-sifat khas bahan industri perlu dikenal secara baik, karena bahan tersebut dipergunakan untuk berbagai macam keperluan dalam berbagai keadaan. Sifat-sifat tersebut sangatlah banyak diantaranya: sifat-sifat mekanik (kekuatan, kekerasan, kekakuan, keliatan, keuletan, kekuatan impak dsb-nya); sifat-sifat listrik (hantaran listrik, dielektrisitas, dsb-nya); sifat-sifat termal (panas jenis, pemuaian, konduktivitas, dsb-nya); sifat-sifat kimia (reaksi kimia, kombinasi, segregasi, ketahanan korosi, dsb-nya); sifat-sifat fisik (ukuran, massa jenis, struktur, dsb-nya); sifat-sifat teknologi (mampu mesin, mampu keras, dsb-nya). Kebanyakan sifat-sifat tersebut ditentukan oleh jenis dan perbandingan atom yang membentuk bahan yakni unsur dan komposisinya. Maka dalam pengujian bahan industri, kekuatan adalah hal yang paling sering ditentukan oleh penarikan statik dan takik/impak.

Untuk memberikan evaluasi secara industri terhadap bahan-bahan, setiap negara menentukan specimen uji sesuai dengan standar yang ada di negara tersebut. Penentuan ini tidak dilakukan dalam penelitian, kecuali alasan penggunaan praktis maka specimen uji standar industri dapat digunakan.

Besi dan baja paling banyak dipakai sebagai bahan industri yang selain ditentukan oleh nilai ekonomisnya namun yang paling utama adalah karena sifat-sifatnya yang bervariasi. Dari unsur besi berbagai bentuk struktur logam dapat dibuat sehingga besi dan baja disebut sebagai bahan yang kaya dengan sifat-sifat. Struktur mikro besi dan baja unsur paduan utamanya adalah karbon. Baja karbon rendah merupakan produk yang utama dalam produksi besi dan baja. Faktor-faktor yang menentukan sifat-sifat mekanik adalah macam fasa, kadar unsur paduan dalam fasa, banyak fasa, ukuran dan bentuk senyawa. Untuk mendapatkan sifat yang diinginkan perlu mendapat struktur yang cocok dengan komposisi kimia dan perlakuan panas yang tepat.

Baja adalah campuran dari besi dan karbon, dimana unsur karbon menjadi dasar campurannya. Dengan penambahan atau pengurangan kadar karbon atau unsur paduan lainnya akan diperoleh kekuatan baja sesuai yang diinginkan. (Fitri, Ginting, Ediman, dan Karo. Pulung, 2013). Secara garis besar baja dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu baja karbon dan baja paduan. Baja karbon dibagi menjadi tiga seperti yang terlihat pada tabel dibawah:

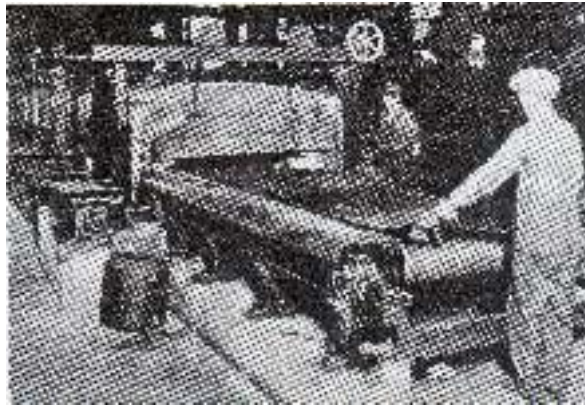
Tabel 1.1 Pembagian Jenis Baja

| No | Jenis baja | Komposisi Carbon |
|----|--------------------|---------------------|
| 1 | Baja Karbon Rendah | < 0,25%C |
| 2 | Baja Karbon Sedang | 0,25%C Sampai 0,6%C |
| 3 | Baja Karbon Tinggi | 0,6%C Sampai 1,4%C |

Baja paduan dibagi menjadi dua yaitu baja paduan rendah (dengan kandungan C yang sama dan jumlah unsur paduan sampai 5%) dan baja paduan tinggi (dengan kandungan C hingga 2,6% dan jumlah unsur paduan lebih dari 5%). (Schonmetz. Alois, 2013). Di samping itu baja juga mengandung unsur-unsur lain seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), mangan (Mn), dan sebagainya yang jumlahnya dibatasi. (Hadi. Syamsul, 2016). Sifat baja yang sangat bervariasi diperoleh dari pemaduan dan penerapan proses perlakuan panas. Sifat mekanik dari baja sangat bergantung pada struktur mikro. Sedangkan Struktur Mikro pada baja karbon dipengaruhi oleh perlakuan panas dan komposisi baja. (anrinal, 2013). Baja karbon banyak digunakan untuk membuat alat-alat perkakas, konstruksi, dan alat-alat rumah tangga. Dalam aplikasi pemakaiannya, semua baja akan terkena pengaruh gaya luar berupa tegangan-tegangan gesek, tarik maupun tekan sehingga menimbulkan deformasi atau perubahan bentuk.

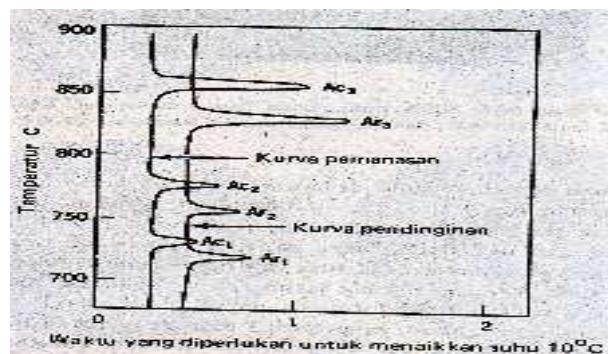
Untuk menghasilkan baja karbon yang mempunyai nilai kekerasan yang rendah dan ketangguhan yang tinggi maka baja diberi perlakuan panas (*heat treatment*) untuk merubah sifat fisik dan mekanik (Fitri, Gintin Ediman, dan Karo Pulung, 2013).

Perlakuan panas merupakan proses pemanasan, penahanan temperatur tertentu, dan pendinginan pada suatu baja untuk memperoleh perbedaan kombinasi sifat-sifat mekanik. Perlakuan panas dilakukan didalam tungku listrik dengan pengontrolan temperatur yang tepat dan perbandingan kesuatu media pendingin sesuai dengan kondisi dan spesifikasi bajanya. (Hadi Syamsul, 2016).



Gambar 1.1. Dapur normalisasi

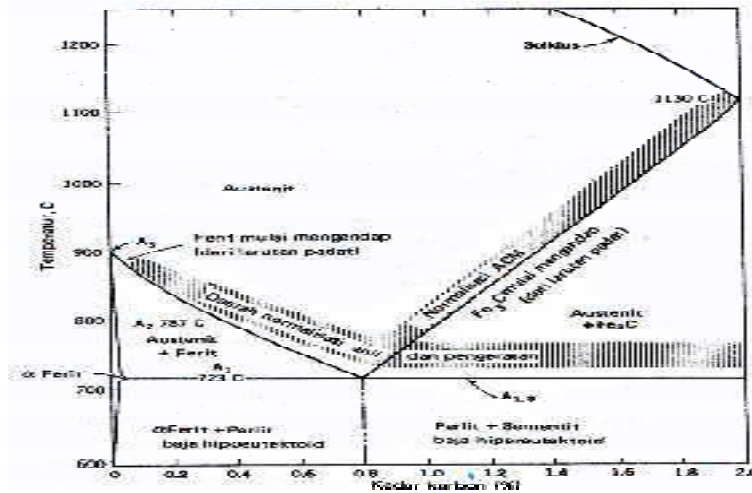
Melalui perlakuan panas yang tepat, tegangan dalam dari bahan dapat dihilangkan; besar butir dapat diperbesar atau diperkecil; ketangguhan dapat ditingkatkan atau melalui proses perlakuan panas dapat dihasilkan suatu permukaan yang keras disekeliling inti yang ulet. Untuk memungkinkan perlakuan panas yang tepat, maka susunan kimia baja harus diketahui karena perubahan komposisi kimia terutama karbon dapat mengakibatkan perubahan sifat-sifat fisis.



Gambar 1.2. Kurva laju – inverse

Pengerasan merupakan proses pemanasan baja sampai suhu berada pada daerah atau di atas daerah kritis disusul dengan pendinginan yang cepat. Bila kadar karbon diketahui maka suhu pemanasannya dapat dibaca dari diagram fasa besi-karbida besi.

Namun bila kadar karbon tidak diketahui maka perlu dilakukan percobaan untuk mengetahui daerah pemanasannya. Pada setiap proses perlakuan panas, laju pemanasan merupakan factor yang penting; disamping itu kekerasan yang diperoleh juga bergantung kepada beberapa factor lainnya seperti laju pendinginan, kadar karbon dan ukuran benda kerja (specimen).



Gambar 1.3. Diagram besi-karbida

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah ingin mengetahui sejauh mana pengaruh penggunaan media pendingin pada proses perlakuan panas (*heat treatment*) baja karbon rendah terhadap kekuatan dan mikro struktur dari baja tersebut.

1.3. Ruang Lingkup

Penelitian dilakukan terhadap baja jenis karbon rendah, dengan proses perlakuan panas (*heat treatment*) dengan menggunakan medium pendingin berupa air dan olie.

1.4. Waktu dan Tempat

Kegiatan dilakukan mulai dari bulan September 2018 sampai dengan bulan Desember 2018, di Laboratorium Material Fakultas Teknik Universitas Lampung dan Laboratorium Material/Proses Produksi Universitas Bandar Lampung dan juga di Laboratorium Bahan dan Pengolahan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Propinsi Lampung.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Pengantar

Kini kita menyadari bahwa material merupakan salah satu sumber daya utama bagi umat manusia, yang setara dengan ruang hidup, makanan, energi dan tenaga manusia sendiri. Memang bidang material yang luas, baik material alami maupun buatan manusia, mempertegas kesaling-ketergantungan yang sangat erat antara masyarakat dan alam. Substansi material merupakan wilayah kegiatan rekayasa yang lain lagi, misalnya substansi baja dan aluminium untuk menghasilkan kendaraan yang lebih ringan dan lebih efisien bahan bakar tidaklah terjadi secara otomatis. Pemrosesan baja dan aluminium tidak sama, sehingga untuk dapat melakukan perubahan, pabrik harus membeli peralatan pokok yang berbeda; kedua material tersebut memiliki kekakuan yang berbeda sehingga mempengaruhi design teknisnya. Dengan kata lain peran material dalam dunia modern sangatlah beragam.

Material dapat dibedakan dari sifat-sifatnya; bisa kuat, ulet, memiliki resistivitas listrik yang tinggi atau bahkan sebaliknya bisa getas, lunak ataupun memiliki konduktivitas yang baik.

Material baja merupakan paduan besi dan karbon yang konsentrasinya cukup besar dari pada unsur paduan lainnya; menyajikan reaksi-reaksi dan struktur mikro yang dapat digunakan untuk merubah sifat bahan, dan merupakan bahan konstruksi yang terpenting. Terdapat puluhan jenis baja; ada baja yang sangat lunak digunakan untuk pembentukan lenyuk spatbor mobil dan panel pemanas. Ada juga baja yang sangat keras dan tangguh yang digunakan untuk roda gigi dan sudu boldozer dan ada pula baja yang sangat tahan terhadap karat (korosi). Umumnya baja diklasifikasikan berdasarkan kadar karbonnya, baja karbon rendah, karbon menengah dan karbon tinggi. Baja karbon biasa (*plain carbon steels*) hanya mengandung unsur bawaan (Mn, S, Si, dan P) selain karbon, sedangkan paduan baja akan lebih spesifik dengan unsur-unsur paduan yang ditambahkan. (*Hadi.Syamsul, 2016*).

