

**PENGARUH PERLAKUAN PANAS TERHADAP
SIFAT - SIFAT MEKANIS PADA BAJA KARBON
SEDANG NS 1045**

TUGAS AKHIR

*Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Mesin*

Disusun Oleh :

BAMBANG DARMAWAN
NIM :99.813.0007



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2008**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 20/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBARAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vi
RINGKASAN (ABSTRAK).....	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Manfaat Penelitian.....	3
1.4. Tujuan Penelitian	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1. Perlakuan Panas	5
2.2. Kekuatan Tarik	13
2.3. Kekerasan Logam	20
2.4. Klasifikasi Logam Ferrous	27
BAB III METODE PENELITIAN	30
3.1. Bahan Penelitian	30
3.2. Alat-alat yang digunakan	30
3.3. Prosedur Penelitian	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1. Hasil Penelitian	39
4.2. Pembahasan Hasil Penelitian	47
BAB V KESIMPULAN	50
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN	53

ABSTRAK

Baja adalah material yang paling banyak di gunakan untuk keperluan industri logam dan mesin . Secara garis besar baja di bedakan manjadi :

A. Baja karbon

1. Baja karbon rendah ($<0,30 \% C$)
2. Baja karbon sedang ($0,30 \% C - 0,70 \% C$)
3. Baja karbon tinggi ($0,70\% C - 0,80 \% C$)

B. Baja paduan

1. Baja paduan rendah (jumlah paduan khusus $< 8,0 \%$)
2. baja paduan tinggi (jumlah paduan khusus $> 8,0 \%$)

Dalam penggunaannya baja dapat digunakan langsung atau dengan memberi perlakuan khusus untuk merubah sifat sifat dari baja tersebut seperti proses hardening,tempering , annealing (anil),normalizing ,elektro plating dan lainnya.

Dalam pembahasan kali ini adalah bagai tentang bagaimana pengaruh perlakuan panas terhadap sifat – sifat mekanis dari baja karbon sedang dan juga struktur mikro dari baja karbon sedang yaitu baja NS 1045.Baja NS 1045 adala baja standarisasi Jepang (NS = Nippon Standard).Dimana angka 10 disini adalah angka yang menandakan baja karbon menurut Internasional sedangkan angka 45 adalah kadar C (karbon) minimal.Dari hasil riset yang saya lakukan menunjukan bahwa perlakuan panas yaitu Hardening kemudian di tempering dapat meningkatkan kekerasan ,keuletan dan kekuatan tarik serta merubah struktur mikro menjadi lebih halus.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa perlakuan panas yang terkendali dapat merubah sifat – sifat mekanis dari baja tersebut tergantung dari jenis proses yang dilakukan serta jenis baja yang di pakai.

ABSTRACTION

Steel is a material which is many most used for metal industry and machine needed. marginally steel is differentiated becoming :

A. Carbon steel

1. Low Carbon steel ($< 0,30 \%C$)
2. Medium Carbon steel ($0,30\%C - 0,70 \% C$)
3. High Carbon steel ($0,70 \%C - 0,80 \% C$)

B. Alloy Steel

1. Low alloy Steel (amount of special mixture $< 8,0 \%$)
2. High Alloy steel (amount of special mixture $> 8,0 \%$)

In it use Steel can be used direct or by giving special treatment to changing characteristics that steel , like hardening , tempering , annealing ,normalizing, electro plating and other .

This under Consideration is about how heat treatment influence into characteristics of a medium Carbon steel and also micro structure of medium carbon steel that is NS 1045 Steel .

NS 1045 steel is Japan's standardization (NS = Nippon Standard), Where numbers 10 here is a number which is designating of carbon steel the international according to , while number of 45 it is minimal rate of carbon (C) .

From the research result which I have done indicate that heat treatment that is hardening lather than tempering can upgrade that hardnes ,tenacity, and tensile strength and also changing the micro structure becoming softer.

There by can concluded that heat treatment which in control can changing a characteristics of that steel depended from a type of process which done and also a type of steel which is used

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Bahan logam ferrous adalah merupakan bahan yang paling banyak digunakan sebagai bahan pada pembuatan komponen-komponen mesin maupun peralatan industri, bila dibandingkan dengan jenis-jenis bahan lainnya. Hal ini disebabkan oleh sifat-sifat logam ferrous yang sangat bervariasi, karena sifat-sifat logam ini dapat diperoleh sesuai dengan sifat yang diinginkan oleh si pemakai yaitu dengan pemilihan proses perlakuan yang sesuai.

Sifat-sifat logam erat sekali kaitannya dengan struktur intern logam itu sendiri, disukai atau tidak disukai apabila terjadi perubahan struktur mikro akan terjadi pula perubahan sifat-sifatnya. Sedangkan struktur intern dari logam ferrous sangat dipengaruhi oleh perlakuan yang diberikan pada logam ferrous tersebut. Sifat-sifat baja dapat diubah sesuai dengan yang dikehendaki, apakah ingin ditingkatkan kekuatannya, keuletannya, kekerasannya, dan lainnya, untuk meningkatkan kekuatannya harus melalui proses tertentu, misalnya sifat-sifat baja ingin ditingkatkan dengan cara permukaannya dilapisi (*coating*), perlakuan panas (*heat-treatment*), atau sewaktu proses pembentukan baja pada keadaan panas maupun keadaan dingin (*hot working & cold working*), dan sebagainya.

Salah satu keunggulan dari baja dibandingkan dengan jenis logam lainnya adalah variasi sifat-sifat kekuatan yang luas, misalnya suatu sifat baja tertentu dapat diperoleh melalui proses *hardening* yang diikuti dengan proses *tempering*. Seperti yang telah dilakukan oleh Aken; 2001, bahwa kekuatan luluh (*yield*) baja

AISI 8620 dapat dibuat ekuivalen dengan kekuatan luluh baja AISI 1045 dengan cara memilih temperatur *tempering* yang tepat untuk masing-masing baja.

Dalam hal ini material yang dipakai adalah baja karbon sedang yaitu Baja NS 1045. Baja NS 1045 adalah baja standard jepang. Dimana angka 10 menunjukkan kode jenis baja yaitu baja karbon sedangkan angka 45 menunjukkan kadar minimal Karbon (C).

1.2. Perumusan Masalah

Peningkatan sifat-sifat bahan logam dapat dilakukan dengan berbagai cara yaitu melalui perlakuan panas (*heat-treatment*), pelapisan permukaan (*coating*), atau dapat ditingkatkan melalui proses pembentukan. Khusus untuk baja, perlakuan panas memegang peranan yang sangat penting dalam hal peningkatan sifat-sifat mekanis dari baja tersebut. Dalam proses perlakuan panas baja banyak variabel yang mempengaruhi dari sifat-sifat produk dari proses tersebut, misalnya kecepatan pendinginan, komposisi dari baja, temperatur pemanasan, lama penahanan, media pendingin yang digunakan, diameter bahan yang diperlakukan dan lain-lainnya.

