PENGARUH *QUENCHING* DAN *ANNEALING* PADA BAJA KARBONRENDAH AISI 1030 TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT MEKANIKNYA

Bambang Pratowo[1], Witoni[2], Hamim Andriasnyah Putra[3]

[1]Program studi Teknik Mesin, Universitas Bandar Lampung (UBL)

Email : bambang.pratowo@ubl.ac.id

[2]Program studi Teknik Mesin, Universitas Bandar Lampung (UBL)

Email : witoni@ubl.ac.id

[3]Program studi Teknik Mesin, Universitas Bandar Lampung (UBL)

Email : hamim.18321029@student.ubl.ac.id

Abstrak

Material yang paling sering digunakan dalam industri adalah baja, yang memiliki berbagai sifat seperti kekuatan tinggi, relatif ulet, dan ketahanan terhadap kekerasan. Salah satu baja karbon rendah adalah AISI 1030. jenis perlakuan yang digunakan baja yaitu dengan perlakuan panas dapat mempengaruhi kualitas material. Berdasarkan hasil pengujian, baja karbon rendah AISI 1030 diuji sifat-sifatnya, yaitu raw ber sifat ulet, quenching media air ber sifat ulet, quenching media air garam getas, dan annealing media suhu ruang bersifat ulet perlakuan panas sangat mempengaruhi ukuran butir struktur mikro dan media pendinginan yang lebih cepat menghasilkan butiran yang lebih kecil sedangkan pendinginan yang lebih lambat menghasilkan butiran yang lebih besar. Nilai uji tekan empat spesimen baja karbon rendah AISI 1030 memiliki nilai kekuatan maksimum tertinggi dari quenching metode pendingin air garam 49930,2 N, quenching media pendingin air 42438,5 N, raw 37713,2 N, annaling media pendingin suhu ruang 292716 N dan nilai rata-rata uji kekerasan Vickers spesimen baja karbon rendah AISI 1030 quenching metode pendingin air garam 371 HVN, quenching media pendingin air 277 HVN, raw 218 HVN dan annaling media pendingin suhu ruang 146,4 HVN.

Kata Kunci : Baja Karbon Rendah AISI 1030, Sifat Mekanik, Struktur Mikro, Perlakuan Panas.

Latar belakang masalah

Material paling banyak dipergunakan di industri adalah baja dengan berbagai karakteristik seperti kekuatan tinggi, relatif ulet dan ketahanan terhadap kekerasaan. Seperti komponen kendaraan bermotor yang terbuat dari baja karbon sebagai bahan baku suku cadang. Baja merupakan paduan logam yang komponen utamanya adalah besi, dengan karbon sebagai material utama. baja dengan peningkatan jumlah karbon dapat Memperkeras dan memperkuat besi, tetapi juga lebih rapuh. Berdasarkan kandungan karbonnya baja diklasifikasikan dalam tiga bagian yaitu pertama baja karbon rendah dimana baja ini mengandung karbon diantara 0,15% sampai 0,29%, kedua baja karbon menengah yang memiliki kadar karbon antara 0,30% sampai 0,59%, ketiga baja karbon tinggi memiliki kandungan karbon antara 0,60% sampai 1,70%.

Baja karbon seperti beberapa baja bertekanan fluida adalah baja karbon rendah yang dapat ditempa dan dipanaskan hingga kekuatan luluh sekitar 80 ksi (550 MPa). Baja paduan rendah ini biasanya mengandung 0,2% karbon untuk meminimalkan kekerasan struktur mikro martensit (butir kasar) yang mungkin muncul setelah perlakuan panas, sehingga menurunkan bahaya retak. Baja AISI 1030 merupakan salah satu baja karbon rendah. Persentase baja karbon rendah AISI 1030 kurang dari 0,30 persen dari berat total baja paduan dengan nilai karbon, menurut penelitian (Nanulaitta, 2012) menunjukkan bahwa kualitas baja tergantung pada komposisi kimianya.

Semakin halus prosesnya maka semakin homogen struktur mikro, konsistensi ikatan atom, yang dapat mempengaruhi kualitas baja, jenis perlakuan yang digunakan untuk baja dapat mempengaruhi kualitas materialnya, yaitu perlakuan panas. Perlakuan ini dapat membuat baja lebih kuat atau lebih fleksibel, tergantung pada jenis pendinginan. Karena suhu rendah, perlakuan panas dapat dilakukan bahkan pada bahan tipis, dan kecepatan pendinginannya cepat. Perlakuan panas adalah proses modifikasi suatu struktur logam dengan memanaskan material di dalam tungku atau oven untuk dipanaskan kembali selama jangka waktu tertentu pada media pendingin. Media pendingin dengan proses *quenching* Padalah proses pendinginan dapat menggunakan air atau larutan garam anorganik seperti garam meja atau soda kaustik, serta beberapa jenis minyak; laju pendinginan relatif cepat selama pendinginan dalam air garam, kurang cepat dalam air, dan rendah minyak; dan jika proses pendinginan berlangsung cepat, kekuatan baja akan meningkat.; Namun, jika proses pendinginan memakan waktu lama, baja akan menjadi lebih lunak.

Landasan Teori

Material-material teknik adalah bahan mentah yang dapat dimanfaatkan secara langsung atau setelah melalui proses pengolahan untuk menghasilkan produk yang bermanfaat. Meskipun semua bahan berasal dari alam, bahan teknologi ini diklasifikasikan tergantung pada apakah bahan tersebut digunakan sebagai produk jadi atau sebagai bahan mentah untuk membantu pemilihan. Sifat-sifat material padat dapat dikelompokan atas 6 kategori, yaitu:

1. Sifat Mekanik

   Berkaitan dengan bentuk material karena adanya pemberian gaya atau beban, contohnya meliputi :

   a. Kekuatan (*strength)*

   Kapasitas suatu kemampuan untuk mentolerir abrasi tanpa patah. Beban dapat berupa geser, tarik, atau tekan.

   b. Kekuatan Luluh

   Menunjukkan jumlah ketegangan yang diperlukan untuk deformasi plastik material. Bergantung pada sensitivitas pengukuran regangan, jumlah tegangan pada permulaan deformasi plastis atau batas luluh diukur.

   c. Kekuatan Tarik

   Beban meningkat dengan cepat, seperti halnya beban defleksi aksial, sampai komponen uji pecah atau gagal serempak, kadang-kadang dalam dua bagian atau lebih.

   d. Kekuatan Tarik

   Beban meningkat dengan cepat, seperti halnya beban defleksi aksial; akhirnya, komponen uji patah atau

gagal secara serempak, dalam dua bagian atau lebih.