2.2. Klasifikasi Baja

2.2.1. Baja Karbon Rendah

Baja Karbon Rendah diproduksi dalam jumlah terbanyak dan umumnya mengandung >0,25% unsur karbon dan tidak respons terhadap perlakuan panas untuk membentuk martensit, pengerasannya dilakukan dengan pengerjaan dingin. Struktur mikronya terdiri dari ferit dan perlit yang konsekuensinya relatif lunak dan tidak kuat, tetapi keuletan dan ketangguhannya yang baik. Selain mampu dikerjakan dengan mesin, mampu lasnya baik dibandingkan dengan jenis baja lainnya, dan biaya produksinya juga paling murah. Penggunaan khusus termasuk untuk kontruksi bodi mobil, bentuk-bentuk sekrup (profil I, kanal, dan baja bersudut / siku), dan lembaran digunakan untuk pipa-pipa, bangunan, jembatan, dan kaleng timah putih. Komposisi dan sifat baja karbon rendah ditunjukkan pada tabel 2.1 dan tabel 2.2. Baja Karbon rendah dengan kekuatan tinggi (*high strength low carbon steel*) ditunjukkan dengan tambahan paduan selain C dan Mn, yaitu Si, Cu, V, N, Nb, dan Al. Kekuatan luluh (*yield strength*) untuk baja karbon rendah dengan rentang antara 180 dan 260 MPa, dan untuk baja karbon rendah dengan kekuatan tinggi dengan rentang antara 290 dan 552 Mpa, menunjukkan peningkatan nilai kekuatan luluhnya sekitar satu setengah sampai dua kali lipat.

Tabel 2.1 Komposisi Baja Karbon Rendah

| Desingnatio | | Composition (ws%) | | |
|--|------------|--------------------------------|------|----------------------------------|
| AISI/SAE or ASTM number | UNS Number | C | Mn | Other |
| | | Plain Low-Carbon Steels | | |
| 1010 | G10100 | 0,10 | 0,45 | |
| 1020 | G10200 | 0,20 | 0,45 | |
| A36 | K02600 | 0,29 | 1,00 | 0,20 Cu (enin) |
| A516 Grade 70 | K02700 | 0,31 | 1,00 | 0,25 Si |
| High-Strength, Low-Alloy Steels | | | | |
| A440 | K12810 | 0,28 | 1,35 | 0,33 Si (max); 0,20 Cu (min) |
| A633 Grade E | K12002 | 0,22 | 1,35 | 0,30 Si; 0,08 V; 0,02 N; 0,03 Nb |
| A656 Grade I | K11804 | 0,18 | 1,60 | 0,60 Si; 0,1 V; 0,20Al; 0,015 N |

“The codes used by the American Iron and Steel Institute (AISI), The Society Of Automotive Engineers (SAE), and The American Society for Testing and Materials (ASTM), and in the Uniform Numbering System (UNS) are explained in the text.”

Tabel 2.2 Sifat Baja Karbon Rendah

| AISI/SAE or ASTM Number | Tensile Strength [Mpa(ksi)] | Yield Strength [Mpa(ksf)] | Ductility [%EL in 50 mm (2in,)] | Typical Applications |
|--|-----------------------------|---------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|
| Plain Low-Carbon Steels | | | | |
| 1010 | 325 (47) | 180 (26) | 28 | Automotive panels, nails, and wire |
| 1020 | 380 (55) | 205 (30) | 25 | Pipe: structural and sheet steel |
| A36 | 400 (58) | 220 (32) | 23 | Structural (bridges and buildgs) |
| A516 Grade 70 | 485 (70) | 260 (38) | 21 | Low-temperatue press, vassels |
| High-Strength, Low-Alloy Steels | | | | |
| A440 | 435 (63) | 290 (42) | 21 | Struct. that are boltted or reiverted |
| A633 Grade E | 520 (75) | 380 (55) | 23 | Struct. used at low ambient temp. |
| A656 Grade I | 655 (95) | 552 (80) | 15 | Truck frames and railway cars |

2.2.2. Baja Karbon Sedang

Baja karbon sedang (*medium carbon steels*) mempunyai kadar karbon 0,25 sampai 0,6 %. Baja tersebut dapat diperlakukan panas dengan austenisasi, quenching, dan tempering untuk memperbaiki sifat mekanisnya. Baja karbon sedang mempunyai mampu keras yang rendah dan hanya berhasil diperlakukan panas untuk penampang yang sangat tipis dengan laju pendinginan yang sangat cepat. Penambahan Cr, Ni, dan Mo memperbaiki mampu laku panas dan menambah variasi kombinasi kekuatan dan keuletan. Baja sedang lebih kuat dari baja karbon rendah, namun keuletan dan ketangguhannya lebih rendah. Digunakan untuk roda kereta api dan roda penggerak, roda gigi, poros engkol, komponen mesin lainnya, dan komponen struktur kekuatan tinggi dengan suatu kombinasi ketahanan aus dan ketangguhan yang baik. (*Hadi Syamsul, 2016*).

2.2.3. Baja Karbon Tinggi

Baja Karbon Tinggi (*high carbon steel*) mempunyai kadar karbon 0,6-1,4%. Merupakan jenis baja terkeras, terkuat, tetapi paling tidak ulet. Hampir selalu digunakan dalam kondisi dikeraskan dan ditemper dan juga digunakan khusus untuk kondisi tahan aus dan mampu mempertahankan sisi potong yang tajam. Baja perkakas dan baja pencetakan dibuat dari baja paduan karbon tinggi yang umumnya memiliki paduan Cr, V, W, dan Mo. Unsur paduan tersebut bergabung dengan karbon pembentuk senyawa yang sangat keras dan tahan aus (semisal Cr_2C_6 , V_4C_3 , dan WC).

Kermet (*Cermet*) adalah contoh komposit keramik-logam. Kermet paling umum adalah karbida sementit yang disusun dari partikel yang sangat keras dari suatu karbida kramik tahan panas seperti karbida wolfram (WC) atau karbida titanium (TiC) yang tertanam dalam matriks suatu logam seperti kobalt atau nikel. Komposit tersebut banyak dipakai sebagai alat potong untuk baja yang dikeraskan.



Gambar 2.1. Mikro struktur macam – macam baja karbon

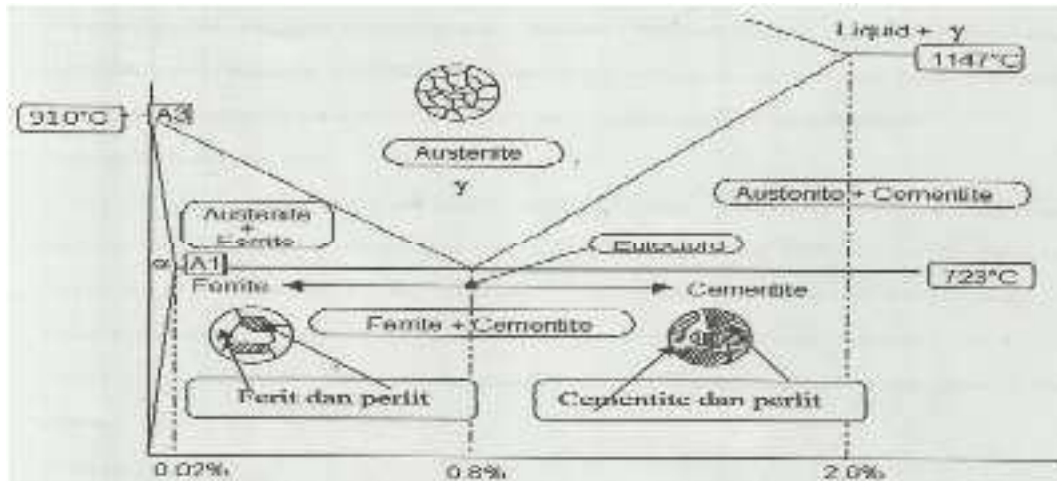
2.3. Perlakuan Panas (*heat treatment*)

Perlakuan panas merupakan proses pemanasan dan pendinginan logam dalam keadaan padat yang terkontrol dengan maksud merubah sifat fisiknya untuk tujuan tertentu. Melalui perlakuan panas yang tepat, tegangan dalam dapat dihilangkan, besar butir dapat diperbesar atau diperkecil; ketangguhan dapat ditingkatkan atau dapat pula menghasilkan suatu permukaan yang keras disekeliling inti yang ulet.

Proses perlakuan panas secara umum meliputi hal-hal:

1. Pemanasan material sampai suhu tertentu dengan kecepatan tertentu pula.
2. Mempertahankan suhu untuk waktu tertentu sehingga temperturnya merata.
3. Pendinginan dengan media pendingin.

Ketiga hal tergantung dari material yang akan di *heat treatment* dan sifat sifat akhir yang diinginkan; dan untuk memungkinkan perlakuan panas yang tepat, susunan kimia logam harus diketahui karena perubahan komposisi kimia, khususnya karbon (C) dapat mengakibatkan perubahan sifat fisis logam tersebut. (*Anrinal,2013*).



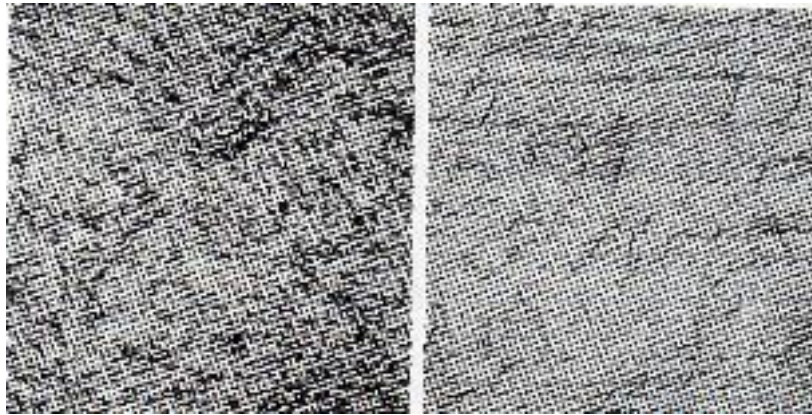
Gambar 2.2. Diagram fasa Fe – C

Macam macam perlakuan panas (*heat treatment*) antara lain :

2.3.1. Pengerasan (*hardening*)

Pengerasan merupakan proses pemanasan baja sampai suhu di daerah atau di atas daerah kritis dengan pendinginan yang cepat. Jika kadar karbonnya diketahui maka untuk temperature pemanasannya dapat dibaca pada diagram fasa besi-karbida besi; namun bila komposisi bajanya tidak diketahui maka perlu dilakukan melalui percobaan untuk mengetahui daerah pemanasannya. Cara yang terbaik adalah dengan memanaskan dan pencelupan baja pada beberapa media pendingin dengan berbagai suhu yang dipilih dilanjutkan dengan proses pengujian kekerasan atau pengamatan mikrostrukturnya. Bila suhu yang tepat telah diperoleh maka akan terjadi perubahan kekerasan dan sifat-sifat lainnya. Kekerasan yang dapat dicapai tergantung pada laju pendinginan, kadar karbon dan ukuran baja. Pada baja paduan, jenis dan jumlah paduan akan mempengaruhi kemampuan proses pengerasannya.

Pengerasan (*hardening*) baja juga dapat dilakukan dengan cara mengubah struktur mikro austenit menjadi martensit dengan cara pemanasan, penahanan dan pendinginan cepat ke suatu media pendingin. Media pendingin bisa berupa air dan olie. Sifat optimum dari suatu baja yang telah di-quenched kemudian ditemper hanya bias jika selama pendinginan spesimen telah diubah menjadi kandungan martensit yang tinggi, pembentukan perlit dan/atau bainit berakibat ke selain kombinasi sifat-sifat mekanik terbaik.