Banyaknya faktor-faktor yang mempengaruhi hasil perlakuan panas, sudah barang tentu tidak dapat semua faktor tersebut diambil sebagai variabel dalam satu perlakuan panas. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan dilakukan perlakuan panas untuk baja karbon medium. Sifat-sifatnya akan dianalisa, dimana dua perlakuan panas yaitu proses pengerasan (*hardening*) dan perlakuan temper (*tempering*) akan dilakukan secara berurutan. Sifat-sifat mekanis dari bahan ini

yaitu kekerasan, kekuatan maupun struktur mikro dari baja yang diperlakukan, maupun baja yang tidak diperlakukan akan diuji, sehingga dapat dibandingkan sifat-sifat antara bahan yang telah diperlakukan dengan bahan yang tidak diperlakukan..

1.3 Manfaat Penelitian

Kualitas hasil suatu penelitian tergantung kepada hakekat dilakukannya penelitian dan tingkat ketelitian dari proses hasil penelitian tersebut. Penelitian ini dilakukan berkenaan dengan tugas-tugas yang harus diselesaikan oleh setiap mahasiswa pada program studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Dengan demikian maka dapatlah dikategorikan jenis penelitian ini adalah jenis penelitian tingkat dasar. Oleh karena penelitian ini adalah penelitian tingkat, maka variable dan jumlah specimen yang dipergunakan masih relatif kecil, sehingga hasilnya kemungkinan masih kurang akurat, maka dapatlah diuraikan manfaat penelitian ini sebagai berikut :

- (1) Hasil penelitian dapat memberikan kontribusi pada perkembangan ilmu pengetahuan dan Teknologi.
- (2) Hasil penelitian ini dapat dibuat sebagai bahan rujukan bagi mahasiswa-mahasiswa program studi Teknik Mesin Fakultas Teknik UMA yang ingin mendalami bidang Material Teknik.
- (3) Hasil penelitian akan menambah wawasan para mahasiswa program studi Teknik Mesin Fak. Teknik UMA.

1.4 Tujuan Penelitian

Seperti yang dijelaskan pada bagian sebelumnya bahwa penelitian ini adalah penelitian tingkat dasar. Oleh karena itu tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui besar pengaruh proses perlakuan panas pada baja NS-1045. Proses perlakuan panas yang akan dilakukan adalah proses pengerasan (hardening) dengan media pendingin air dan dilanjutkan dengan proses tempering. Sifat-sifat mekanik (kekuatan tarik, kekerasan dan struktur mikro) dari baja NS-1045 akan diuji. Penelitian ini membandingkan sifat-sifat antara benda uji yang tidak diperlakukan dengan benda uji hasil perlakuan panas. Pengujian terhadap benda uji mencakup pengujian mikro struktur dilakukan dengan mikroskop optik, pengujian tarik dengan mesin pengujian tarik (*tensile testing machine*), dan pengujian kekerasan dengan menggunakan mesin uji kekerasan jenis hardness Vickers.

BAB II

LANDASAN TEORI

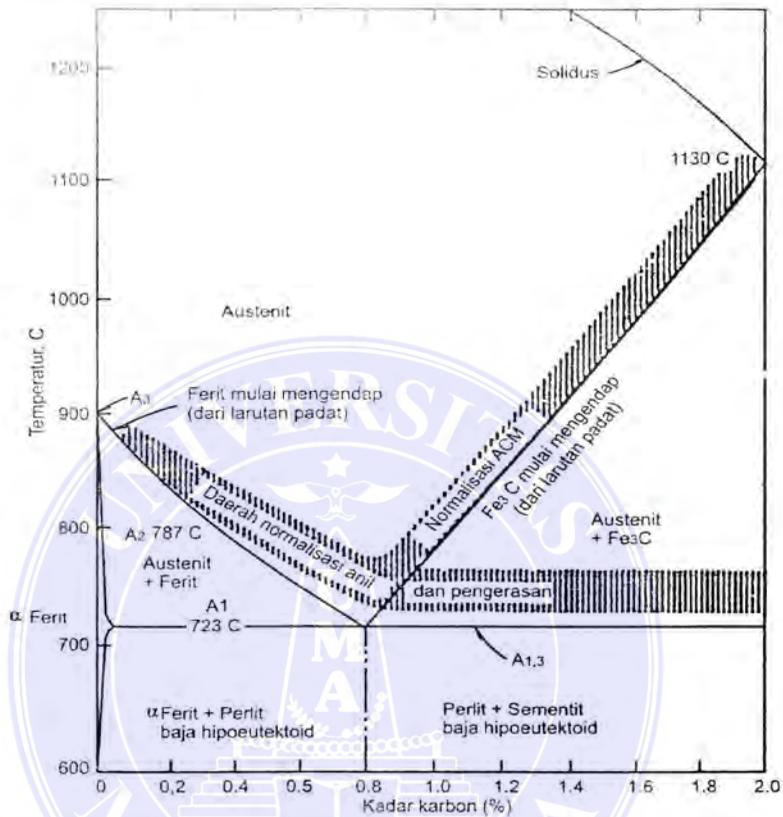
2.1 Perlakuan Panas (*Heat Treatment*)

Pada umumnya baja selalu membutuhkan perlakuan panas (*heat treatment*) sebelum dipergunakan. Perlakuan panas ini bertujuan untuk merubah sifat-sifat mekanisnya, misalnya meningkatkan kekerasan baja, meningkatkan keuletan baja, atau menghilangkan pengaruh negatif akibat proses pembentukan sebelumnya, dan menghilangkan tegangan-tegangan di dalam baja itu sendiri.

Jenis-jenis proses perlakuan panas untuk logam ferrous antara lain : (1) proses normalisasi (*normalizing*), (2) proses anil (*annealing*), (3) proses pengerasan (*hardening*), dan (4) proses temper (*tempering*).