2. Sifat Kelistrikan

   Hambatan listrik, konduktivitas, dan konstanta dielektrik semuanya diperoleh dengan menerapkan rangsangan dalam bentuk medan listrik.

3. Sifat Panas

   Kapasitas panas dan konduktivitas termal diperoleh dengan menerapkan rangsangan dalam bentuk panas.

4. Sifat Magnetik

   Digambarkan dengan kurva histeresis, istilah ini menggambarkan respons suatu material terhadap medan magnet.

5. Sifat Optik

   Respon suatu material terhadap medan elektromagnetik atau radiasi cahaya. Indeks refraksi dan refleksi keduanya mengekspresikan fitur optik ini.

6. Sifat Deteriorative

   Menunjukkan reaktivitas listrik melalui kontrol suhu yang akurat dan pendinginan ke sudut media pendingin sesuai dengan persyaratan dan standar baja.

Perlakuan Panas (*Heat Treatment*)

Perlakuan panas adalah proses pemanasan, penahanan suhu tertentu, dan pendinginan baja untuk menciptakan berbagai kombinasi sifat mekanik. Dalam oven, perlakuan panas dilakukan.

1. Quenching

Suatu metode perlakuan panas dimana bahan dicelupkan atau direndam dalam larutan pendingin, dipanaskan sampai suhu pengerasannya (suhu austenisasi), kemudian didinginkan dengan cepat (dipadamkan) untuk mencapai kekerasan yang diperlukan.

2. Annealing

Tujuan dari prosedur perlakuan panas

adalah untuk mendapatkan kualitas mekanis, termasuk menghilangkan tegangan sisa pada baja, peningkatan kelenturan, keuletan, dan ketangguhan, serta pembentukan struktur mikro yang unik. Prosedur anil meliputi tiga langkah: pemanasan ke suhu *Austenitee* dalam tungku, mempertahankan suhu *Austenitee*, dan pendinginan ke suhu kamar, ketika struktur berubah menjadi *ferrite* dan perlit.

Baja

Baja adalah salah satu bahan bangunan yang paling penting, dan fitur yang sangat penting dalam penggunaannya dalam konstruksi adalah kekuatannya yang besar, dibandingkan dengan kekuatan setiap bahan lain yang tersedia, dan keuletannya.

1. Baja Karbon

Baja karbon adalah paduan yang terbuat dari besi karbon. Kualitas baja karbon sebagian besar dipengaruhi oleh unsur karbon, tetapi pembuatan baja karbon juga menghasilkan pengembangan unsur paduan tambahan yang dimasukkan ke dalam material. Jumlah karbon yang ada dalam baja karbon serta struktur mikronya seringkali menjadi faktor yang menentukan kualitasnya. Standar ASTM A6/A6M mengatur karakteristik mekanik baja, antara lain termasuk tegangan luluh dan tegangan putusnya. Menurut Amanto et al. (1999), baja karbon dapat dipecah menjadi tiga kategori berbeda berdasarkan jumlah karbon yang dikandungnya:

-Baja karbon rendah karbonnya antara 0,03%-0,35%.

-Baja karbon medium karbonnya antara 0,35%-0,50%.

-Baja karbon tinggi karbonnya antara 0,55%-1,70%.

Pengaruh Temperatur pada Baja

Berikut ini pengaruh temperatur pada baja :

a. Pengaruh Temperatur Tinggi

Baja bukan sebuah bahan yang mudah terbakar tetapi kekuatan baja sangat bergantung pada temperatur. Kuat luluh dan kuat tarik pada 1000^{o} F kedua-duanya kira-kira 60% sampai 70% dari kuat luluh dan kuat tarik pada temperatur yang lebih tinggi.

b. Pengaruh Temperatur Rendah

Patah gelas (brittle fracture) adalah sebuah kegagalan yang sering diasosiasikan dengan temperatur rendah. Pemanjangan yang persentasinya minimum dispesifikasi untuk baja di dalam pengujian tarik standar ASTM, yang sudah termasuk di dalam disain baja adalah deformasi resultan (luluh) dari bahan yang mengalami tegangan setempat yang tinggi. Bila bahan tersebut memanjang, maka dimensi- dimensi lateralnya akan berkontraksi (Bowies, 1984).

Diagram Fasa Fe-Fe3c

Diagram fase kesetimbangan besi-karbon sebagai fondasi material baja. Selain karbon, besi dan baja mengandung kira-kira 0,25 persen Si, 0,3 hingga 1,5 persen Mn, dan pengotor lainnya seperti P, S, dll. Karena komponen ini tidak memiliki dampak signifikan pada diagram fasa, diagram fasa dapat dibuat digunakan terlepas dari keberadaan unsur-unsur ini. *Cementite* dan grafit adalah fase karbida yang ditemukan dalam paduan besi-karbon, namun grafit lebih stabil daripada *cementite*.

Fase yang terdapat pada diagram adalah sebagai berikut :

1. *Alpha-Ferrite*

Ferrite terdiri dari larutan padat karbon dalam kisi kristal kubik dengan badan besi alfa di inti struktur. Pada suhu 723 derajat Celcius, jumlah karbon yang larut dalam besi alfa sekitar 0,01% C. *Ferrite* memiliki kualitas yang membuatnya lunak, antara lain keuletan yang kuat dan ketahanan korosi yang sedang (Kalpakjian, 2013).

2. *Gamma-Austenitee*

Austenitee adalah solusi yang melibatkan injeksi karbon padat ke dalam kisi kristal besi-gamma kubik berpusat muka. Karena fakta bahwa atom karbon dalam *Austenite* terletak di tempat interstisial di kisi kubik berpusat muka, parameter karbon meningkat sebanding dengan peningkatan jumlah karbon dalam material (Kalpakjian, 2013).

3. *Cementite*

Cementite biasa disebut dengan besi karbida. Pada temperatur kamar, besi karbida memiliki sifat keras, rapuh, dan *ferromagnetic* (Kalpakjian, 2013).