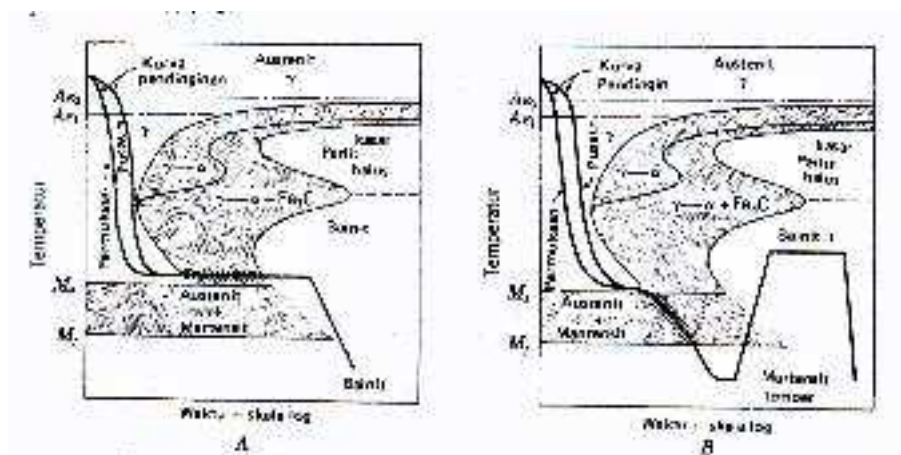


Gambar 2.3. Struktur baja yang dikeraskan dan dicelupkan dalam air

2.3.2. Tempering

Baja yang telah dikeraskan bersifat rapuh dan tidak cocok untuk digunakan; namun setelah melalui proses temper kekerasan dan kerapuhan dapat diturunkan sampai memenuhi persyaratan penggunaan. Kekerasan turun, kekuatan Tarik turun pula sedangkan keuletan dan ketangguhan baja akan meningkat. Tempering sendiri merupakan proses pemanasan kembali baja setelah quenched untuk meningkatkan ketangguhan dan keuletannya, martensit di transfer ke martensit temper. (Hadi.Syamsul, 2016).

Proses austemper dan martemper, memungkinkan diperolehnya sifat fisik khusus baja yang diinginkan.



Gambar 2.4. Diagram Transformasi pencelupan tertunda A. Austemper; B. Martemper

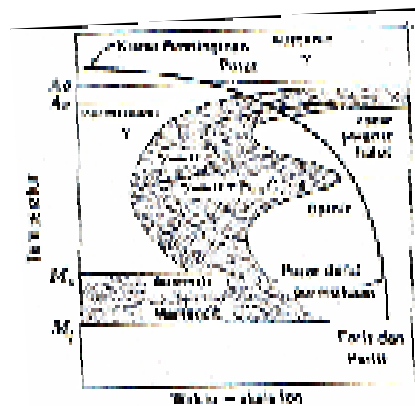
2.3.3. Aneling

Tujuan utama dari proses anil adalah pelunakan baja yang keras sehingga dapat dikerjakan melalui pemesinan atau pengerjaan dingin, dengan cara memanaskan sedikit di atas suhu kritis A_{c3} , dibiarkan sampai suhu merata dan disusul dengan pendinginan secara perlahan-lahan sambil dijaga agar suhu diluar dan dalam diperkirakan mendekati sama.

Anil (*annealing*) sendiri merupakan proses perlakuan panas untuk mendapatkan sifat-sifat mekanik: (1) menghilangkan tegangan sisa (*relieve stresses*) pada baja; (2) meningkatkan kelunakan (*softness*), keuletan (*ductility*), dan ketangguhan (*toughness*); dan/atau (3) menghasilkan struktur mikro khusus.

Proses anil terdiri dari tiga tahapan:

1. Pemanasan sampai mencapai temperatur austenit di dalam tungku pemanasan listrik (*muffle furnace*);
2. Penahanan (*holding*) pada temperatur austenite; dan
3. Pendinginan, biasanya sampai ke temperatur ruang sehingga struktur mikronya berubah menjadi ferit dan perlit.



Gambar 2.5. Kurva Transformasi Proses aneling sempurna

2.3.4. Normalisasi dan Sferoidisasi

Proses normalisasi terdiri dari pemanasan baja pada $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ sampai $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ di atas daerah kritis atau disusul dengan proses pendinginan dalam udara. Dan biasa dilakukan pada baja karbon rendah dan sedang atau baja paduan agar struktur butiran lebih merata; atau dilakukan nuntuk menghilangkan tegangan dalam pada baja. Proses normalisasi biasanya dilakukan pada baja yang telah melalui proses digiling atau di cor.

Sedangkan spheroidisasi merupakan proses heat treatment dengan tujuan menghasilkan struktur mikro dengan sementit berbentuk sferoidal.

2.3.5. Pengerasan Permukaan

Pengerasan permukaan terdiri dari beberapa proses diantaranya adalah :

- 1). Proses Karburasi; merupakan cara pengerasan permukaan material besi yang telah dikenal sejak lama. Terdapat tiga jenis proses karburasi yakni karburasi padat (*pack carburizing*), karburasi gas (*gas carburizing*) dan karburasi cair (*liquid carburizing*).
- 2). Proses Karbonitriding; Sering disebut juga sebagai sianida kering atau nikarbing merupakan proses pengerasan permukaan dimana baja dipanaskan di atas suhu kritis di dalam lingkungan gas dan terjadi penyerapan karbon dan nitrogen (dapat pula digunakan gas ammonia)
- 3). Proses Cyaniding; Cyaniding atau karbinitriding cair merupakan proses dimana terjadi absorbs karbon dan nitrogen untuk memperoleh permukaan yang keras pada baja karbon rendah yang sulit dikeraskan.
- 4). Proses Nitriding; Merupakan proses pengerasan permukaan yang mana bahan dan suhu pemanasannya berbeda. Pada proses nitriding, terbentuk lapisan permukaan yang sangat keras dengan kekerasan antara 900 – 1100 Brinell.

2.3.6. Pengerasan Induksi

Pemanasan induksi memberikan hasil yang cukup baik pada pengerasan permukaan krusas dan permukaan sejenis yang harus tahan terhadap keausan. Berbeda dengan pengerasan permukaan biasa, disini susunankimia baja tidak berubah karena pemanasan berlangsung sangat cepat dan pencelupan permukaan tidak berpengaruh terhadap bagian dalamnya. Pengerasan yang diperoleh melalui proses pengerasan induksi sama dengan pemanasan biasa dan hanya tergantung pada kadar karbonnya. Keuntungan metoda ini terletak pada kecepatan proses pengerjannya, permukaan yang bebas kerak, distorsi minimal, biaya operasi yang rendah (walaupun biaya investasi awalnya tinggi) sehingga mampu mengimbangi factor biaya investasi awalnya.

2.4. Uji Struktur Mikro

Sifat-sifat logam, terutama sifat mekaniknya sangat dipengaruhi oleh struktur mikro dan juga komposisi kimianya. Pada suatu logam atau paduan akan mempunyai sifat mekanik yang berubah-ubah bila struktur mikronya diubah.

Struktur mikro dapat diubah dengan cara dilakukan proses perlakuan panas (*heat treatment*) pada logam, selain proses perlakuan panas, proses deformasi juga dapat mengubah struktur mikro dari logam atau logam paduan.

Struktur mikro pada logam ditunjukkan dengan besar bentuk dan orientasi butirnya, jumlah fassa, proporsi dan kelakuan dimana mereka terdistribusi. Struktur mikro pada paduan tergantung dari beberapa faktor seperti elemen paduan, konsentrasi dan perlakuan panas yang diberikan. Pengujian struktur mikro ini dilakukan dengan bantuan mikroskop dengan koefisien pembesaran dan metode kerja yang bervariasi.

Pada uji struktur mikro, pengambilan sampel merupakan hal yang sangat penting. Dimana spesimen yang akan dianalisis harus mewakili materi yang dievaluasi. Adapun tahap-tahap dasar yang perlu dilakukan untuk pengujian ini adalah sebagai berikut :

1). Pemotongan (*Cutting*)

Pengambilan sampel harus direncanakan sedemikian sehingga menghasilkan sampel yang sesuai dengan kondisi rata-rata bahan atau kondisi ditempat-tempat tertentu. Secara garis besar pengambilan sampel dilakukan pada daerah yang akan diamati mikro strukturnya. Sebagai contoh untuk pengamatan mikro struktur material yang mengalami kegagalan, maka sampel diambil sedekat mungkin pada daerah kegagalan, untuk kemudian dibandingkan dengan sampel yang diambil dari daerah yang jauh dari daerah kegagalan.

2). Mounting

Spesimen yang berukuran kecil dan tidak beraturan akan sangat sulit untuk ditangani khususnya ketika dilakukan pengamplasan dan pemolesan akhir. Contohnya adalah spesimen berupa kawat atau spesimen lembaran metal tipis. Untuk mengatasinya maka spesimen tersebut harus ditempatkan pada suatu media (*media mounting*). *Media mounting* yang dipilih haruslah sesuai dengan material dan jenis reagen etsa yang akan digunakan. Pada umumnya *mounting* menggunakan material plastik sintetik. Teknik *mounting* yang paling baik adalah menggunakan *thermosetting resin* dengan menggunakan material bakelit. Material ini berupa bubuk yang tersedia dengan warna

yang beragam. *Thermosetting mounting* membutuhkan alat khusus, karena dibutuhkan aplikasi tekanan 4200lb/in^2 dan panas $149\text{ }^{\circ}\text{C}$ pada *mold* saat *mounting*.

3). Pengamplasan (*grinding*)

Sampel yang sudah dipotong akan memiliki permukaan yang kasar. Permukaan yang kasar ini harus diratakan agar pengamatan struktur mikro mudah untuk dilakukan. Proses pengamplasan dilakukan dengan menggunakan kertas amplas silicon karbit dengan berbagai tingkat kekasaran yang ukuran butir abrasifnya dinyatakan dengan mesh, yaitu kombinasi dari 220, 330, 500, 600, 800, dan 1000. Hal yang perlu diperhatikan pada saat pengamplasan adalah pemberian air. Air berfungsi sebagai pemindah geram, memperkecil kerusakan akibat panas yang timbul yang dapat merubah struktur mikro sampel dan memperpanjang masa pemakaian kertas amplas.

4). Pemolesan (*polishing*)

Setelah diamplas sampai halus, sampel harus dilakukan pemolesan. Pemolesan bertujuan untuk memperoleh permukaan specimen yang mengkilap dan tidak boleh adanya goresan. Permukaan sampel yang akan diamati dibawah mikroskop harus benar-benar rata. Tahap pemolesan diawali dengan amplas kasar terlebih dahulu kemudian dilanjutkan dengan pemolesan halus.

5). Etsa

Etsa merupakan proses pengikisan batas butir secara selektif dan terkendali dengan pencelupan kedalam larutan pengetsa, baik menggunakan listrik maupun tidak kepermukaan sampel, sehingga detail struktur yang akan diamati akan terlihat dengan jelas dan tajam. Terdapat beberapa material yang mikro strukturnya akan muncul jika diberikan zat etsa terlebih dahulu, sehingga perlu pengetahuan yang baik untuk memilih zat etsa yang tepat.

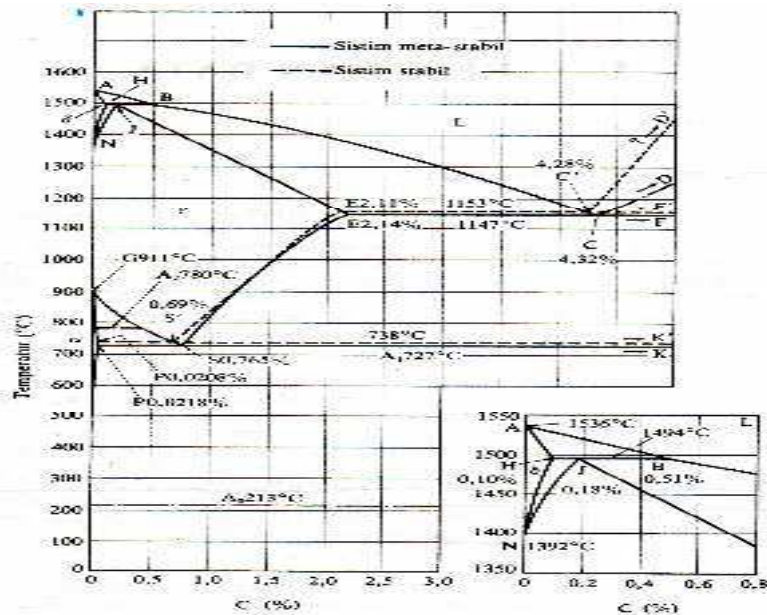
Baja dipanaskan agar diperoleh struktur mikro dan sifat yang diinginkan. Struktur mikro dan sifat yang diinginkan tersebut dapat diperoleh melalui proses pemanasan dan pendinginan pada temperatur tertentu. Jika permukaan dari spesimen baja disiapkan dengan cermat dan struktur

mikronya diamati dengan menggunakan mikroskop, maka akan tampak bahwa baja tersebut memiliki struktur yang berbeda-beda.