(1) **Proses normalisasi.** Pada proses normalisasi baja dipanaskan sampai (30 ÷ 50)°C diatas temperatur kritis, dan dipertahankan temperturnya dalam jangka waktu tertentu atau kira-kira dua menit per mm tebal penampang, dan selanjutnya didinginkan di udara terbuka sampai temperatur kamar. Pada proses ini akan dihasilkan struktur mikro yang terdiri dari pearlit dan ferit atau pearlit berada dalam matriks ferit atau dapat juga struktur pearlit berada dalam sementit. Proses normalisasi bertujuan untuk menghilangkan tegangan-tegangan sisa di dalam baja itu. Oleh karena baja didinginkan di udara terbuka maka dihasilkan susunan mikrostruktur pearlite halus yang akan mempunyai yield point, kekuatan tarik dan kuat bentur (*impact strength*) yang lebih tinggi dari baja yang proses dianil. Umumnya baja setelah proses-proses

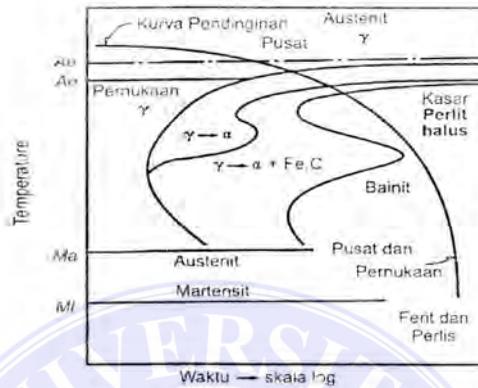
giling, tempa, pres, cor, dan lain sebagainya, selalu diikuti proses normalisasi.



Gambar 2.1 Daerah perlakuan panas pada diagram nFe-Fe₃C (Amstead;Ostwald;Begema.1992)

(2) **Proses Anil.** Tujuan utama dari proses ini adalah pelunakan sehingga baja yang keras dapat dikerjakan melalui permesinan atau pengerjaan dingin. Pada proses pelunakan ini dilakukan pemanasan sedikit di atas suhu kritis A_{e3}, kemudian di tahan sampai suhu merata dan diikuti dengan pendinginan secara

perlahan-lahan sambil dijaga agar suhu dibagian luar dan dalam kira-kira sama kecepatan pendinginan $150^{\circ} \div 200^{\circ} \text{C/jam}$ rata-rata



Gambar 2.2 Diagram TTT untuk proses anil (Amstead; Ostwald; Begema. 1992)

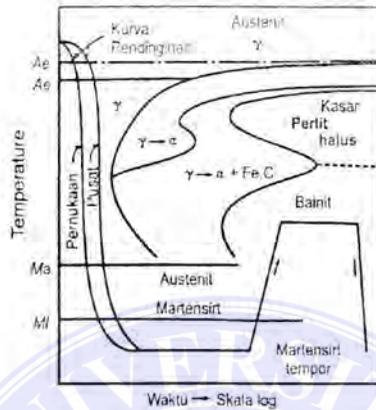
Proses yang digambarkan pada gambar 2.2 disebut proses anil sempurna (*full annealing*), karena struktur sebelumnya akan berubah, struktur kristal akan merata dan logam lebih lunak, anil juga dapat meniadakan tegangan dalam. Bila logam yang telah dikeraskan dipanaskan diatas daerah kritis, struktur kembali menjadi austenit dan pendinginan perlahan-lahan memungkinkan terjadinya transformasi dari austenit menjadi struktur yang lebih lunak. Baja *hipoeutektoid* bertransformasi menjadi pearlit dan ferit. Suhu pemanasan proses anil tergantung pada komposisi dan untuk baja karbon dapat dilihat pada diagram besi karbida besi. Laju pemanasan ditentukan oleh bentuk dan variasi ukuran propil, harus diusahakan agar suhu merata. Bila suhu anil telah merata, baja didiamkan beberapa lama, biasanya diperlukan waktu sekitar 45 menit untuk ketebalan 25 mm pada penampang yang paling besar. Agar kekerasan minimal, dan keuletan maksimal, laju pendinginan harus

lambat, untuk ini dapat dilakukan dalam dapur. Makin tinggi kadar karbon, makin lambat laju pendinginan.

- (3) **Pengerasan.** Pengerasan adalah proses pemanasan baja sampai suhu di daerah atau diatas daerah kritis disusul dengan pendinginan cepat. Bila kadar karbon diketahui, suhu pemanasannya dapat dibaca dari diagram fasa besi-karbida besi. Akan tetapi bila komposisi baja tidak diketahui, perlu diadakan percobaan untuk mengetahui daerah pemanasannya. Cara yang terbaik ialah memanaskannya dan mencelup beberapa potong baja pada berbagai suhu disusul dengan pengujian kekerasan atau pengamatan mikroskopik. Bila suhu yang tepat telah diperoleh akan terjadi perubahan dalam kekerasan dan sifat lainnya.

Pada setiap operasi perlakuan panas, laju pemanasan merupakan faktor yang penting. Panas merambat dari luar ke dalam dengan kecepatan tertentu. Bila pemanasan terlalu cepat, bagian luar akan jauh lebih panas dari bagian dalam sehingga tidak dapat diperoleh struktur yang merata. Bila bentuk benda tidak teratur, benda harus dipanaskan perlahan-lahan agar tidak mengalami distorsi atau retak. Makin besar potongan benda, makin lama waktu yang diperlukan untuk memperoleh hasil yang merata. Kekerasan yang dicapai tergantung pada laju pendinginan, kadar karbon dan ukuran benda pada baja paduan, jenis dan jumlah paduan akan mempengaruhi kemampuan pengerasan. Dari diagram transformasi gambar 2.4, jelas bahwa diperlukan pencelupan yang cepat untuk mencegah perpotongan dengan ujung kurva sehingga dapat

diperoleh struktur martensit. Untuk baja karbon rendah dan baja karbon sedang, lazim dilakukan pencelupan dalam air.



Gambar 2.3. Diagram transformasi yang menggambarkan terjadinya martensit temper (Amstead; Ostwald; Begema. 1992)

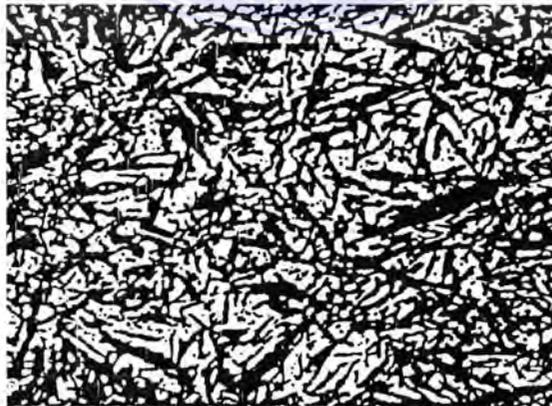
Laju pendinginannya cukup cepat sehingga terbentuk martensit. Untuk baja karbon tinggi dan baja paduan biasanya digunakan minyak sebagai media pencelupan, kecepatan pendinginannya tidak secepat air.