4. *Pearlite*

Pearlite terdiri dari *Ferrite* dan *cementite* dalam bentuk *lamellar*, dan merupakan campuran dari dua fase yang bergabung bersama sebagai satu kesatuan. Karena adanya fase *cementite*, perlit memiliki struktur yang lebih rapuh daripada *Ferrite*, tetapi juga memiliki keuletan yang cukup besar karena adanya fase *Ferrite* (Kalpakjian, 2013).

Uji kekerasan Vickers (HV/VHN)

Pengujian ini menggunkaan metode indentor piramida intan dan sudut antara muka piramida intan yang saling berhadapan adalah 136 derajat. Beban ini dikenakan pada pengujian lebihecil dari sebelumnyayaitu 1-1000 gram saja.

Metodelogi Penelitian

Penelitian ini dilakukan dibeberapa tempat yaitu sebagai berikut:

a. Pengujian Struktur Mikro d a n kekerasan vickers dilakukan di Badan Riset dan Inovasi Nasional.

b. Pembuatan spesimen dan perlakuan panas dilakuan di Laboratorium Material Teknik, Universitas Lampung.

c. Proses pengujian tekan dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil, Universitas Bandar Lampung.

Alat yang digunakan

1. Tungku (*furnance)* merk Nabertherm
2. Uji tekan Universal Testing Mekanik (UTM)
3. Uji kekerasan
4. Uji struktur mikro

Bahan yang digunakan

1. Baja Karbon Rendah AISI 1030

Pengujian Spesimen

1. Perlakuan panas Annealing

   a. Masuk/taruh spesimen di tungku (*furnance*)

   b. Setelah mencapai temperatur 800^{o}C maka menunggu selama 60 menit.dengan menggunakan alat termokopel dan *temperatur recorder*.

   c. Setelah selesai pemanasan selanjutnya spesimen dilakukan annealing yaitu dengan menahan temperatur 800 ^{o}C beberapa saat kemudian dilakukan laju pendingan yang sangat lambat.

   d. Selanjutnya setelah melakukan proses annealing mencatat hasil tersebut.

   e. Setelah spesimen mengering maka dilakukan pengamplasan guna menghilangkan kerak sisa pendinginan agar spesimen halus dan siap digunakan untuk pengujian kekerasan dan pengujian tekan.

2. Perlakuan panas Quenching

   a. Masuk/taruh spesimen di tungku (*furnance*)

   b. Setelah mencapai temperatur 800 ^{o}C maka menunggu selama 60 menit. dengan menggunakan alat termokopel dan temperatur recorder

   c. Setelah selesai pemanasan selanjutnya spesimen dilakukan proses quenching yaitu pendinginan cepat dengan media pendingin berupa air.

   d. Selanjutnya setelah melakukan proses quenching mencatat hasil tersebut.

   e. Setelah spesimen mengering maka dilakukan pengamplasan guna menghilangkan kerak sisa pendinginan agar spesimen halus dan siap digunakan untuk pengujian kekerasan dan pengujian tekan.

3. Uji kekerasan

   a. Persiapkan spesimen BAJA AISI 1030.

   b. Siapkan form pengujian untuk mencatat hasil pengujian.

   c. Siapkan meja yang rata sebagai landasan pada saat pengujian.

   d. Memilih permukaan pada spesimen yang benar-benar rata untuk digunakan sebagai lokasi penampang yang akan didorong oleh penetrator.

   e. Menempatkan fondasi level untuk item tes di dudukan tempat item tersebut akan ditampilkan.

   f. Pindahkan tuas sehingga berada di posisi 1.

   g. Tempatkan penetrator di dudukan, lalu gunakan kunci L untuk mengencangkan sekrup.

   h. Putar roda pengatur tanah untuk memilih beban utama.

   i. Pindahkan tuas ke posisi 2 dengan tenang dan hati-hati sambil tetap mengawasi penetrator untuk memastikan bahwa benda uji tidak dirugikan dengan cara apa pun. Jarum penunjuk sekarang menunjuk ke posisi 2, setelah berputar.

   j. Gerakkan tuas secara perlahan ke posisi 3, dan baca nomor skala yang sesuai dengan nomor yang tertera pada jarum.

4. Uji tekan

   a. Mengukur dimensi spesimen meliputi panjang, lebar dan tebal.

   b. Menyiapkan spesimen uji

   c. Mengeset lebar tumpuan sesuai dengan benda spesimen

   d. Mengeset tumpuan tepat pada tengah-tengah indentor dan spesimen uji pada tumpuan

   e. Mengeset indentor hingga menempel pada spesimen uji dan mengeset skala beban dan dial indikator pada posisi nol

   f. Pembebanan bending dengan kecepatan konstan.

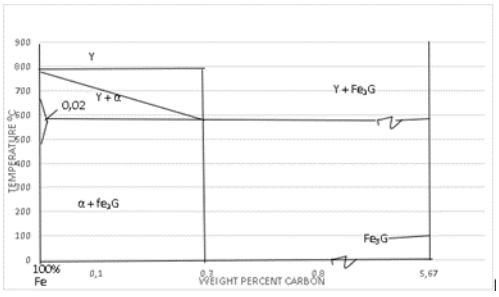
   g. Mencatat besarnya penambahan beban yang terjadi

Hasil dan Pembahasan

Berikut ini hasil dan pembahasan dari pengujian spesimen yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

4.1.1 Spesimen Struktur Mikro Baja AISI 1030

Baja AISI 1030 adalah material yang baik untuk pembuatan kontruksi umum karena baja AISI 1030 mempunyai nilai ceq 0,425% sehingga mempunyai sifat yang lunak dan ulet. Baja hypoeutectoid adalah baja dengan kadar karbon C antara 0,02% sampai 0,76% jika BAJA AISI 1030 dengan kadar karbon 0,3% dengan perlakuan panas temperature suhu 800oC maka akan terjadi perubahan struktur mikro sebagai berikut:

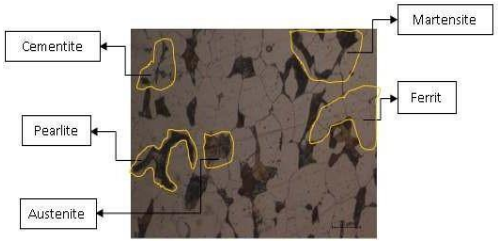


Gambar 4.1 Diagram Fasa Fe-Fe3C Baja Hypoeutectoid.