- 1). *Ferit* ($Fe-\alpha$) ; Ferit terbentuk pada proses pendinginan yang lambat dari austenit baja hipoeutektoid pada saat mencapai A3. Ferit bersifat sangat lunak, ulet dan memiliki kekerasan sekitar 50 – 100 BHN dan memiliki konduktivitas yang tinggi.
- 2). *Perlit* ; merupakan campuran sementit dan ferit yang memiliki kekerasan sekitar 10-30 HRC. Jika baja eutektoid (0,8% diaustenisasi dan didinginkan dengan cepat ke suatu temperatur dibawah A1, misalnya ketemperatur 500⁰C dan didiamkan pada temperatur tersebut sehingga terjadi transformasi isothermal, maka austenit akan mengurangi dan membentuk perlit melalui proses pengintian (nukleasi) dan pertumbuhan perlit mempunyai sifat diantaranya ferit dan sementit, yaitu kuat dan cukup keras. Kandungan karbonnya 0,8%.

2.5. Diagram Fasa

Besi dan baja paling banyak dipakai sebagai bahan industri dimana sebagian ditentukan oleh nilai ekonomis tetapi yang paling penting karena sifat-sifatnya yang bervariasi. Dari unsur besi berbagai bentuk struktur logam dapat dibuat, inilah mengapa besi dan baja disebut sebagai bahan yang kaya dengan sifat-sifat. Pada paduan besi karbon terdapat fasa karbida yang disebut "*Sementit*" dan juga "*Grafit*", namun grafit lebih stabil daripada sementit. Sebagai ilustrasi diagram fasa sementit dengan kadar C= 6,67 % (Fe – Fe₃C diagram) ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 2.6. Diagram keseimbangan fasa besi – karbon

Keterangan :

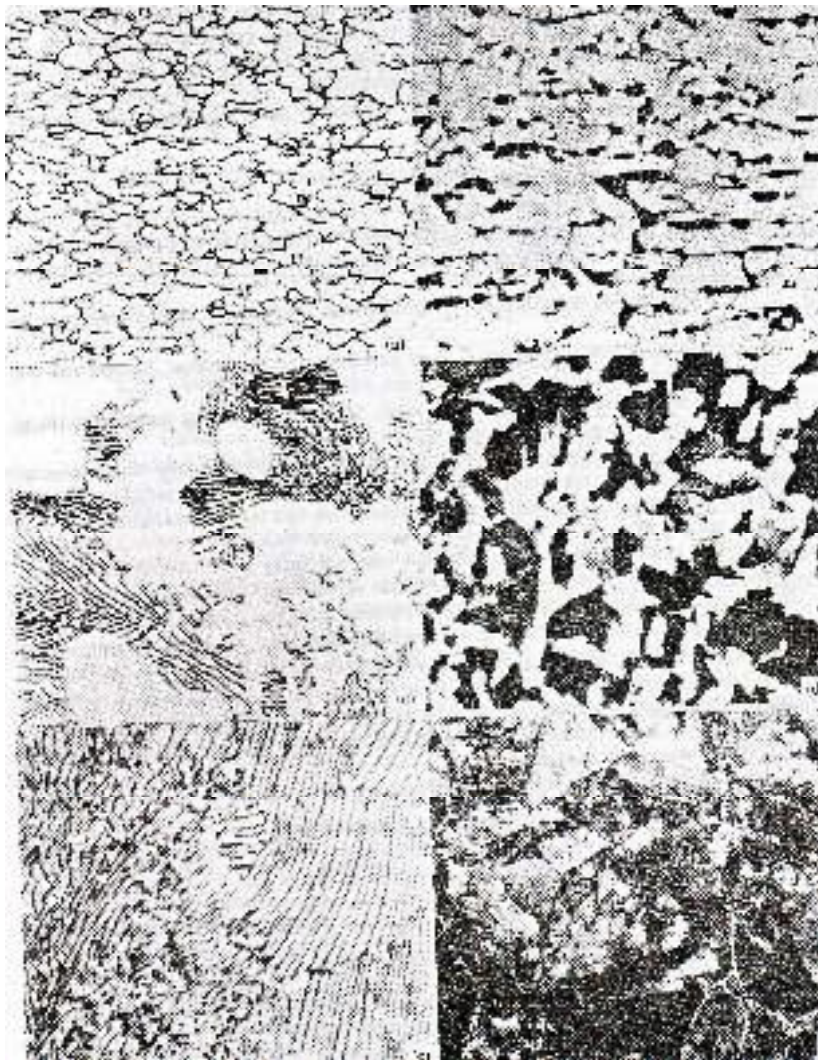
- A : Titik cair besi
- B : Titik padacairan yang ada hubungannya dengan reaksi peritektik
- H : Larutan padat δ yang ada hubungan dengan reaksi peritektik. Kelarutan karbon maksimum adalah 0,10 %
- J : Titik peritektik. Selama pendinginan austenite pada komposisi J, fasa γ terbentuk dari larutan padat δ pada komposisi H dan cairan pada komposisi B.
- N : Titik transformasi dari besi $\delta \leftrightarrow$ besi γ , titik transformasi A_4 dari besi murni.
- C : Titik eutektik. Selama pendinginan fasa γ dengan komposisi E dan sementit pada komposisi F (6,67 % C) terbentuk dari cairan pada komposisi C. Fasa eutektik disebut “Ledeburit”.
- E : Titik yang menyatakan fasa γ , Paduan besi karbon pada titik ini disebut “Baja”.
- G : Titik transformasi besi $\gamma \leftrightarrow$ besi α . Titik transformasi A_3 untuk besi.
- P : Titik yang menyatakan fasa ferit, fasa α . Kelarutan maksimum karbon ± 0.02 %.
- S : Titik eutectoid. Reaksi eutectoid ini dinamakan transformasi A_1 , dan fasa dari eutectoid ini disebut “Perlit”.
- GS: Garis yang menyatakan hubungan temperatur dan komposisi. Ferit dan Austenite mulai terbentuk; garis ini disebut garis A_3 .

ES: Garis yang menyatakan hubungan temperatur dan komposisi. Sementit mulai terbentuk dari Austenit. Disebut garis A_{cm} .

A_2 : Titik transformasi magnetic untuk besi atau ferit.

A_0 : Titik transformasi magnetic untuk sementit

Baja yang kadar karbon sama dengan komposisi eutektoid dinamakan *baja eutektoid*; yang lebih rendah dari komposisi eutektoid disebut *baja hipoeutektoid* dan yang berkadar lebih dari komposisi eutektoid dinamakan *baja hipereutektoid*.



Gambar 2.7. Struktur mikro baja karbon

2.6. Uji Pukul (*impact/takik*)

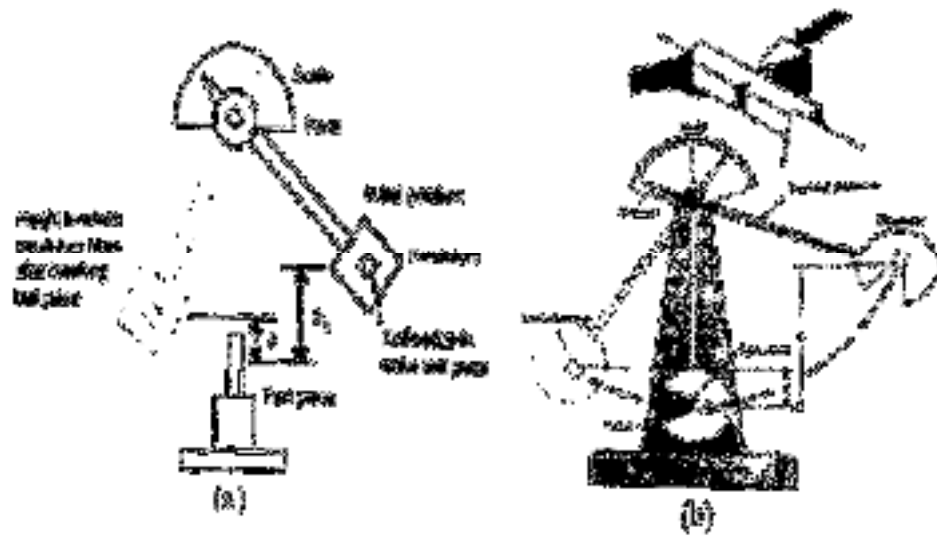
Uji pukul digunakan untuk mengukur ketangguhan suatu bahan atas pembebanan pukulan atau kejut. Uji ini telah distandarkan oleh *Charpy dan Izod*. Dalam uji tersebut sepotong spesimen ditabrakoleh suatu ayunan bandul dengan energi yang ditumbukan untuk merusaknya dan kerusakan inilah yang diukur. Kedua uji pukul melibatkan pengukuran yang sama, tetapi dengan perbedaan bentuk spesimennya. Keduanya menggunakan bandul (pendulum) yang mengayun kebawah dari suatu ketinggian untuk memukul spesimen dan merusaknya.

Untuk Izod memakai penjepit spesimen, tinggi awal dan tinggi akhir menggunakan notasi h_0 dan h , sedangkan Charpy menggunakan penahan spesimen, tinggi awal dan tinggi akhir menggunakan notasi h dan h' . Bandul mempunyai sisi pisau untuk menabrak spesimen yang lengannya bersumbu pada poros yang dilengkapi dengan jarum penunjuk sudut. Berawal dari posisi mula setinggi h_0 dan setelah menabrak atau memukul spesimen bandul terus mengayun hingga mencapai ketinggian h . (*Hadi.Syamsul, 2016*).

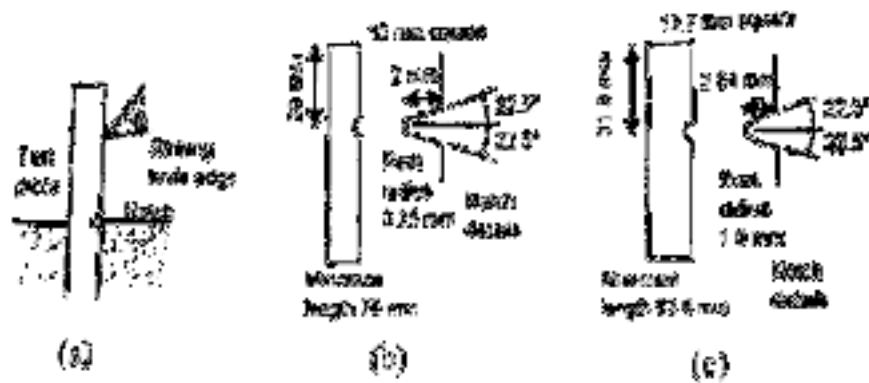
Maka energi yang digunakan untuk merusaknya adalah :

$$e = mgh_0 - mgh$$

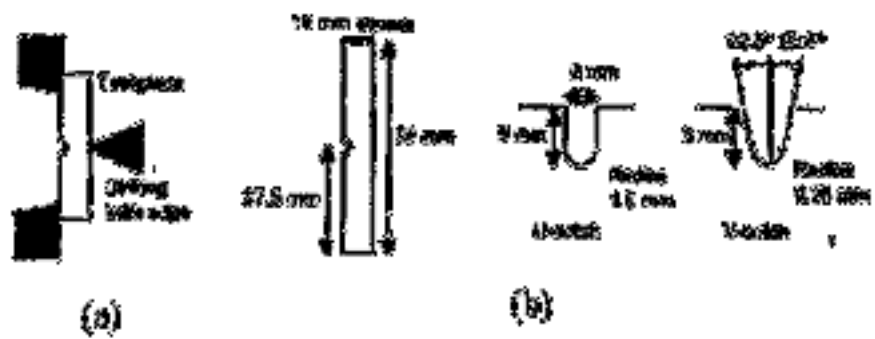
Uji pukul izod menyerap energi pematahan spesimen kantilever. Umumnya spesimen logam digunakan berbentuk persegi empat 10mm atau ϕ 11,4 mm jika bentuk bulat. Detail bentuk spesimen persegi empat 10mm dengan takikan diberikan berjarak 28mm di atas spesimen yang panjang minimal 70 mm. Untuk spesimen dari plastik ukuran persegi empat 12,7mm atau ϕ 12,7 mm kali panjangnya 6,4 - 12,7 mm tergantung dari tebal bahan. Kecepatan ayun bandul untuk bahan spesimen logam antara 3-4 m/s dan untuk bahan plastik kecepatannya lebih rendah dengan 2,44 m/s.