Baja dengan kadar karbon rendah sulit untuk dikeraskan. Dengan meningkatnya kadar karbon sampai sekitar 0,6% kekerasan akan naik. Di atas 0,6% kenaikan harga karbon hanya sedikit pengaruhnya, karena di atas suhu eutektoid baja dalam keadaan anil terdiri dari perlit dan sementit. Baja yang sebagian besar terdiri dari perlit dapat diubah menjadi baja yang keras.

Struktur mikro baja yang dikeraskan. Telah diketahui bahwa austenit merupakan larutan padat karbon dalam besi γ . Baja karbon terdiri dari austenit pada suhu di atas suhu kritis. Bentuk austenit yang dilihat dengan mikroskop pada pembesaran 125X dapat dilihat pada gambar 2.4. Dengan

pencelupan dari suhu yang cukup tinggi biasanya tidak semua austenit berubah, dan austenit sisa ini mempunyai kekerasan setengah dari martensit dan bersifat non-magnetik. Bila baja hipoeutektoid didinginkan secara perlahan-lahan austenit bertransformasi menjadi ferit dan perlit. Baja dengan susunan demikian lunak dan ulet. Bila baja didinginkan dengan lebih cepat, akan dihasilkan susunan yang berlainan, baja akan lebih keras akan tetapi kurang ulet. Pendinginan yang cepat seperti pencelupan dalam air akan menghasilkan struktur martensit. Martensit adalah struktur yang paling keras. Sementit yang lebih keras sedikit terdapat secara bebas dan dalam jumlah yang kecil dalam baja hipereutektoid sehingga pengaruhnya atas kekerasan baja dapat diabaikan.

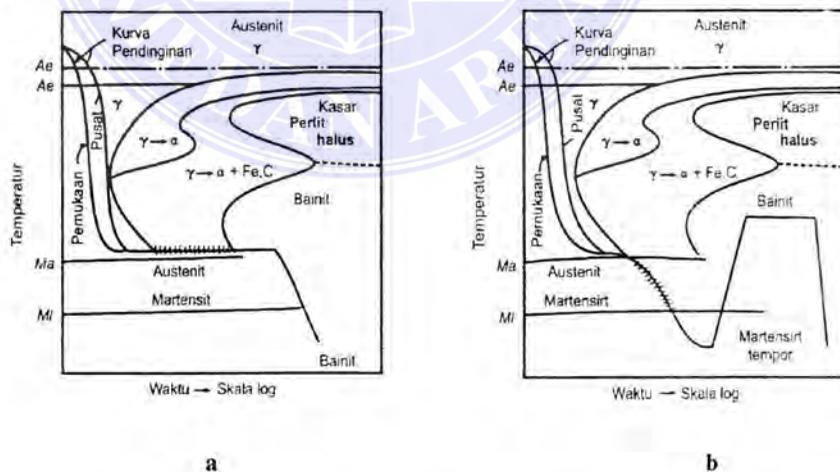
Fase yang sangat penting dalam baja yang dikeraskan ialah martensit. Martensit diperoleh dengan mencelupkan baja karbon dalam air dan terbentuklah fasa transisi yang terjadi karena dekomposisi austenit dengan cepat dan merupakan larutan padat karbon. Di bawah mikroskop tampak jarum-jarum, (gambar 2.6).



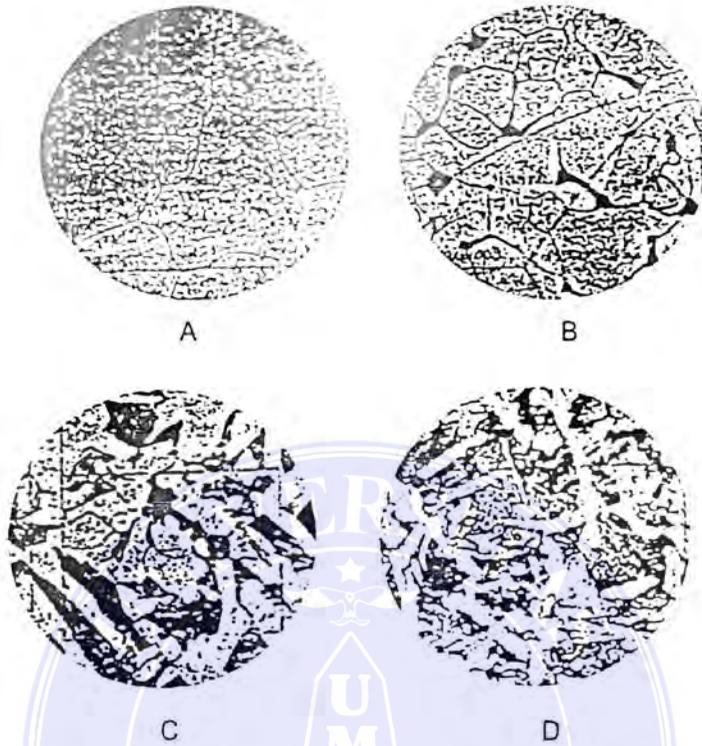
Gambar 2.4. Struktur mikro baja karbon (C=1,0%) di-quench dari temperatur austenit Amstead;Ostwald;Begema)

(4) **Temper.** Baja yang telah dikeraskan bersifat getas dan tidak cocok untuk digunakan. Melalui proses temper, kekerasan dan kegetasan dapat diturunkan sampai memenuhi persyaratan penggunaan. Kekerasan berkurang dan kekuatan tarik akan turun pula, sedang keuletan dan ketangguhan baja akan meningkat. Proses temper seperti terlihat pada gambar 2.5, terdiri dari pemanasan kembali dari baja yang telah dikeraskan, pada suhu dibawah suhu kritis disusul dengan pendinginan. Meskipun proses ini menghasilkan baja yang lebih lunak, proses ini berbeda dengan proses anil karena disini sifat-sifat fisis dapat dikendalikan dengan cermat. Struktur akhir hasil temper baja yang dikeraskan disebut martensit temper.

Temper dimungkinkan oleh karena struktur martensit tidak stabil. Temper pada suhu rendah antara $150^0 \div 230^0$ C tidak menghasilkan penurunan kekerasan yang berarti, karena pemanasan akan menghilangkan tegangan dalam terlebih dahulu,



Gambar 2.5 Diagram transformasi untuk proses pencelupan tertunda (a) austemper, dan (b) martemper (amstead; Ostwald; Begema.1992)



Gambar 2.6 Foto struktur mikro pengaruh penambahan % C pada paduan besi; (a) besi murni, (b) 0,12% C, (c) 0,40% C, (d) 0,62% C.

bila suhu temper meningkat, martensit terurai lebih cepat sekitar 315°C perubahan fasa menjadi martensit temper berlangsung dengan cepat. Proses temper terdiri dari presipitasi dan penggumpalan atau pertumbuhan sementit. Pengendapan sementit terjadi pada 315° diiringi dengan penurunan kekerasan. Peningkatan suhu akan mempercepat penggumpalan karbida, sementara kekerasan turun terus.