Pada 800 derajat Celcius, baja itu Austeniteeik. Austenitee dalam paduan ini memiliki 0,3% C, tetapi ferrite pada suhu ini dapat melarutkan sangat sedikit karbon; akibatnya, Austenitee yang akan berubah menjadi ferrite harus menghilangkan karbon sehingga Austenitee yang tersisa menjadi kaya karbon. Semakin rendah suhu, semakin banyak ferrite yang terbentuk, dan semakin tinggi kandungan karbon dalam sisa Austenitee (komposisi Austenitee akan mengikuti garis A3). Pada titik 2 masih terdapat 0,3% sampai 0,8% Austenitee; kandungan karbon (0,80%) merupakan komposisi eutectoid, dan sisa Austenitee merupakan komposisi eutectoid. Pada suhu A1, paduan akan terdiri dari ferrite (hipo-eutectoid) dan perlit.

Hasil foto Struktur Mikro yang terdapat pada pengujian ini diambil dengan menggunakan mikroskop optic dengan pembesaran 500X pada setiap spesimen uji.

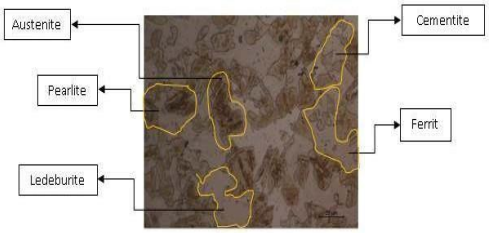
a). Foto Struktur Mikro Raw



Gambar 4.2 Stuktur Mikro Raw.

Berdasarkan Gambar 4.2 Struktur Mikro Raw menunjukan bahwa sebelum adanya deformasi atau perlakuan ketika suhu mencapai Austeniteee struktur yang terbentuk permukaan fasa ferrite yang lebih banyak berwarna terang karena kelarutan karbon di bawah suhu Austenitee, fasa perlite terbentuk sewaktu Austeniteee dengan komposisi eutectoid bertransformasi menjadi ferrite dan cementite (karbida besi) secara bersamaan, kemudian adanya tegangan sisa yang berbentuk supaya dapat membatasi kekerasan mikrostruktur butiran kasar (martensit) yang mungkin terbentuk selama perlakuan panas sebelumnya maka Baja AISI 1030 ini bersifat lunak dan ulet.

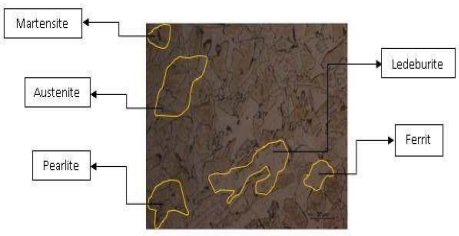
b). Foto Struktur Mikro Quenching media air



Gambar 4.3 Stuktur Mikro Quenching media air.

Berdasarkan Gambar 4.3 Struktur Mikro dengan perlakuan panas quenching suhu 800^{o}C dengan menunggu waktu selama 60 menit yang di dinginkan dengan media pendingin air bahwa ketika suhu mencapai Austeniteee maka mengakibat atom karbon yang terlepas dari ikatan tindak mampu berdifusi ke dalam ikatan akibatnya terjadi permukaan fasa ferrite yang lebih banyak karena kelarutan karbon di bawah suhu Austenitee, fasa perlite terbentuk sewaktu Austeniteee dengan komposisi eutectoid bertransformasi menjadi ferrite dan cementite (karbida besi) secara bersamaan, kemudian berbentuk ledeburite campuran eutektik dari Austeniteee dan cementite hal ini menunjukan bahwa dengan media pendingin air ketika terjadi deformasi baja tetap dalam struktur ferrite yang lunak dan ulet.

c). Foto Struktur Mikro Quenching media air garam.



Gambar 4.4 Stuktur Mikro Quenching media air garam.

Hasil foto Struktur Mikro dengan perlakuan panas quenching suhu 800oC dengan menunggu waktu selama 60 menit yang di dinginkan dengan media pendingin air garam bahwa ketika suhu mencapai Austeniteee maka mengakibat atom karbon yang terlepas dari ikatan tindak mampu berdifusi ke dalam ikatan akibatnya terjadi permukaan fasa ferrite yang lebih banyak karena kelarutan karbon di bawah suhu Austenitee, fasa perlite terbentuk sewaktu Austeniteee dengan komposisi eutectoid bertransformasi menjadi ferrite dan cementite (karbida besi) secara bersamaan, Oleh karena itu, ketika campuran eutektik Austenite dan cementite dalam bentuk ledeburit, ia memiliki tegangan sisa yang dibentuk untuk membatasi kekerasan struktur mikro butir kasar (martensit) yang mungkin terbentuk selama perlakuan panas. Hal ini dilakukan untuk mengurangi resiko retak, karena ledeburite sangat keras dan rapuh.

d). Foto Struktur Mikro Annealing media Suhu Ruang.



Gambar 4.5 Stuktur Mikro Annealing media Suhu Ruang.

Hasil foto Struktur Mikro dengan perlakuan panas *annealing* suhu 800ºC dengan menunggu waktu selama 60 menit yang di dinginkan dengan media pendingin suhu ruang bahwa ketika suhu mencapai *Austeniteee* maka mengakibat atom karbon yang terlepas dari ikatan tindak mampu berdifusi ke dalam ikatan akibatnya terjadi permukaan fasa ferrite yang lebih banyak karena kelarutan karbon di bawah suhu *Austenitee*, fasa perlite terbentuk sewaktu *Austeniteee* dengan komposisi eutectoid bertransformasi menjadi *ferrite* dan cementite (karbida besi) secara bersamaan, kemudian berbentuk ledeburite campuran eutektik dari *Austeniteee* dan cementite memiliki tegangan sisa yang berbentuk supaya dapat membatasi kekerasan mikrostruktur butiran kasar (martensit) terjadinya pendingan secara perlahan membuat deformasi butiran lebih besar dengan struktur terbanyak ada pada fasa ferrite yang menunjukan sifat baja yang lunak dan ulet.