Gambar 2.8. Mesin Uji Pukul (a) Izod dan (b) Charpy

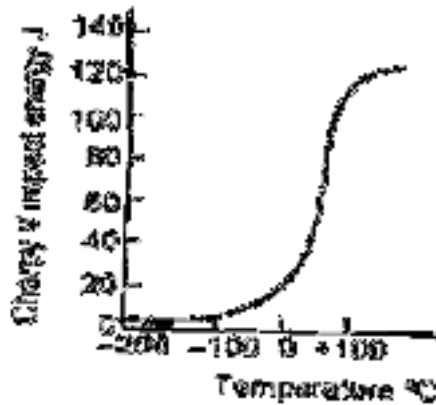


Gambar 2.9. Uji Pukul Izod: (a) Posisi Penjepitan Spesimen (test Piece) Kantilever, (b) Detail Spesimen Logam dan (c) Detail Spesimen Plastik



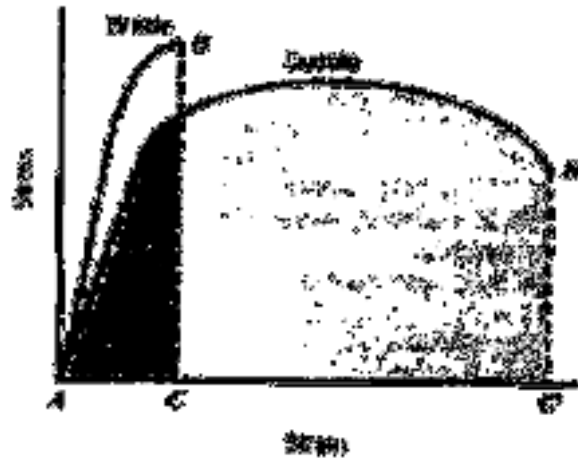
Gambar 2.10. Uji Pukul Charpy: (a) Posisi Spesimen Logam,

(b) Detail Teknik Spesimen



Gambar 2.11. Pengaruh Temperatur Pada Energi Yang Diserap Dalam Uji Pukul Charpy Bahan Baja 0,2% C

Pengaruh temperatur pada energi yang diserap pada uji pukul charpy bahan baja 0,2C. Diatas temperatur 0⁰C bahan memberikan patah ulet dan dibawah temperatur tersebut memberikan patah getas.



Gambar 2.12. Energi Yang Diserap Pada Saat Uji Pukul Diilustrasi Sebagai Daerah Yang Diarsir Dibawah Kurva Tegangan-Regangan Suatu Uji Tarik

Perbandingan antara bahan baja karbon dengan kekuatan tertinggi, ketangguhan tertinggi, dan keuletan tertinggi adalah bahwa kekuatan tertinggi dimiliki oleh baja berkadar karbon tinggi, ketangguhan tertinggi dimiliki oleh baja berkadar karbon menengah, dan keuletan tertinggi dimiliki oleh baja berkadar karbon rendah.

Tabel 2.3. Kekuatan Pukul Beberapa Logam Pada Temperatur Ruang

| Materials | Charpy V Impact Strength J |
|--|-----------------------------------|
| Aluminium, Commercially pure, Annealed | 30 |
| Aluminium-1,5% Mn Alloy, Annealed | 80 |
| Hard | 34 |
| Copper, Oxygen-free HC, annealed | 70 |
| Cartridge brass (70% Cu, 30% Zn), annealed | 88 |
| ³ / ₄ hard | 21 |
| Cupronickel (70% Cu, 30% Ni), annealed | 157 |
| Magnesium-3% Al, 1% Zn alloy, annealed | 8 |
| Nickel alloy, Monel, annealed | 290 |
| Titanium-5% Al, 2,5% Sn, annealed | 24 |
| Grey cast iron | 3 |
| Malleable cast iron, Blackheart, annealed | 15 |
| Austenitic stainless steel, annealed | 217 |
| Carbon steel, 0,2% carbon, as rolled | 50 |

Tabel 2.4. Kekuatan Pukul Beberapa Plastik pada Temperatur 20 °C

| Material | Impact Strength (Kj/m²) |
|-----------------------------------|---|
| Polythene, high density | 30 |
| ABS | 25 |
| Nylon 6,6 dry | 5 |
| Polyvinyl chloride, unplasticised | 3 |
| Polystyrene | 2 |

Patahan hasil uji pukul digolongkan menjadi tiga, yaitu:

- a. Patahan berserat yang melibatkan pergeseran bidang-bidang kristal logam yang ulet yang ditandai dengan bentuk dimple yang menyerap cahaya dan berpenampilan buram.
- b. Patahan granular atau kristalan yang dihasilkan oleh mekanisme pembelahan pada butir-butir logam yang getas ditandai dengan bentuk patahan datar yang memantulkan cahaya tinggi dan tampak mengkilat.
- c. Patahan campuran kekuatan pukul yang diuji dengan hasil ukur dapat diperkirakan dari persentase patahan berserat atau patahan granular dari spesimen hasil uji pukul pada temperatur tertentu. Semakin banyak persentase berserat, maka bahan tersebut adalah semakin tangguh.

BAB III

PENGUJIAN DAN ANALISA

3.1. Pendahuluan

Penelitian dilakukan mulai dari bulan September 2018 sampai dengan bulan Desember 2018, di Laboratorium Bahan dan Pengolahan Fakultas Teknik Universitas Lampung, Laboratorium Produksi Fakultas Teknik Universitas Bandar Lampung dan Laboratorium Bahan dan Pengolahan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Propinsi Lampung. Pengujian yang dilakukan adalah terhadap ketangguhan dan kekerasan baja melalui proses perlakuan panas, uji impact, uji struktur mikro dengan menggunakan media pendingin air dan Olie SAE-40.

3.2 Bahan dan Alat

Bahan – bahan yang dibutuhkan dalam pengujian ini berupa :

1. Baja karbon rendah dengan kadar karbon $<0,25\%C$
2. Medium pendingin (air dan olie jenis SAE-40)
3. Amplas

Alat – alat yang digunakan adalah :

1. Alat uji struktur mikro



Gambar 3.1. Alat uji struktur mikro “Merk Olympic”

2. Alat uji pukul (*impact/takik*)



Gambar 3.2. Alat Uji Pukul (*impact*)

3. Oven(*furnace*), Tang Penjepit, APD (Alat Pelindung Diri).



Gambar 3.3a. Oven (*furnace*)



Gambar 3.3b. Tang penjepit



Gambar 3.3c. Alat pelindung diri (APD)

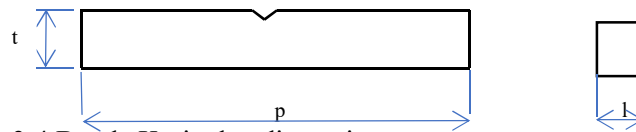
4. Alat bantu kerja lainnya (kikir, gergaji, ragum dll.)

3.3. Langkah-langkah dan Tahapan Pengujian

Proses pengujian yang dilakukan pada tahap ini melalui 4 tahap yaitu:

3.3.1. Baja akan dibentuk sesuai dengan ukuran yang sudah ditentukan,

Plat baja karbon sedang dipotong dengan ukuran panjang 60 mm, lebar 10 mm dan tebal 10 mm, kemudian diampas dengan kekerasan kertas amplas secara bertahap. Yang pertama adalah menggunakan kertas amplas dengan urutan kekasaran 200 – 600 – 800 – 1000 – 2000 sampe sehalus mungkin, lalu palat dibuat takikan dengan kedalaman 2 mm dengan takikan berbentuk “V”.



Gambar 3.4 Benda Kerja dan dimensinya

3.3.2. Kemudian baja akan diberikan perlakuan panas dengan metode tempering dengan variasi suhu yang berbeda-beda,

a). Sampel pertama dipanaskan dengan suhu 500°C selama 20 menit

1. Pendinginan dengan air tiga sampel selama 5 menit
2. Pendinginan dengan oli tiga sampel selama 5 menit



Gambar 3.5. Proses heat treatment pada suhu 500°C pada media air dan olie

b). Sampel kedua dipanaskan dengan suhu 550 °C selama 20 menit

1. Pendinginan dengan air tiga sampel selama 5 menit
2. Pendinginan dengan oli tiga sampel selama 5 menit



Gambar 3.6. Proses heat treatment pada suhu 550 °C pada media air dan olie

c). Sampel ketiga dipanaskan dengan suhu 600 °C selama 20 menit

1. Pendinginan dengan air tiga sampel selama 5 menit
2. Pendinginan dengan oli tiga sampel selama 5 menit

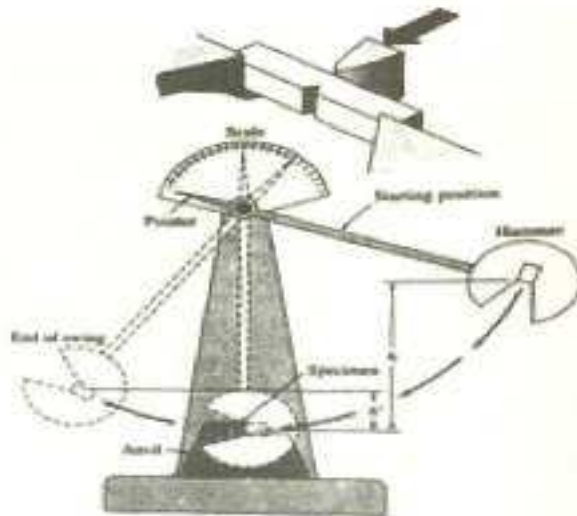


Gambar 3.7. Proses heat treatment pada suhu 600 °C pada media air dan olie

3.3.4. Selanjutnya pengujian ketangguhan dan kekerasan dimana baja akan di pukul dengan beban yang sudah ditentukan.

Spesimen diuji dengan uji pukul (impack). Benda uji diletakan pada penahan dengan posisi tekikan membelakangi bandul, lalu seting bandul dengan ketinggian yang ditentukan, bandul akan berayun kesisi satu lihat ketinggian bandul pada sisi itu lalu didapat energi untuk merusak benda uji dengan rumus :

$$E = mgh_o - mgh$$



Gambar 3.8. Mesin Uji Pukul (*impact/takik*)

3.3.5. Tahap akhir adalah pengujian terhadap mikrostruktur.

Pengujian Struktru mikro ini dilakukan terhadap 3 sampel yakni sampel pertama normal, sampel kedua pada temperatur 550 °C dengan pendinginan olie , dan sampel ketiga pada temperatur 550 °C dengan pendinginan air ini dilakukan dengan cara spesimen ditempatkan diatas meja prepare, lalu lensa okuler melihat ke permukaan benda uji dan membesarkan benda sesuai perbesaran yang dibutuhkan kemudian mendapatkan hasil pengukuran yang langsung terbaca di monitor komputer yang tersambung dengan mikroskop tersebut.

3.4. Analisa dan Hasil Pengujian

3.4.1. Pengujian pukul (*impact/takik*)

Pengujian impact dilakukan untuk mengetahui seberapa tangguh bahan material tersebut. Pengujian ini dilakukan menggunakan *Metode Charpy* dimana spesimen diletakan pada tumpuan dengan posisi yang horizontal atau mendatar dan arah pembebanannya berlawanan arah dengan takikan berbeda dengan *Metode Izod* dimana arah pembebanannya searah dengan arah takikan.