Unsur paduan mempunyai pengaruh yang berarti atas temper, pengaruhnya menghambat laju pelunakan sehingga baja paduan akan memerlukan suhu temper yang lebih tinggi untuk mencapai kekerasan tertentu. Pada proses

temper perlu diperhatikan suhu maupun waktu. Meskipun pelunakan terjadi pada saat-saat pertama suhu temper dicapai, selama pemanasan (yang cukup lama) terjadi penurunan kekerasan. Biasanya baja dipanaskan sampai suhu tertentu kemudian dibiarkan cukup lama suhu merata. Ada dua proses khusus dimana diterapkan pencelupan tertunda. Baja yang dikeraskan dicelup dalam dapur garam pada suhu yang lebih rendah sebelum didinginkan lebih lanjut. Proses yang dikenal dengan nama austemper dan martemper memungkinkan diperolehnya sifat mekanik khusus.

2.2. Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik (*strength*) merupakan ukuran besar gaya yang diperlukan untuk mematahkan atau merusak suatu bahan. Kekuatan tarik merupakan sifat mekanis yang sangat penting dari logam. Terutama untuk perhitungan-perhitungan dalam konstruksi. Dalam hal sifat ini terdapat dua definisi yang penggunaannya berlainan. Disamping hal tersebut, dalam menganalisa kekuatan tarik ini terdapat beberapa besaran mekanis lainnya yang pada umumnya merupakan konstanta dari logam yang harus pula dibahas. Beberapa penyimpangan dari asumsi yang telah dibahas sebelumnya, yang mengakibatkan penyimpangan pada sifat mekanis dibahas pemanfaatannya.

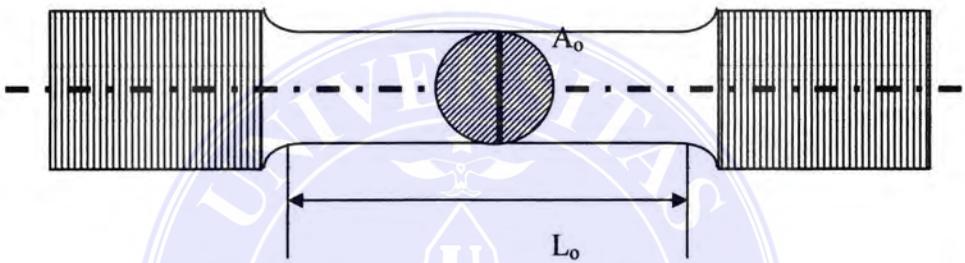
1) Kurva tegangan-regangan teknik

Sifat-sifat mekanis dari logam dapat ditentukan melalui pengujian tarik.

Hingga saat ini pengujian tersebut digunakan secara luas untuk menentukan

informasi-informasi dasar dari bahan dan telah diterima sebagai cara pengujian untuk menentukan spesifikasi dari material.

Pada pengujian tarik, batang percobaan (*speciment*) seperti gambar 2.7 dikenai beban aksial yang makin besar secara kontinu. Pada saat yang bersamaan dilakukan pengukuran-pengukuran yang diperlukan untuk menentukan besarnya tegangan dan regangan.



Gambar 2.7. Batang uji (spesiment) untuk uji tarik



Gambar 2.8 Foto speciment baja NS 1045 yang telah di bentuk

Untuk menentukan kurva tegangan-regangan teknik, yang dipergunakan adalah tegangan dan regangan rata-rata seperti rumus berikut ini :

$$\sigma_1 = \frac{F}{A_0} \quad (2.1)$$

dimana : σ_1 = tegangan teknik rata-rata,

F = beban,

A_0 = luas penampang semula dari batang uji

Sedangkan untuk regangan persamaan menjadi :

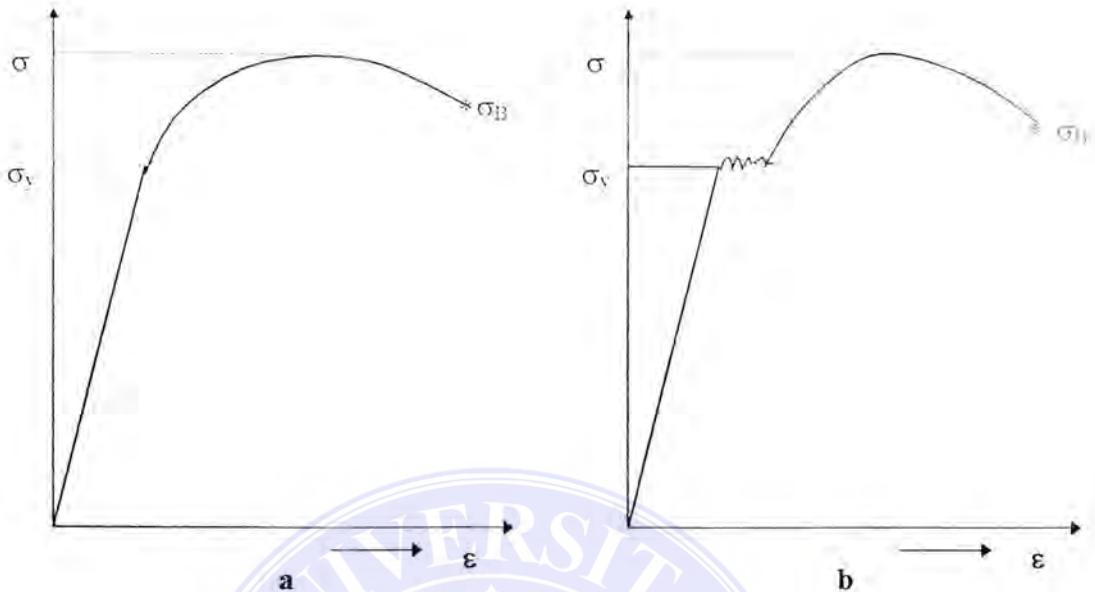
$$\varepsilon_1 = \frac{L - L_0}{L_0} \quad (2.2)$$

dimana: ε_1 = regangan rata-rata

L = panjang sesudah perpanjangan

L_0 = panjang mula-mula

Kemudian tegangan teknik rata-rata di gambarkan dalam suatu sistem koordinat. Untuk kebanyakan logam bentuknya akan mendekati kurva pada gambar 2.9