4.1.1 Spesimen Uji Kekerasan Vickers

Hasil data dari pengujian spesimen kekerasan Vickers yang telah dilakukan adalah 4 spesimen yang pertama pada material raw (tanpa perlakuan), dan 3 spesimen dengan perlakuan yang pertama spesimen dengan perlakuan panas *annealing* dengan suhu 800ºC dengan menunggu waktu selama 60 menit yang didinginkan dengan suhu ruang, kedua dan ketiga dengan perlakuan panas *quenching* suhu 800ºC dengan menunggu waktu selama 60 menit yang di dinginkan dengan media pendingin air dan air garam, berikut ini gambar dan data table hasil pengujian ke 4 spesimen tersebut :

Tabel 4.1 Data Hasil Spesimen Pengujian Raw (Tanpa Perlakuan)

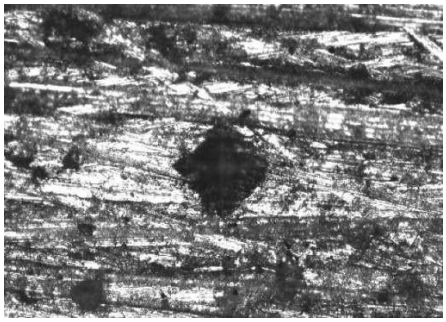
No Urut Titik	Diagonal	Kekerasan HV
1	90,531	226
2	94,081	210
3	100,104	185
4	80,324	287
5	100,865	182

Perhitungan :

$$Xi = \frac{1}{5}(226 + 210 + 185 + 287 +$$

- Rata-rata Kekerasan HV Spesimen Raw : 182 = 218 HVN

Salah satu gambar titik diagonal pada pengujian kekerasan Vickers raw tanpa perlakuan Untuk gambar lainnya di lampiran.



Gambar 4.6 Spesimen Raw (Tanpa Perlakuan)

Tabel 4.2 Data Hasil Spesimen *Quenching* media air.

No Urut Titik	Diagonal	Kekerasan HV
1	82,099	275
2	81,433	280
3	81,877	277
4	77,661	307
5	86,751	246

Perhitungan :

- Rata-rata Kekerasan HV *Quenching* Media Air :

$$Xi = \frac{1}{5}(275 + 280 + 273 + 307 + 246) = 277 \text{ HVN}$$

Salah satu gambar titik diagonal pada pengujian kekerasan *Quenching* Media Pendingin Air. Untuk gambar lainnya di lampiran.



Gambar 4.7 Spesimen *Quenching* Media Air.

Tabel 4.3 Data Hasil Spesimen *Quenching* media air garam.

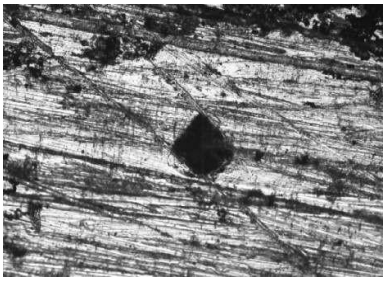
No Urut Titik	Diagonal	Kekerasan HV
1	74,576	333
2	78,116	304
3	74,556	334
4	63,682	457
5	65,901	427

Perhitungan :

- Rata-rata Kekerasan HV *Quenching* Media Air Garam :

$$Xi = \frac{1}{5}(333 + 304 + 334 + 457 + 427) = 371$$
HVN

Salah satu gambar titik diagonal pada pengujian kekerasan *Quenching* Media Pendingin Air Garam. Untuk gambar lainnya di lampiran.



Gambar 4.8 Spesimen *Quenching* Media Pendingin Air Garam.

Tabel 4.4 Data Hasil Spesimen *Annealing* Media Suhu Ruang.

No Urut Titik	Diagonal	Kekerasan HV
1	118,489	132
2	114,495	141
3	120,708	127
4	124,480	120
5	93,415	212

Perhitungan :

- Rata-rata Kekerasan HV Annealing (suhu ruang):

$$Xi = \frac{1}{5}(132 + 141 + 127 + 120 + 212) = 146{,}4$$

Salah satu gambar titik diagonal pada pengujian kekerasan *Quenching* Media Pendingin Suhu Ruang. Untuk gambar lainnya di lampiran.

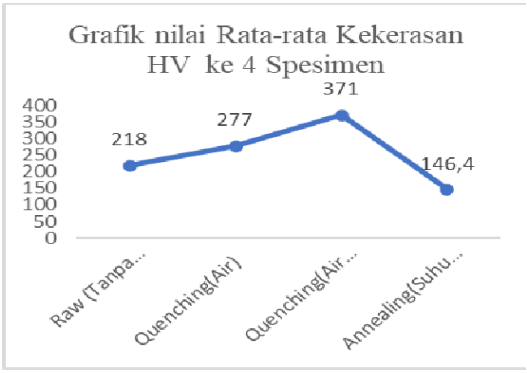


Gambar 4.9 Spesimen *Annealing* Media Pendingin Suhu Ruang.

Tabel 4.5 Hasil Nilai rata-rata ke 4 spesimen Baja AISI 1030.

Spesimen	Kekerasan HVN
Raw	218
Quenching (air)	277
Quenching (air garam)	371
Annealing (suhu ruang)	146,4

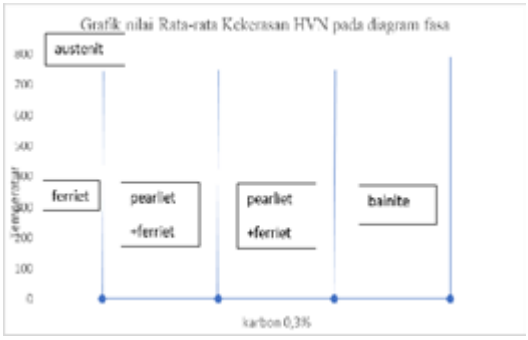
Berikut ini Pembahasan dari pengujian spesimen kekerasan vickers yang telah dilakukan adalah 4 spesimen yang pertama pada material raw (tanpa perlakuan), dan 3 spesimen dengan perlakuan yang pertama spesimen dengan perlakuan panas *annealing* dengan suhu 800^{o}C dengan menunggu waktu selama 60 menit yang didinginkan dengan suhu ruang,yang kedua dan ketiga dengan perlakuan panas *quenching* suhu 800^{o}C dengan menunggu waktu selama 60 menit yang di dinginkan dengan media pendingin air dan air garam, berikut ini grafik nilai rata-rata kekerasan vickers HV :



Gambar 4.6 Grafik Nilai Rata-rata Kekerasan Vickers (HVN).

Jika dilihat dari grafik Gambar 4. Bahwa Nilai rata-rata kekerasan HVN dengan nilai tingkat kekerasan tertinggi yang pertama berada pada spesimen uji dengan perlakuan pemanasan *quenching*

dengan media pendingin air garam sebesar 371 HVN, kedua spesimen uji dengan



Gambar 4.7 Grafik Nilai Rata-rata Kekerasan Vickers (HVN) Pada Diagram Fasa.