Dari pengujian yang dilakukan diperoleh data-data sebagai berikut:

Tabel 3.1. Hasil Pengujian Energi Uji Pukul (*impact/takik*)

| material | no | Berat palu (kg) | Panjang Lengan palu (mm) | Sudut palu | Dimensi penampang | | Energi Impact J(joule) | |
|----------|-----|-----------------|--------------------------|------------|-------------------|--------|------------------------|----|
| | | | | | P (mm) | L (mm) | | |
| BM | 1 | 20 | 81 | 135 | 10.69 | 7.72 | 183 | |
| | | | | | | | | |
| 500 | AIR | 1 | 20 | 81 | 135 | 10.35 | 7.8 | 60 |
| | | 2 | 20 | 81 | 135 | 10.21 | 7.7 | 60 |
| | | 3 | 20 | 81 | 135 | - | - | - |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| material | no | Berat palu (kg) | Panjang Lengan palu (mm) | Sudut palu | Dimensi penampang | | Energi Impact J(joule) | |
| | | | | | P (mm) | L (mm) | | |
| 500 | OLI | 1 | 20 | 81 | 135 | 10.35 | 7.83 | 76 |
| | | 2 | 20 | 81 | 135 | 10.98 | 7.63 | 65 |
| | | 3 | 20 | 81 | 135 | 9.75 | 7.23 | 58 |
| | | | | | | | | |
| 550 | | 1 | 20 | 81 | 135 | 10.27 | 8.54 | 76 |
| | | 2 | 20 | 81 | 135 | 10.26 | 8.21 | 65 |

| | | | | | | | | |
|-----|-----|---|----|----|-----|-------|------|----|
| | | 3 | 20 | 81 | 135 | 10.98 | 7.23 | 58 |
| | | | | | | | | |
| | OLI | 1 | 20 | 81 | 135 | 10.2 | 7.72 | 40 |
| | | 2 | 20 | 81 | 135 | 10 | 8.38 | 48 |
| | | 3 | 20 | 81 | 135 | 9.63 | 8.74 | 52 |
| | | | | | | | | |
| 600 | AIR | 1 | 20 | 81 | 135 | 10.62 | 7.92 | 29 |
| | | 2 | 20 | 81 | 135 | 10.7 | 8.68 | 50 |
| | | 3 | 20 | 81 | 135 | 10.81 | 8.46 | 36 |
| | | | | | | | | |
| | OLI | 1 | 20 | 81 | 135 | 10.35 | 8.31 | 37 |
| | | 2 | 20 | 81 | 135 | 11 | 8.6 | 14 |
| | | 3 | 20 | 81 | 135 | 11.03 | 7.87 | 68 |

Sementara itu harga impak (HI) didefinisikan sebagai besar energi yang diserap (E) dibagi dengan luas penampang di bawah takik (A). Harga impak dinyatakan dalam satuan J/mm² sesuai persamaan :

$$HI = \frac{E}{A}$$

$$A = P \times L$$

1). Untuk Base Material diperoleh data-data :

Energi impak : 183 Joule

Panjang Penampang : 10,69 mm

Lebar Penampang : 7,72 mm

Sehingga;

$$A = P \times L$$

$$A = 10,69 \times 7,72 = 82,5268 \text{ mm}^2$$

$$HI = \frac{183 \text{ joule}}{82,5268 \text{ mm}^2} = 2,22 \text{ joule/mm}^2$$

(1). Dengan material air 500 °C

Air-1

Energi impak : 60 Joule

Panjang Penampang : 10,35 mm

Lebar Penampang : 7,8 mm

Luas Penampang (A) : ?

$$A = P \times L$$

$$A = 10,35 \times 7,8 = 80,73 \text{ mm}^2$$

$$HI = \frac{60 \text{ joule}}{80,73 \text{ mm}^2} = 0,74 \text{ joule/mm}^2$$

Air-2

Energi impak : 60 Joule

Panjang Penampang : 10,21 mm

Lebar Penampang : 7,7 mm

Luas Penampang (A) : ?

$$A = P \times L$$

$$A = 10,21 \times 7,7 = 78,62 \text{ mm}^2$$

$$HI = \frac{60 \text{ joule}}{78,62 \text{ mm}^2} = 0,76 \text{ joule/mm}^2$$

(2). Dengan material olie 500 °C

Olie-1

Energi impak : 76 Joule

Panjang Penampang : 10,35 mm

Lebar Penampang : 7,83 mm

Luas Penampang (A)

$$A = P \times L$$

$$A = 10,35 \times 7,83 = 81,04 \text{ mm}^2$$

$$HI = \frac{76 \text{ joule}}{81,04 \text{ mm}^2} = 0,94 \text{ joule/mm}^2$$

Olie-2

Energi impak : 65 Joule

Panjang Penampang : 10,98 mm

Lebar Penampang : 7,63 mm

Luas Penampang (A)

$$A = P \times L$$

$$A = 10,98 \times 7,63 = 83,77 \text{ mm}^2$$

$$HI = \frac{65 \text{ joule}}{83,77 \text{ mm}^2} = 0,77 \text{ joule/mm}^2$$

Olie-3

Energi impak : 58 Joule

Panjang Penampang : 9,75 mm

Lebar Penampang : 7,23 mm

Luas Penampang (A)

$$A = P \times L$$

$$A = 9,75 \times 7,23 = 70,49 \text{ mm}^2$$

$$HI = \frac{58 \text{ joule}}{70,49 \text{ mm}^2} = 0,82 \text{ joule/mm}^2$$

(3). Dengan material air 550 °C

Air-1

Energi impak : 76 Joule

Panjang Penampang : 10,27 mm

Lebar Penampang : 8,54 mm

Luas Penampang (A)

$$A = P \times L$$

$$A = 10,27 \times 8,54 = 80,73 \text{mm}^2$$

$$HI = \frac{76 \text{ joule}}{80,73 \text{mm}^2} = 0,74 \text{ joule/mm}^2$$

Air-2

Energi impak : 65 Joule

Panjang Penampang : 10,26 mm

Lebar Penampang : 8,21 mm

Luas Penampang (A)

$$A = P \times L$$

$$A = 10,26 \times 8,21 = 84,23 \text{mm}^2$$

$$HI = \frac{65 \text{ joule}}{84,23 \text{mm}^2} = 0,77 \text{ joule/mm}^2$$

Air-3

Energi impak : 58 Joule

Panjang Penampang : 10,98 mm

Lebar Penampang : 7,23 mm

Luas Penampang (A)

$$A = P \times L$$

$$A = 10,98 \times 7,23 = 79,38 \text{mm}^2$$

$$HI = \frac{58 \text{ joule}}{79,38 \text{mm}^2} = 0,73 \text{ joule/mm}^2$$

(4). Dengan material olie 550 °C

Olie-1

Energi impak : 40 Joule

Panjang Penampang : 10,2 mm

Lebar Penampang : 7,72 mm

Luas Penampang (A)

$$A = P \times L$$

$$A = 10,2 \times 7,72 = 78,74 \text{ mm}^2$$

$$HI = 40 \text{ joule} / 78,74 \text{ mm}^2 = 0,51 \text{ joule} / \text{mm}^2$$

Olie-2

Energi impact : 48 Joule

Panjang Penampang : 10 mm

Lebar Penampang : 8,38 mm

Luas Penampang (A)

$$A = P \times L$$

$$A = 10 \times 8,38 = 83,8 \text{ mm}^2$$

$$HI = 48 \text{ joule} / 83,8 \text{ mm}^2 = 0,57 \text{ joule} / \text{mm}^2$$

Olie-3

Energi impact : 52 Joule

Panjang Penampang : 9,63 mm

Lebar Penampang : 8,74 mm

Luas Penampang (A)

$$A = P \times L$$

$$A = 9,63 \times 8,74 = 84,16 \text{ mm}^2$$

$$HI = 52 \text{ joule} / 84,16 \text{ mm}^2 = 0,62 \text{ joule} / \text{mm}^2$$

(5). Dengan material air 600 °C

Air-1

Energi impact : 29 Joule

Panjang Penampang : 10,62 mm

Lebar Penampang : 7,92 mm

Luas Penampang (A)

$$A = P \times L$$

$$A = 10,62 \times 7,92 = 84,11\text{mm}^2$$

$$HI = \frac{29 \text{ joule}}{84,11\text{mm}^2} = 0,34 \text{ joule}/\text{mm}^2$$

Air-2

Energi impak : 50 Joule

Panjang Penampang : 10,7 mm

Lebar Penampang : 8,68 mm

Luas Penampang (A)

$$A = P \times L$$

$$A = 10,7 \times 8,68 = 92,87\text{mm}^2$$

$$HI = \frac{50 \text{ joule}}{92,87\text{mm}^2} = 0,54 \text{ joule}/\text{mm}^2$$

Air-3

Energi impak : 36 Joule

Panjang Penampang : 10,81 mm

Lebar Penampang : 8,46 mm

Luas Penampang (A)

$$A = P \times L$$

$$A = 10,81 \times 8,46 = 91,45\text{mm}^2$$

$$HI = \frac{36 \text{ joule}}{91,45\text{mm}^2} = 0,4 \text{ joule}/\text{mm}^2$$

(6). Dengan material olie 600⁰C

Olie-1

Energi impak : 37 Joule

Panjang Penampang : 10,35 mm

Lebar Penampang : 8,31 mm

Luas Penampang (A)

$$A = P \times L$$

$$A = 10,35 \times 8,31 = 86,1\text{mm}^2$$

$$HI = \frac{37 \text{ joule}}{86,1\text{mm}^2} = 0,43 \text{ joule}/\text{mm}^2$$

Oli-2

Energi impact : 14 Joule

Panjang Penampang : 11 mm

Lebar Penampang : 8,6 mm

Luas Penampang (A)

$$A = P \times L$$

$$A = 11 \times 8,6 = 94,6 \text{ mm}^2$$

$$HI = \frac{14 \text{ joule}}{94,6 \text{ mm}^2} = 0,15 \text{ joule/mm}^2$$

Oli-3

Energi impact : 68 Joule

Panjang Penampang : 11,03 mm

Lebar Penampang : 7,87 mm

Luas Penampang (A)

$$A = P \times L$$

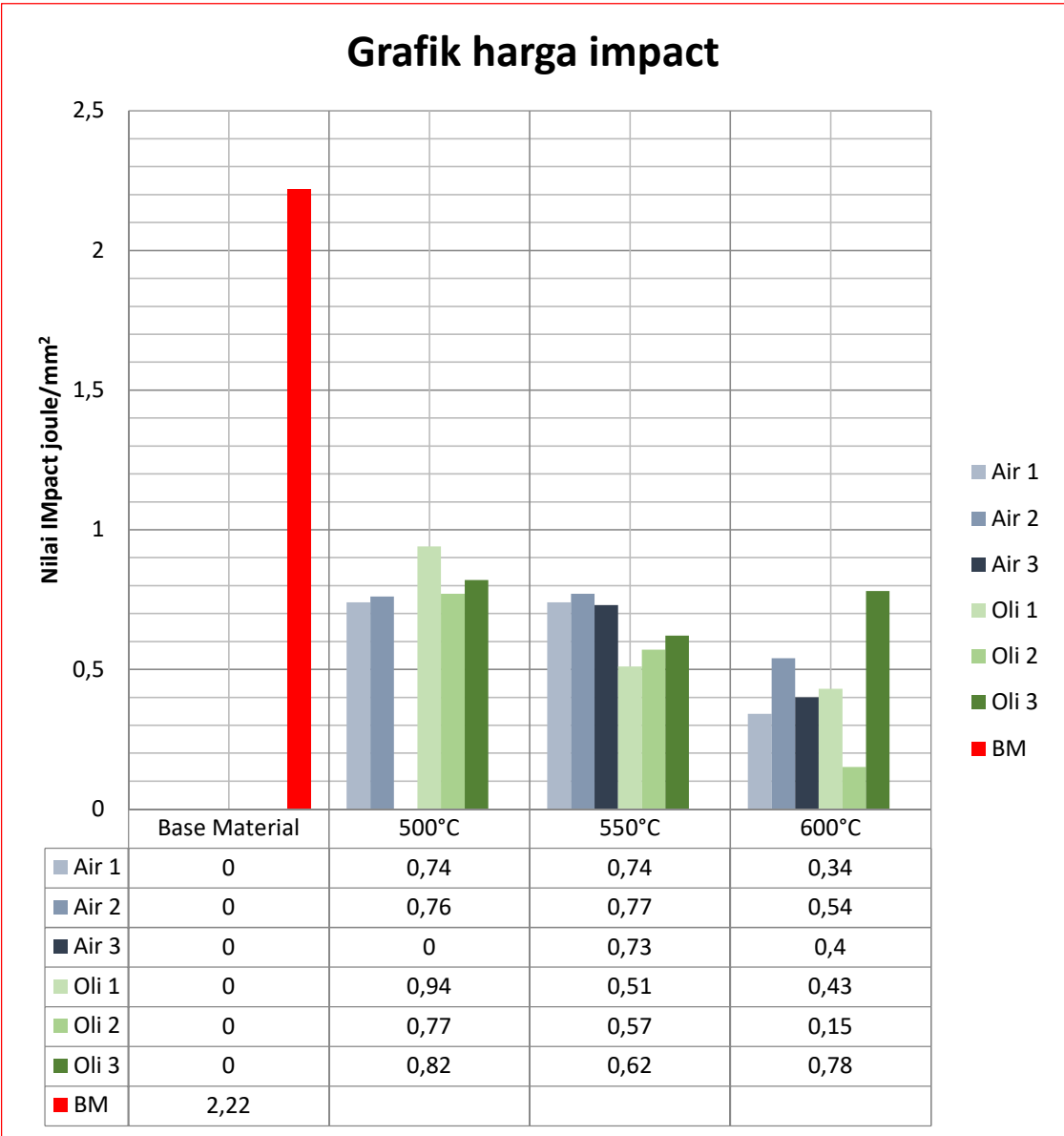
$$A = 11,03 \times 7,87 = 86,8 \text{ mm}^2$$

$$HI = \frac{68 \text{ joule}}{86,8 \text{ mm}^2} = 0,78 \text{ joule/mm}^2$$

Tabel 3.2. Tabulasi Hasil Perhitungan Uji Pukul (*impact/takik*)