Gambar 2.9. a. Kurva tegangan-tegangan untuk logam bukan baja
b. Kurva tegangan-tegangan untuk logam baja

2) Besaran-besaran dari tegangan-regangan

Dari hasil pengujian tarik ini akan didapatkan besaran-besaran sebagai berikut: (a) Kekuatan tarik, (b) kekuatan mulur, (c) perpanjangan, (d) modulus elastis dan beberapa besaran lainnya. Besaran-besaran tersebut di jelaskan sebagai berikut:

- (a) **Kekuatan tarik.** Kekuatan tarik dari suatu bahan dinyatakan sebagai beban maksimum yang dapat diterima oleh bahan dibagi dengan luas penampang semula dari batang uji. Kekuatan tarik adalah suatu sifat mekanis yang banyak ditonjolkan yang dianggap sebagai kekuatan bahan. Tetapi dalam kenyataan untuk keperluan perencanaan teknik kekuatan tarik ini tidak begitu berarti. Sebenarnya sifat mekanis yang paling penting untuk menentukan kekuatan adalah batas elastis, karena titik ini merupakan suatu

batas antara terjadinya perubahan bentuk tetap dan kembali ke bentuk semula.

(b) Kekuatan Mulur. Sifat mekanis yang terpenting adalah batas elastis, sehingga batas ini perlu ditentukan dalam pengujian tarik. Tetapi kenyataannya penentuan titik ini di dalam pengujian hampir tidak mungkin. Berhubung dengan hal tersebut maka diadakan suatu pembatasan baru yang disebut batas mulur atau kekuatan mulur (σ_y). Kekuatan ini didefinisikan sebagai tegangan yang timbul pada saat terjadi suatu regangan tetap atau regangan plastis yang telah ditentukan. Biasanya diambil harga regangan plastis sebesar 0,001 atau 0,002 yang dinyatakan dalam persen, yaitu 0,1 atau 0,2%. Dengan demikian kekuatan mulur dirumuskan sebagai berikut:

atau

$$\sigma_{y(0,1)} = \frac{F_{(\epsilon=0,001)}}{A_o}$$

$$\sigma_{y(0,2)} = \frac{F_{(\epsilon=0,002)}}{A_o} \quad (2.3)$$

Suatu hal yang penting dari kekuatan mulur ialah bahwa harga tersebut dapat di pergunakan untuk meramalkan batas mulur statis untuk konstruksi-konstruksi yang mendapat pembebanan yang kompleks dengan mempergunakan teori tentang energi distorsi. Kekuatan mulur lebih dekat dari pada kekuatan tarik terhadap perubahan-perubahan dalam perlakuan panas dan cara-cara pengujian.

(c) Perpanjangan. Perpanjangan adalah perbandingan antara pertambahan panjang seluruhnya yang diukur pada batang uji yang telah patah terhadap

panjang semula dari batang uji. Perpanjangan ini pada umumnya dinyatakan dalam persen. Pertambahan panjang batang uji dianggap merata pada seluruh panjang batang sampai dengan tercapainya beban maksimum. Setelah melampaui beban maksimum maka akan terjadi pengecilan setempat pada batang uji. Perpanjangan ini sangat penting untuk melihat kemampuan logam untuk dirubah bentuknya.

(d) Reduksi penampang. Reduksi penampang adalah perbandingan antara pengurangan luas penampang batang uji sesudah pengujian terhadap luas penampang semula dan biasanya dinyatakan dalam persen. Besaran tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Q = \frac{A_o - A_1}{A_o} \times 100\% \quad (2.4)$$

dalam hal ini : Q = reduksi penampang
 A_1 = luas penampang sesudah pengujian
 A_o = luas penampang mula-mula

Reduksi penampang dapat digunakan sebagai ukuran kualitatif dari kemampuan untuk di bentuk. Suatu harga reduksi penampang yang tinggi menunjukkan bahwa logam dapat mengalami deformasi yang ekstensif tanpa terjadi keretakan.

(e) Modulus elastis. Modulus elastis adalah konstanta dari perbandingan lurus antara tegangan dan regangan. Jadi jelas bahwa besarnya modulus ini sama dengan angka kemiringan dari kurva tegangan-regangan yang berupa garis lurus pada bagian yang dekat dengan titik nol. Modulus elastis (E) atau

disebut juga modulus Young menunjukkan kekakuan dari logam. Ini berarti bahwa makin besar harga E , makin kaku logam tersebut. Jadi harga ini penting sekali untuk menghitung defleksi atau lendutan dari suatu konstruksi. Besarnya harga E ditentukan oleh gaya-gaya pengikat antara atom-atom. Karena letak atom tidak berubah dengan berubahnya struktur mikro dari material, maka modulus elastis adalah sifat mekanis yang tidak peka terhadap strukturmikro dari suatu bahan. Harga modulus elastis hampir tidak berubah karena adanya pencampuran perlakuan panas atau pengerjaan dingin.

f. Resilien. Resilien adalah kemampuan logam untuk menyerap energi deformasi elastis dan melepaskannya kembali setelah beban ditiadakan. Kemampuan ini biasanya dinyatakan sebagai suatu modulus dan disebut modulus resilien, yang sebenarnya adalah enersi regangan elastis persatuan volume. Modulus ini biasanya dipergunakan untuk mengukur kemampuan bahan untuk menyerap enersi yang disebabkan oleh beban luar, misalnya penentuan bahan untuk pegas.

g. Keuletan logam. Keuletan logam adalah suatu kemampuan logam untuk menyerap enersi deformasi plastis. Kemampuan logam dalam hal ini sangat penting untuk bagian-bagian yang kadang-kadang harus menerima beban tegangan yang melebihi batas elastis misalnya kopling-kopling, sambungan gerbong kereta api, roda-roda gigi, rantai-rantai dan lain-lainnya. Berdasarkan definisi di atas maka dapat disimpulkan bahwa keuletan logam

dapat diwakili oleh seluruh luas bagian diagram yang ada di bawah kurva tegangan-regangan.

2.3. Kekerasan Logam

Kekerasan adalah sifat yang paling tidak jelas definisinya. Hal ini disebabkan karena banyaknya orang yang memberikan definisi dan cara mendefinisikannya yang diarahkan untuk keperluan bidang mereka masing-masing. Salah satu definisi yang dapat diutarakan disini adalah sebagai berikut; Kekerasan (*hardness*) adalah ketahanan bahan terhadap penetrasi pada permukaannya. Kekerasan adalah suatu sifat dari bahan yang sangat penting karena banyak sifat-sifat yang lain yang berhubungan dengan kekerasannya. Kekerasan berhubungan dengan kekuatan, oleh karena itu informasi kekerasan bahan sangat penting dalam perancangan teknik.