Dapat diketahui bahwasanya tingkat kekerasan pada spesimen BAJA AISI 1030 yang telah dilakuan pengujian kekerasan dengan metode HV spesimen bisa dilihat pada gambar 4.7 bahwa ketika spesimen dipanaskan mencapai suhu *Austenitee* kemudian diquenching menggunakan media air dapat terlihat bahwa hasil struktur mikro ini terdapat fasa pearlite dan feriet dimana fasa tersebut terjadi karena pada saat proses pendinginan yang sangat cepat mengakibatkan atom karbon yang terlepas dari ikatan tidak mampu berdifusi hanya sedikit sehingga memiliki sifat ulet, sedangkan pada quenching proses pendinginan menggunakan air garam proses pendinginan yang sangat cepat mengakibtkan fasa kurang stabil tidak mampu berdifusi sehingga memiliki sifat getas, sedangkan rendahnya nilai kekerasan pada spesimen perlakuan *Annealing* karena proses pendinginan yang terjadi dilakukan tanpa adanya media tambahan pendingin yang dibiarkan dingin mengikuti suhu ruang akibatnya fasa yang terjadi ferrite memiliki sifat lunak dan ulet, untuk proses tanpa perlakuan raw adalah fasa yang terjadi berada di perlite dan ferrite yang memiliki sifat ulet.

4.1.2 Spesimen Uji Tekan

Hasil data dari pengujian spesimen tekan yang telah dilakukan adalah 4 spesimen yang pertama pada material raw (tanpa perlakuan), dan 3 spesimen dengan perlakuan yang pertama spesimen dengan perlakuan panas *annealing* dengan suhu 800^{o}C dengan menunggu waktu selama 60 menit yang didinginkan dengan suhu ruang,yang kedua dan ketiga dengan perlakuan panas *quenching* suhu 800^{o}C dengan menunggu waktu selama 60 menit yang di dinginkan dengan mediapendingin air dan air garam, berikut ini gambar dan data table hasil pengujian ke 4 spesimen tersebut :

Tabel 4.6 Data Hasil Spesimen Pengujian Tekan

No	Spesimen	Hasil pengujian			
		Pnjang (mm)	Diameter (mm)	Berat (gr)	Load (N) (max force)
A.	Raw Material	25	19	612,2	37713,191
B.	Setelah Quenching (air)	25	19	604,0	42438,492
C.	Setelah Quenching (air garam)	25	19	603,9	49930,172
D.	Setelah Annealing (suhu ruang)	25	19	607,9	22716,869

Tabel 4.7 Data Hasil max force uji tekan

Sampel	Raw Mf	QuenchingMF Air
1	37713,2 N	42438,5 N

Berikut ini penjelasan dari tabel 4.7 ketika spesimen di uji tekan maka ketika spesimen yang tidak mendapatkan perlakuan (Raw) mendapatkan nilai maksimal atau max force sebesar 37713,2 N jika dilihat dari gambar 4.9 grafik tegangan regangan spesimen raw ini memiliki sifat ulet dan ketika spesimen diberikan perlakuan panas 800^{0}C dengan

waktu tunggu selama 60 proses quenching dengan media pendingin air nilai maksimal tekan atau max force yaitu 42438,5 N jika dilihat dari gambar 4.10 grafik tegangan regangan spesimen quenching media air hal ini terjadi karena pada proses pendingan media air mengakibatkan ikatannya menjadi keras tetapi ketika terjadi deformasi spesimen quenching media air masih dalam sifat yang ulet.

Tabel 4.8 Data Hasil 0max force uji tekan

Sampel	Quenching MF Air Garam	Annealing (Suhu Ruang)
1	49930,2 N	22716,9 N

Berikut ini penjelasan dari tabel 4.8 ketika spesimen diberikan perlakuan panas 800^0C dengan waktu tunggu selama 60 proses quenching dengan media pendingin air garam nilai maksimal tekan atau max force lebih besar yaitu 49930,2 N hal ini terjadi karena pada saat proses pendinginan menggunakan air garam lebih cepat yang mengakibatkan spesimen menjadi lebih keras jika dilihat dari gambar 11 grafik tegangan regangan spesimen memiliki sifat getas, dan ketika spesimen diberi perlakuan panas 800^0C dengan waktu tunggu selama 60 prosesannealing media pendingin suhu ruang nilai maksimal tekan atau max force yang terjadi yaitu 22716,9 N hal inidikarenakan pada saat proses pendinginan spesimen menggunakan suhu ruang mengakibatkan spesimen bersifat ulet.

Tabel 4.9 Data Hasil Compression Strength uji tekan

Sampel	Raw CS	Quenching Air CS
1	133,01 N	149,68 N

Berikut ini penjelasan dari tabel 4.9 ketika spesimen diberikan perlakuanpanas 800^0C dengan waktu tunggu selama 60 proses quenching dengan mediapendingin air garam proses quenching dengan media pendingin air garam prosespendinginannya lebih cepat di bandingkandengan air hal ini mengakibatkan ikatan karbon baik, kekuatan tekan atau compression strengt lebih besar yaitu 176,10 N. Jika dilihatpada gambar 11 grafik tegangan regangan quenching media air garam ketika spesimen diberi gaya yang besar spesimen dalam kondisi garis linear tidak ada deformasi plastis atau perpanjangan yang Berikut ini penjelasan dari tabel 4.7 ketika spesimen di uji tekan maka ketika spesimen yang tidak mendapatkan perlakuan (Raw) mendapatkan kekuatan tekan atau compression strength yaitu sebesar 133,01 N dari gambar 4.9 grafik tegangan regangan spesimen raw bahwa ketika spesimen di beri beban makan spesimen dapat menahan beban yang diberikan memiliki perubahan panjang yang membentuk garis lengkung yang bersifat ulet dan ketika spesimen diberikan perlakuan panas 800^0C dengan waktu tunggu selama 60 menit proses quenching dengan media pendingin air proses pendinginan menggunakan air lebih cepat hal ini mengakibatkan ikatan karbon menjadi keras tetapi ketika terjadi tekanan spesimen membentuk garis lengkung hal ini menandakan dalam kondisi deformasi plastis, kekuatan tekan atau compression strength yaitu 149,68 N peningkatan compression strength masih dalam sifat bahan yang lunak dan ulet jika di lihat pada gambar 4.10 grafik tegangan regangan spesimen quenching media air.