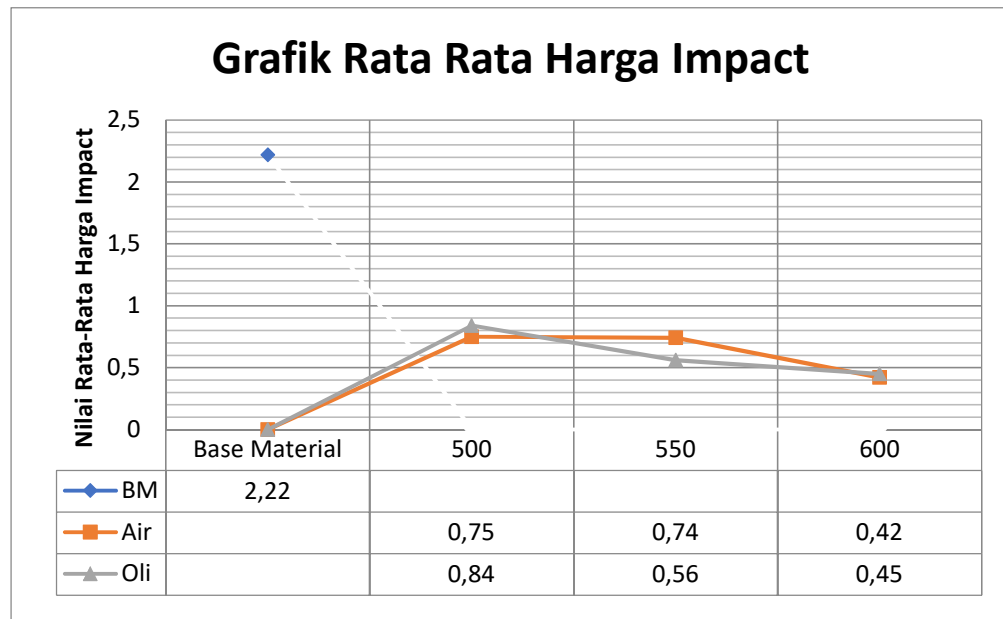
| material | Energi Impact | Panjang Penampang | Lebar Penampang | Luas Penampang | Harga Impact | Rata - Rata |
|-------------------------------------|---------------|-------------------|-----------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Base Material | 183 Joule | 10,69 mm | 7,72 mm | 82,5268 mm ² | 2,22 joule/mm ² | 2,22 joule/mm ² |
| Air ₁ 500 ^o c | 60 Joule | 10,35 mm | 7,8 mm | 80,73mm ² | 0,74 joule/mm ² | 0,75 joule/mm ² |
| Air ₂ 500 ^o c | 60 Joule | 10,21 mm | 7,7 mm | 78,62mm ² | 0,76 joule/mm ² | |
| Oli ₁ 500 ^o c | 76 Joule | 10,35 mm | 7,83 mm | 81,04mm ² | 0,94 joule/mm ² | 0,84 joule/mm ² |
| Oli ₂ 500 ^o c | 65 Joule | 10,98 mm | 7,63 mm | 83,77mm ² | 0,77 joule/mm ² | |
| Oli ₃ 500 ^o c | 58 Joule | 9,75 mm | 7,23 mm | 70,49mm ² | 0,82 joule/mm ² | |
| Air ₁ 550 ^o c | 76 Joule | 10,27 mm | 8,54 mm | 80,73mm ² | 0,74 joule/mm ² | 0,74 joule/mm ² |
| Air ₂ 550 ^o c | 65 Joule | 10,26 mm | 8,21 mm | 84,23mm ² | 0,77 joule/mm ² | |
| Air ₃ 550 ^o c | 58 Joule | 10,98 mm | 7,23 mm | 79,38mm ² | 0,73 joule/mm ² | |

| | | | | | | |
|-------------------------------------|----------|----------|---------|----------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Oli ₁ 550 ⁰ c | 40 Joule | 10,2 mm | 7,72 mm | 78,74mm ² | 0,51 <i>joule</i> /mm ² | 0,56 <i>joule</i> /mm ² |
| Oli ₂ 550 ⁰ c | 48 Joule | 10 mm | 8,38 mm | 83,8mm ² | 0,57 <i>joule</i> /mm ² | |
| Oli ₃ 550 ⁰ c | 52 Joule | 9,63 mm | 8,74 mm | 84,16mm ² | 0,62 <i>joule</i> /mm ² | |
| Air ₁ 600 ⁰ c | 29 Joule | 10,62 mm | 7,92 mm | 84,11mm ² | 0,34 <i>joule</i> /mm ² | 0,42 <i>joule</i> /mm ² |
| Air ₂ 600 ⁰ c | 50 Joule | 10,7 mm | 8,68 mm | 92,87mm ² | 0,54 <i>joule</i> /mm ² | |
| Air ₃ 600 ⁰ c | 36 Joule | 10,81 mm | 8,46 mm | 91,45mm ² | 0,4 <i>joule</i> /mm ² | |
| Oli ₁ 600 ⁰ c | 37 Joule | 10,35 mm | 8,31 mm | 86,1mm ² | 0,43 <i>joule</i> /mm ² | 0,45 <i>joule</i> /mm ² |
| Oli ₂ 600 ⁰ c | 14 Joule | 11 mm | 8,6 mm | 94,6mm ² | 0,15 <i>joule</i> /mm ² | |
| Oli ₃ 600 ⁰ c | 68 Joule | 11,03 mm | 7,87 mm | 86,8mm ² | 0,78 <i>joule</i> /mm ² | |



Gambar 3.9. Grafik harga uji pukul (*impact/takik*)

Dari hasil perhitungan di atas maka didapat harga impact tertinggi adalah pada temperatur 5000 °C dengan pendinginan oli di material 1 yang memiliki nilai sebesar 0,94 joule/mm². Proses temper tidak membutuhkan temperatur yang terlalu tinggi, maka temperatur yang paling rendah mendapat nilai kekerasan yang paling tinggi. Dan media yang paling bagus digunakan untuk pendinginan pada proses perlakuan panas ini adalah media olie.



Gambar 3.10. Grafik rerata harga uji pukul (*impact/takik*)

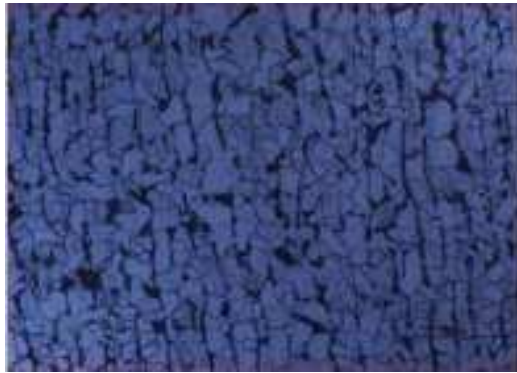
Hasil rerata yang paling tinggi adalah pada rerata pemanasan temper dengan temperatur 500 °C menggunakan media pendinginan oli dengan nilai sebesar 0,84 joule/mm². Nilai ketangguhan yang tinggi itu disebabkan karena semakin rendah temperatur akan membuat hasil pemanasan semakin membaik. Nilai yang paling rendah terdapat pada temperatur 600 °C menggunakan pendinginan air dengan nilai sebesar 0,42 joule/mm². Dikarenakan temperatur yang tinggi maka hasil ketangguhannya menjadi rendah.

3.4.2. Pengujian Struktur Mikro

Pengujian Struktur Mikro bertujuan mengetahui struktur yang dihasilkan dari proses pemanasan dan pendinginan yang cepat dengan media quenching air dan olie terhadap *fasa ferit* dan *fasa perlit*. Pengujian struktur mikro ini menggunakan 3 kali pembesaran yaitu pembesaran 100x ; 200x dan 500x.

Hasil pengujiannya sebagai berikut:

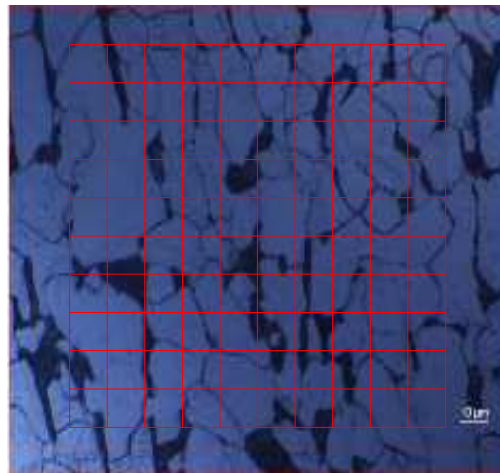
- 1). Bahan Dasar (tanpa proses perlakuan panas)



Gambar 3.11a. Dengan pembesaran 100x



Gambar 3.11b. Dengan pembesaran 200x



Gambar 3.11c. Dengan pembesaran 500x

Suku X horizontal 11

Suku Y vertikal 11

Jumlah Perlite Yang Terkena Garis 23

Jumlah ferrite yang terkena garis 86

| Perlite | Ferrite |
|----------------------|----------------------|
| $11 \times 11 = 122$ | $11 \times 11 = 122$ |
| $23 / 122 = 0,1475$ | $86 / 122 = 0,7049$ |
| 14,75% | 70,49 % |

Spesimen 1 (Tanpa proses perlakuan panas)

Struktur mikro baja karbon rendah terlihat bahwa struktur yang terbentuk adalah, perlite (berwarna gelap atau hitam) dan ferrite (berwarna terang).

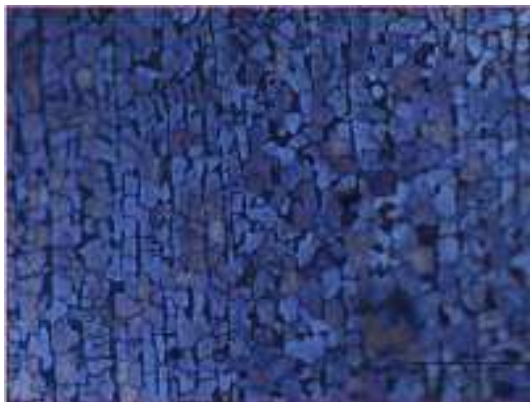
Baja ini memiliki kandungan ferrite yang banyak maka baja ini bersifat lunak karena kandungan ferrite itu berfungsi untuk melunakan baja.