Pada waktu ini dikenal tiga kelompok cara penentuan kekerasan yaitu kekerasan goresan, kekerasan indentor dan kekerasan dinamik. Di antara ketiga kelompok cara penentuan kekerasan hanya cara penentuan kekerasan dengan indentor yang sering sekali dipergunakan di dalam teknik. Sedangkan kekerasan goresan banyak dipergunakan oleh ahli-ahli mineral. Pada cara penentuan kekerasan dengan goresan ini dikenal skala kekerasan menurut *Mohs*. Pada skala kekerasan Mohs ini, bahan mineral dibagi menjadi sepuluh kelas kekerasan dengan mineral yang paling lunak yaitu talkum diberi skala satu dan intan skala kekerasan sepuluh. Logam yang paling keras mempunyai harga kekerasan pada skala Mohr antara 4 s/d 8

Pengukuran kekerasan dengan cara dinamik adalah dengan jalan menjatuhkan bola baja pada permukaan bahan. Tinggi pantulan bola menyatakan energi tumbuk yang merupakan ukuran kekerasan logam. Cara ini dikenal Shore Soeleroscope.

Penentuan kekerasan dengan cara penekanan pada permukaan dengan menggunakan alat penekan (indenter) adalah cara yang paling banyak dipakai. Umumnya dilakukan untuk pengukuran kekerasan bahan-bahan logam. Cara ini adalah cara Brinell, Vickers dan Rockwell.

(1) Kekerasan Brinell

Uji kekerasan Brinell berupa pembentukan lekukan pada permukaan logam dengan memakai bola baja diameter 10 mm dan diberi beban 3000 kg. Untuk logam lebih lunak beban dikurangi hingga tinggal 500 kg untuk mengurangi jejak yang lebih dalam. Untuk bahan yang sangat keras digunakan karbida Tungsten. Jika F adalah beban/gaya (kg) dan D diameter bola indenter (mm). Setelah indenter ditekan pada permukaan logam, akan meninggalkan lekukan bekas indenter. Diameter lekukan bekas indenter ini diukur dengan menggunakan mikroskop. Kemudian besarnya kekerasan dihitung dengan membagi beban penekan dengan luas bekas indenter. Berdasarkan definisi tersebut maka kekerasan Brinell dapat dihitung dengan persamaan :

$$H_{BR} = \frac{F}{(\pi D/2)(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (2.1)$$

dimana : F = beban tekanan (kg)
 D = diameter bola indenter (mm)
 d = diameter bekas indenter (mm)

Dengan mengadakan perubahan-perubahan, persamaan 2.8 dapat berubah menjadi :

$$H_{BR} = \left(\frac{2}{\pi}\right) \left(\frac{P}{D^2} \cdot \frac{1}{1 - \left(\frac{d}{D}\right)^2}\right) \quad (2.2)$$

dari persamaan (2.2) dapat dilihat bahwa hasil-hasil kekerasan Brinell dapat dibandingkan dengan tepat bila harga $\left(\frac{P}{D^2}\right)$ sama untuk setiap pengukuran.

Bila kekerasan logam yang diukur mendekati atau sama dengan kekerasan indenter, maka akan terjadi kesalahan pada cara pengukuran menurut Brinell yang disebabkan oleh terjadinya perubahan bentuk pada bola indenter.

(2) Kekerasan Vickers

Pengukuran kekerasan Vickers dilakukan dengan cara menekan indenter dari intan yang berbentuk piramid sebagai pengganti bola baja. Dengan demikian bahan-bahan keras dapat diuji dengan presisi yang lebih baik dari cara Brinell. Biasanya sudut antara permukaan-permukaan piramida yang saling berhadapan adalah 136° . Karena bentuk penumbuknya piramid, maka pengujian ini sering dinamakan uji kekerasan piramid intan. Atau angka kekerasan Vickers (H_V). Didefinisikan sebagai beban dibagi luas permukaan lekukan. Pada prakteknya, luasan ini dihitung dari pengukuran panjang diagonal bekas injakan indenter dengan bantuan mikroskop. Kekerasan Vickers dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$H_V = \frac{2P \sin \frac{\alpha}{2}}{L^2} = \frac{2P \sin 68^\circ}{L^2} = \frac{1,854P}{L^2} \quad (2.3)$$

dimana P = beban tekanan (kg)
 l = panjang rata-rata diagonal bekas indentasi (mm)
 θ = sudut antara dua permukaan piramid intan = 136°
 H_V = angka kekerasan Vickers

Uji kekerasan Vickers banyak dilakukan pada pekerjaan penelitian karena metode tersebut memberikan hasil dengan skala yang kontinue, untuk suatu beban tertentu. Dapat digunakan pada logam yang sangat lunak yaitu H_V -nya 5, hingga logam yang sangat keras dengan H_V -nya 1500. Pengujian kekerasan lainnya seperti Brinell atau Rockwell, biasanya diperlukan perubahan beban pada nilai kekerasan tertentu, sehingga pengukuran pada suatu skala kekerasan yang ekstrim, tidak bisa dibandingkan dengan skala kekerasan yang lain. Pada metode Vickers ini, karena indenter berbentuk piramida, maka secara geometris tidak terdapat persoalan mengenai ukurannya, sehingga kekerasan Vickers tidak tergantung besarnya beban. Beban yang biasanya digunakan pada uji Vickers berkisar antara 1 hingga 120 kg, tergantung kepada kekerasan logam yang akan diuji.

(3) Kekerasan Rockwell

Rockwell mempergunakan cara yang agak berlainan dalam penentuan kekerasan logam dengan metode lainnya. Untuk mendapatkan daerah penggunaan yang luas, Rockwell membuat kombinasi antara 3 macam indenter dan 3 macam beban utama. Tiap-tiap kombinasi antara indenter dan beban diberi nama skala sendiri mulai dari A sampai dengan K. Jenis indenter yang dipakai

yaitu kerucut intan dan bola-bola baja dengan diameter $\frac{1}{16}$ " dan $\frac{1}{8}$ ". Prinsip pengukuran kekerasan didasarkan kepada dalam atau dangkalnya kerucut intan atau bola baja masuk kedalam logam pada beban tertentu. Makin keras logam makin dangkal masuknya kerucut atau bola baja.