Tabel 4.10 Data Hasil compression strength uji tekan

Sampel	Quenching MF Air Garam	Annealing (Suhu Ruang)
1	176,10 N	80,12 N

Berikut ini penjelasan dari tabel 4.10 ketika spesimen diberikan perlakuan panas 800^0C dengan waktu tunggu selama 60 proses quenching dengan media pendingin air garam proses quenching dengan media pendingin air garam proses pendinginannya lebih cepat di bandingkan dengan air hal ini mengakibatkan ikatan karbon tidak berdifusi dengan baik, kekuatan tekan atau compression strengt lebih besar yaitu 176,10 N. Jika dilihat pada gambar 11 grafik tegangan regangan quenching media air garam ketika spesimen diberi gaya yang besar spesimen dalam kondisi garis linear tidak ada deformasi plastis atau perpanjangan yang sedikit karena baja bersifat getas, dan ketika spesimen diberi perlakuan panas 800^0C dengan waktu tunggu selama 60 menit proses annealing media pendingin suhu ruang karena prosese pendinginan yang lambat membuat ikatan karbon yang ada pada spesimen berdifusi dengan baik kekuatan tekan atau compression strenght yaitu 80,12 N jika di lihat pada gambar 11 grafik tegangan regangan annealing suhu ruang ini terjadi karena adanya deformasi menuju kondisi plastis membentuk garis lengkung yang menandakan bahwa spesimen ber sifat ulet.

Berikut ini gambar hasil 4 spesimen dari pengujian tekan.

A. Raw (Tanpa Perlakuan)



B. *Quenching* (Air)



C. *Quenching* (Air Garam)



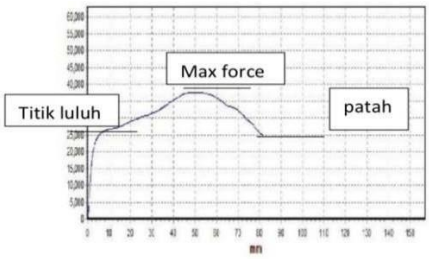
D. *Annealing*(Suhu Ruang



Gambar 4.8 Spesimen Hasil Pengujian Tekan.

Berikut ini pembahasan dari hasil pengujian tekan,pengujian kekerasan dan struktur mikro adalah sebagai berikut :

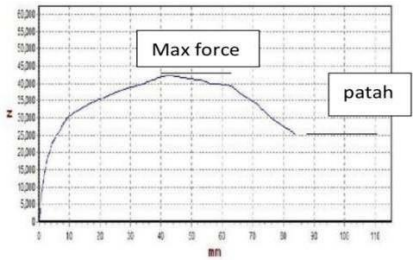
a) Grafik Baja AISI 1030 tanpa perlakuan



Gambar 4.9 Grafik Kurva Tegangan dan Regangan Baja AISI 1030 tanpa perlakuan.

Kurva awal garis sampai titik luluh menunjukan daerah elastis dimana ketika baja tidak lagi diberikan tekanan maka baja akan kembali seperti keadaan semula, selanjutnya ketika baja mengalami pertambahan tekanan maka baja mengalami pertambahan compression Strength dan elongation dari daerah elastis menjadi daerah plastis sampai menuju tegangan maksimum yaitu max force, semakin tinggi pertambahan compression strenght menyebabkan pertambahan elongation dari baja tetapi karena luas penampang baja mengecil maka compression strength akhirnya menurun sampai compression Strength patah dititik akhir. Dari grafik 4.2 tersebut bahwa ketika Baja AISI 1030 tidak mendapatkan perlakuan maka spesimen tersebut bersifat ulet

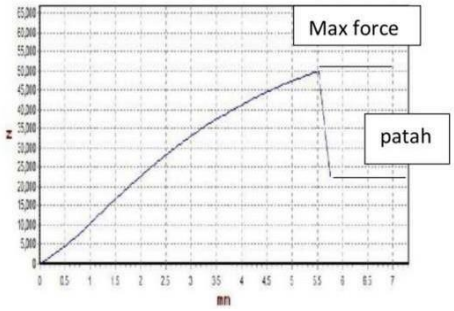
b) Grafik Baja AISI 1030 perlakuan *quenching* dengan media air.



Gambar 4.10 Grafik Kurva Tegangan dan Regangan Baja AISI 1030 perlakuan *quenching* dengan media air.

Dapat dilihat pada kurva grafik 4.10 bahwa ketika baja di beri tekanan maka kondisi awal baja langsung membentuk garis lengkung yang dimana posisi ini menandakan bahwa baja dalam kondisi daerah plastis yang artinya baja telah berubah permanen sampai pada titik maksimum semakin diberi tekanan compression Strength mengalami pertambahan sampai pada titik max force dan elongation pun meningkat namun akibat dari elongation meningkat membuat luas penampang pada baja mengecil dan perlahan mengalami penurunan seiring elongation meningkat sampai compression Strength di titik patah. Dari grafik 4.3 tersebut bahwa ketika Baja AISI 1030 yang mendapatkan perlakuan panas *Quenching* 800^0C dengan waktu tunggu selama 60 menit menggunakan media pendingin air maka spesimen tersebut bersifat ulet.

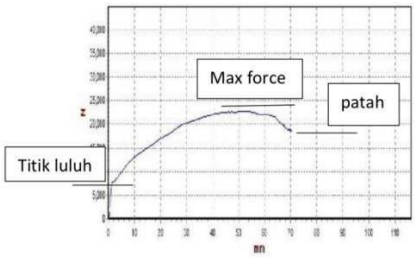
c) Grafik Baja AISI 1030 perlakuan *quenching* dengan media air garam



Gambar 4.11 Grafik Kurva Tegangan dan Regangan Baja AISI 1030 perlakuan *quenching* dengan media air garam.

Dapat dilihat pada kurva grafik 4.4 bahwa ketika baja di beri tekanan maka kondisi awal baja mengalami deformasi yang sangat kecil sampai pada compression Strength mencapai titik max force dan penambahan elongation yang kecil akibatnya baja langsung mengalami compressio patah. Dari grafik 4.4 tersebut bahwa ketika Baja AISI 1030 yang mendapatkan perlakuan *Quenching* panas 800^0C dengan waktu tunggu selama 60 menit menggunakan media pendingin air garam maka spesimen tersebut bersifat getas.

d) Grafik Baja AISI 1030 perlakuan *annealing* suhu ruang.