2). Dengan Perlakuan Panas (*Heat Treatment*) 550 °C

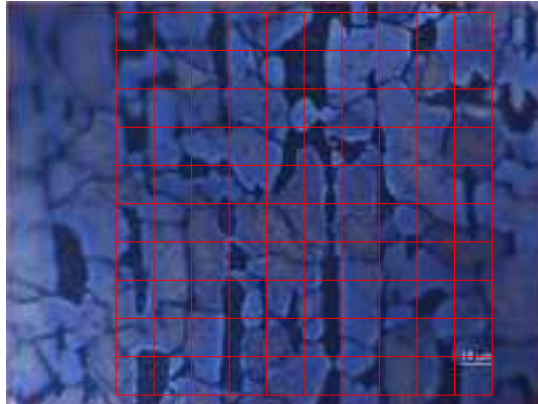
a. Pendinginan olie



Gambar 3.12a. Bahan Proses Perlakuan Panas 550 °C Pendinginan Olie Dengan Pembesaran 100X



Gambar 3.12b. Bahan Proses Perlakuan Panas 550 °C Pendinginan Olie Dengan Pembesaran 200X



Gambar 3.12c. Bahan Proses Perlakuan Panas 550⁰C
Pendinginan Olie Dengan Pembesaran 500X

Suku X horizontal 11

Suku Y vertikal 11

Jumlah Perlite Yang Terkena Garis 42

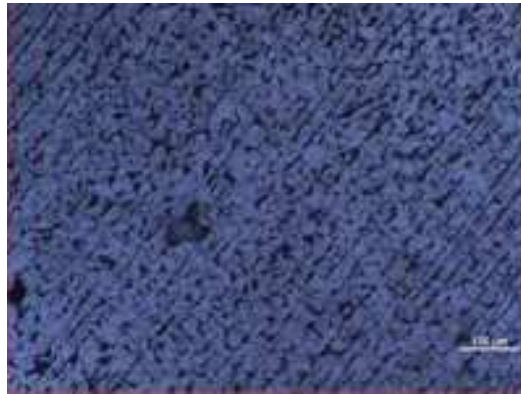
Jumlah ferrite yang terkena garis 74

| Perlite | Ferrite |
|-----------------|-------------------|
| 11x11=122 | 11 x 11 = 122 |
| 42 /122= 0,3442 | 74 / 122 = 0,6065 |
| 34,42 % | 60,65 % |

Spesimen 2 (Proses perlakuan panas dengan temperatur 550⁰C pendinginan olie)
Terlihat bahwa struktur yang terbentuk adalah perlite (berwarna gelap atau hitam)
dan ferrite (berwarna terang).

Pada temperatur 550⁰C pada pendinginan mendadak dengan menggunakan media
olie dilihat lebih banyak kandungan ferrite dari pada perlite-nya maka baja ini
bersifat lunak karena kandungan ferrite itu berfungsi untuk melunakan baja.

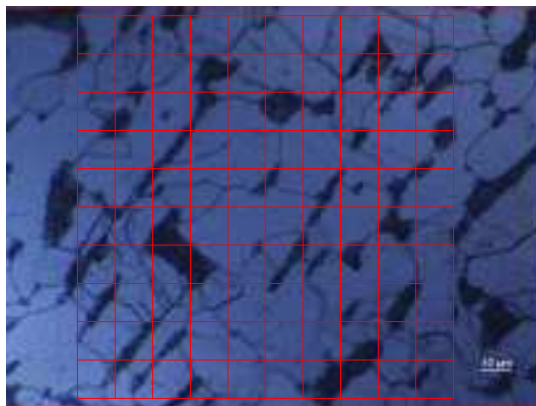
b. Pendinginan air



Gambar 3.13a. Bahan Proses Perlakuan Panas 550 °C Pendinginan Air Dengan Pembesaran 100X



Gambar 3.13b. Bahan Proses Perlakuan Panas 550 °C Pendinginan Air Dengan Pembesaran 200X



Gambar 3.13c. Bahan Proses Perlakuan Panas 550 °C Pendinginan Air Dengan Pembesaran 500X

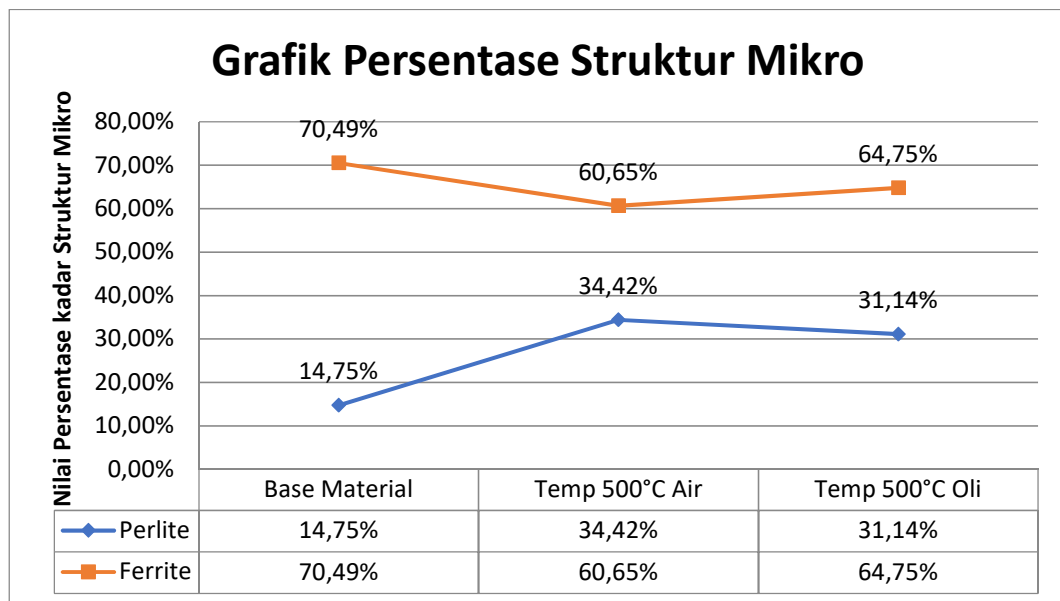
Suku X horisontal 11

Suku Y vertikal 11

Jumlah Perlite Yang Terkena Garis 38

Jumlah ferrite yang terkena garis 79

| Perlite | Ferrite |
|----------------------|----------------------|
| $11 \times 11 = 122$ | $11 \times 11 = 122$ |
| $38 / 122 = 0,3114$ | $79 / 122 = 0,6475$ |
| 31,14 % | 64,75 % |



Gambar 3.14. Grafik presentase struktur mikro

Dari perhitungan mencari persentase ferrite dan perlite yang didapat dari struktur mikro diatas ialah baja material mengandung ferrite 70,49% dan perlite 14,74% sedangkan pada pemanasan dengan temperatur 550⁰C dengan pendinginan air didapat kandungan ferrite 60,65% dan perliter 34,42% lalu pada pemanasan dengan temperatur 550⁰C didapat kandungan ferrite 64,75% dan perliter 31,14%.

Ketangguhan baja akan semakin besar sejalan dengan kenaikan persentase ferrite dalam mikro strukturnya, karena ketangguhan didapat dari nilai ferrite yang tinggi sebaliknya jika nilai perlite yang tinggi biasanya mengakibatkan kegetasan pada baja.

BAB IV

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Dari hasil pengujian logam jenis baja karbon rendah terhadap kekuatan dan struktur mikronya pada proses perlakuan panas (*heat treatment*) dengan variasi temperatur 500 °C, 550 °C dan 600 °C serta menggunakan media pendingin air dan olie, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Pada temperatur 500 °C diperoleh kekuatan pukul (*impact*) terbesar yakni 0.84 Joule/mm² dengan media pendinginan olie, karena pada proses ini prosentase ferrit adalah 70.49 % lebih besar dari prosentase perlite sebesar 14.75 %.
2. Pada temperatur 600 °C diperoleh kekuatan pukul (*impact*) terkecil yakni 0.42 Joule/mm² dengan media pendingin air;
3. Semakin tinggi suhu pemanasan yakni pada suhu 550 °C, dengan menggunakan media pendingin air akan meningkatkan prosentase perlite yakni 34.42 %; namun media pendingin olie hanya dapat menghasilkan prosentase perlite sebesar 31.14%
4. Proses pendinginan dengan media air cenderung menurunkan prosentase ferrit dan menaikkan prosentase perlite. Semakin tinggi prosentase kandungan ferrit akan semakin tangguh baja tersebut; namun semakin tinggi prosentase perlite maka baja akan semakin bersifat getas atau rapuh.

2. Saran

Dari pengujian yang dilakukan untuk menentukan tingkat kekuatan dan perubahan struktur mikro dari baja karbon rendah melalui proses perlakuan panas (*heat treatment*) dengan media pendingin air dan olie maka disarankan jika ingin diperoleh baja dengan tingkat kekuatan yang tinggi maka sebaiknya menggunakan media pendingin olie secara perlahan karena prosentase ferrit yang dihasilkan akan tinggi (baja semakin tangguh); namun bila diinginkan baja yang kuat namun getas dapat menggunakan pendinginan air secara cepat karena prosentasi perlite akan semakin tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anrinal; Metalurgi Fisik, Penerbit Andi Yogyakarta, 2013.
2. B.H. Amstead, Philip F. Ostwald, Myron L. Begemen; Teknologi Mekanik I, Penerbit Erlangga Jakarta, 1995.
3. Donald R. Askeland, Pradeep P. Phule; The Science And Engineering Of Materials. International Student Edition. Thomson.
4. Fitri; Komposisi Kimia, Struktur Mikro dan *Holding Time* dan Sifat Ketangguhan Baja Karbon Medium Pada Suhu 780⁰C. Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika, VOL. 01 No. 01, Hal 75-78, 2013.
5. Hadi Syamsul; Teknologi Bahan, Penerbit Andi Yogyakarta, 2016.
6. Ing. Alois Schonmetz, Karl Gruber; Pengetahuan Bahan Dalam pengerjaan Logam, Penerbit Angkasa Bandung, 1985.
7. Laurence H. Van Vlack; Ilmu dan Teknologi Bahan (Ilmu Logam dan Bukan Logam) Elemen – elemen Ilmu dan Rekayasa Material Edisi Kelima. Penerbit Erlangga Jakarta, 1984.
8. Laurence H. Van Vlack; Elemen – elemen Ilmu dan Rekayasa Material Edisi Keenam. Penerbit Erlangga Jakarta, 2001.
9. Mikell P. Groover; Fundamentals Of Modern Manufacturing (Material, Processes, and Systems Third Edition. Penerbit Jhon Wiley & Sons. Inc., 2007.
10. Tata Surdia, Shinroku Saito; Pengetahuan Bahan Teknik Cetakan Keempat. Penerbit Pradnya Paramita, 1999.
11. Widyarta I Made; Pengaruh Waktu dan Ukuran Partikel *Dry Sand Blasting* Terhadap Kekerasan Permukaan Pada Baja Karbon Sedang. Jurnal Ilmiah Teknik Desain Mekanika Vol.6 No.1, Hal 138-141. 2017.
12. Yanti Rina Dwi; Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Struktur Mikro Logam ST 60. Jurnal Ilmiah semesta Teknika, Vol.11 No.1, Hal 96-109. 2008



UNIVERSITAS BANDAR LAMPUNG
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN PADA MASYARAKAT
(LPPM)

Jl. Z.A. Pagar Alam No : 26 Labuhan Ratu, Bandar Lampung Tilp: 701979
E-mail : lppm@ubl.ac.id

SURAT KETERANGAN

Nomor : 074 / S.Ket / LPPM-UBL / II / 2019

Kepala Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat (LPPM) Universitas Bandar Lampung dengan ini menerangkan bahwa :


1. Nama : Ir. Zein Muhammad.,M.T
2. NIDN : 0012096409
3. Tempat, tanggal lahir : Bajawa, 12 September 1964
4. Pangkat, golongan ruang, TMT : Penata/ III.c
5. Jabatan TMT : Lektor
6. Bidang Ilmu / Mata Kuliah : Teknik
7. Jurusan / Program Studi : Teknik Mesin
8. Unit Kerja : Fakultas Teknik Universitas Bandar Lampung

Telah Melaksanakan Penelitian dengan judul

:"Pengaruh Proses Heat Treatment Terhadap Kekuatan dan Struktur Mikro Baja Karbon Rendah".

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Bandar Lampung, 08 Februari 2019

Kepala LPPM-UBL 



Dr. Hendri Dunan, SE.,M.M

Tembusan:

1. Rektor UBL (sebagai laporan)
2. Yang bersangkutan
3. Arsip