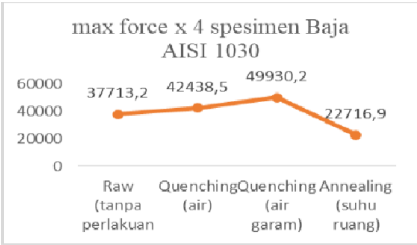


Gambar 4.12 Grafik Kurva Tegangan dan Regangan Baja AISI 1030 perlakuan *annealing* suhu ruang.

Dapat dilihat pada kurva grafik 4.5 bahwa ketika baja di beri tekanan maka kondisi awal baja mengalami titik luluh kondisi elastis yang dimana baja akan kembali seperti semula ketika tekanan dalam kondisi 0, selanjutnya peningkatan tekanan compression Strength menuju kondisi plastis sampai di titik max force dan elongation pun ikut bertambah, ketika adanya pertambahan elongation maka luas penampang baja mengecil dan membuat compression Strength mengalami penurunan sampai pada titik patah. Dari grafik 4.4 tersebut bahwa ketika Baja AISI 1030 yang mendapatkan perlakuan *Annealing* panas 800^0C dengan waktu tunggu selama 60 menit menggunakan media suhu ruang maka spesimen tersebut bersifat getas.

Berdasarkan nilai pada Tabel 4.1 maka dibuat grafik untuk mengetahui angka tertinggi pada spesimen yang telah di uji tekan grafik itu adalahah yang pertama angka max force

a) Grafik perbandingan Nilai Tekan Max Force dengan 4 spesimen Baja AISI 1030.



Gambar 4.13 Grafik Max Force x Baja AISI 1030.

Dari data Tabel 4.13 maka nilai tekan pada max force yang tertinggi terjadi pertama pada spesimen Baja AISI 1030 yang mendapatkan perlakuan *Quenching* panas 800^0C dengan waktu tunggu selama 60 menit menggunakan media pendingin air garam dengan nilai 49930.2 N, kedua pada spesimen Baja AISI 1030 yang mendapatkan perlakuan *Quenching* panas 800^0C dengan waktu tunggu selama 60 menit menggunakan media pendingin air dengan nilai 42438.5 N, ketiga pada spesimen Baja AISI 1030 tanpa perlakuan dengan nilai 37713.2 N dan keempat pada spesimen Baja AISI 1030 yang mendapatkan perlakuan *Annealing* panas 800^0C dengan waktu tunggu selama 60 menit menggunakan media pendingin suhu ruang dengan nilai 22716.9 N. Dikarenakan Baja AISI 1030 ketika diberi perlakuan *Quenching* panas 800^0C dengan waktu tunggu selama 60 menit menggunakan media pendingin air garam meiliki sifat yang Getas maka max force yang dihasilkan pun tinggi.

Dari ke empat spesimen yang telah dilakukan pengujian maka semakin tinggi tekanan yang di berikan kekuatan tekan atau compression strenght yang diterima pun besar tetapi membuat spesimen mengalami defleksi sampai putus. Semakin kecil tekanan yangdiberikan semakin besar perpanjangan yang terjadi. Rekomendasi spesimen Baja Karbon rendah AISI 1030 pada Quenching media air yang memiliki sifat ulet tetapimembuat ketahan baja bertambah kuat akibatproses pendinginan menggunakanair.

Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan setelah dilakukan pengujian spesimen Baja Karbon Rendah AISI 1030 adalah sebagai berikut :

1. Setelah dilakukan pengujian struktur mikro menggunakan mikroskop optic bahwa spesimen Baja Karbon Rendah AISI 1030 memiliki perubahan atau pengaruh pada spesimen yang diberi

perlakuan panas dan perbedaan media pendinginan, semakin cepat laju pendinginan akan merubah bentuk fisiknya menjadi getas sedangkan laju pendinginan yang perlahan akan membuat struktur pada spesimen lebih dominan pada sifat ulet atau ukuran butir yang besar.

2. Kekerasan yang terjadi setelah dilakukan pengujian kekerasan metode vickers adalah ketika spesimen Baja Karbon Rendah AISI 1030 memiliki perubahan bentuk fisikdari ulet menjadi getas akibat dari proses perlakuan panas dan laju pendinginan yang begitu cepat yang membuat spesimen tidak berdifusidengan baik
3. Dari ke empat spesimen yang telah dilakukan pengujian maka semakin tinggi tekanan yang di berikankekuatan tekan yang diterima pun besar tetapi membuat spesimen mengalami defleksi sampai putus ataupatah. Semakin kecil tekanan yang diberikan semakin besar perpanjanganyang terjadi.

Saran

Saran yang didapatkan setelah dilakukan pengujian spesimen Baja Karbon Rendah AISI 1030 adalah sebagai berikut :

1. Sebaiknya untuk penelitian selanjutnya sebelum dilakukan penelitian lebih baik survei bahan material yang memiliki tanda bukti bahwa material tersebut sesuai dengan yang akan di uji.
2. Memiliki opsi tempat pengujian lebih dari satu tempat agar ketika ada kendala akan cepat teratasi untuk pengujiannya.
3. Membuat variasi pada waktu tunggu ketika dilakukan proses perlakuan panas.
4. Ketika akan melakukan pengujian sebaiknya mempelajari terlebih dahulu materi atau teori pada spesimen atau pengujian yang akan dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ir. Syamsul Hadi, M.T., Ph.D. (2016). Teknologi Bahan. Yogyakarta: CV. ANDI OFFSET.
2. Prof. Ir. Tata Surdia Ms. Met.E, Prof. Dr. Shinroku Saito, (2013). Pengetahuan Bahan Teknik. Jakarta Timur: PT Balai Pustaka (Persero)
3. G.L.J, Van Vliet, W. Both. (1983). Teknologi untuk Bangunan Mesin Bahan Bahan 1. Jakarta: Erlangg.
4. R. Edy Purwanto.(2016).Perlakuan Bahan. Politeknik Negeri Malang (Polinema).
5. Thomas G.Digges, Samuel J. Roseberg, Glenn W.Geil, (1966). Heat Treatment and properties of iron and steel. United States Departement Of Commerce.