Skala A dapat dipakai pada pengukuran kekerasan logam dari yang paling keras, dimana digunakan kecut intan sebagai indenter dengan beban 60 kg. Skala B dipakai pada pengukuran kekerasan logam yang lebih lunak dengan mempergunakan bola baja $\frac{1}{16}$ " dengan beban 100 kg. Skala C biasanya dipakai pada penggunaan kekerasan baja yang telah dikedaskan dan dipergunakan kerucut intan dan beban 150 kg. Skala-skala lainnya dipakai pada pengukuran kekerasan logam yang lunak. Metode pengujian kekerasan Rockwell banyak sekali dipakai di dalam industri. Hal ini disebabkan karena cepatnya pengukuran. Pada metode kekerasan Rockwell, angka kekerasan ditentukan oleh dalamnya bekas indenter yang dapat dibaca langsung dari alatnya. Metode Rocwell ini kurang teliti dibandingkan dengan metode Brinell dan Vickers.

Kombinasi kekerasan Rockwell ini dapat dilihat pada Tabel 2.1

Skala Kekerasan Rockwell	Kombinasi indentor dan beban	
	Indentor	Beban Utama (kg)
A	Kerucut intan	60
B	Bola baja $\phi = 1/16''$	100
C	Kerucut intan	150
D	Kerucut intan	100
E	Bola baja $\phi = 1/8''$	100
F	Bola baja $\phi = 1/16''$	60
G	Bola baja $\phi = 1/16''$	150
H	Bola baja $\phi = 1/8''$	60
K	Bola baja $\phi = 1/8''$	150

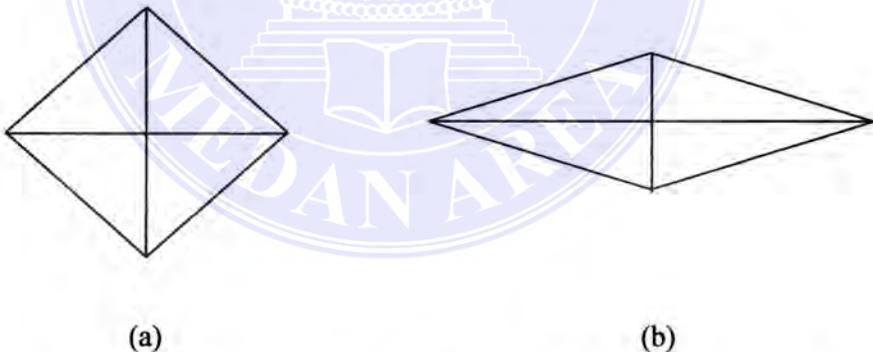
(4) Kekerasan Mikro

Kekerasan-kekerasan yang dijelaskan pada bagian-bagian sebelumnya, bekas indentornya mempunyai ukuran antara 0,5 sampai 2 mm. Berhubung dengan hal ini maka cara-cara tersebut tidak dapat dipakai untuk mengukur kekerasan pada bagian-bagian alat yang kecil, permukaan yang sempit, butir kristal atau struktur logam lainnya yang termasuk dalam kategori struktur mikro. Untuk keperluan ini Tukon telah membuat alat pengukur kekerasan yang dilengkapi dengan mikroskop dan cara pembebanan yang dapat dirubah-rubah dengan beban yang kecil, sehingga bekas indentor yang terjadi juga kecil.

Indentor yang dipergunakan adalah indentor piramid intan dari Vickers atau indentor intan dari Knoop. Bekas Indentor ini dapat dilihat pada Gambar 3.0. Perbandingan diagonal pada Vickers adalah 1:1 sedang Knoop adalah 1:7.

Cara melakukan pengukuran kekerasan mikro ini mula-mula ditentukan atau dicari lebih dahulu tempat atau butir kristal yang akan diukur kekerasannya dengan mikroskop yang telah disediakan dalam alat Tukon tersebut, baru kemudian indentor ditekan dengan beban yang telah dipilih sebelumnya.

Perhitungan kekerasan sama dengan perhitungan pada kekerasan Brinell dan Vickers yaitu beban dalam kg dibagi dengan luas bekas dalam mm^2 . Kekerasan yang didapat dengan indentor Vickers untuk kekerasan mikro ini disebut angka kekerasan piramid (AKP) dan bila dipergunakan indentor Knoop disebut dengan angka kekerasan Knoop (AKK).



Gambar 3.0a) Bekas indentor dari Vickers, (a) Bekas indentor dari Knoop

(5) Hubungan antara beberapa macam kekerasan

Hubungan antara kekerasan-kekerasan ini didapatkan secara empiris. Hubungan secara teoritis sukar untuk didapatkan karena masing-masing kekerasan penentunya memakai dasar yang berlain-lainan. Hubungan ini

biasanya ditabelkan dan diikut sertakan bersama alat-alat pengukur kekerasan. Beberapa harga kekerasan untuk beberapa jenis pengukuran kekerasan ditabelkan dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Hubungan antara beberapa kekerasan

Kekerasan Mohs	Kekerasan Skleroskop	Kekerasan Rockwell			Kekerasan Vickers	Kekerasan Brinell
		A	B	C		
8,0	79	80,5	-	58,7	667	627
7,5	73	78,4	-	54,7	591	555
7,0	64	74,3	-	47,2	474	444
6,5	54	70,6	-	40,4	396	375
6,0	45	66,3	-	32,1	319	302
5,5	37	62,5	-	24,2	261	248
5,0	28	57,0	91,0	-	195	192
4,5	23	49,5	80,0	-	151	149

Sumber: Smallman.1991

2.4. Klasifikasi Logam Ferous

Baja dan besi paling banyak banyak dipakai sebagai bahan dalam industri, karena sifat-sifatnya yang bervariasi. Baja dan besi ini mempunyai berbagai sifat, dari yang paling lunak dan mudah dibuat sampai yang paling keras. Dari unsur besi berbagai bentuk struktur logam dapat dibuat. Oleh karena itu baja dan besi ini disebut bahan yang kaya dengan sifat-sifatnya.

Baja adalah suatu logam campuran (paduan) antara Fe dengan karbon dengan persentase unsur karbon (C) maksimum 2 %. Selain karbon dalam baja terkandung unsur-unsur lain yaitu Si, Mn, dan unsur-unsur pengotor lainnya seperti P, S, dsb. Jika bahagian utama dari bahan campuran terdiri dari unsur C,

maka baja itu dinamakan baja karbon. Unsur karbon (C) adalah merupakan unsur paduan besi yang sangat penting. Dengan kandungan karbon (C) yang relatif masih rendah, sifat-sifat besi dapat berubah.

(1) Klasifikasi Baja karbon

- (a) Baja karbon rendah yaitu baja karbon yang dicampur dengan unsur-unsur lain seperti Ni, Cr, Mn, Va, dll dalam jumlah persentase yang terbatas, sekedar untuk memperbaiki sifat-sifat dari baja karbon tersebut. Baja karbon rendah mengandung karbon antara $(0,10 - 0,30)\% C$. Di dalam pemakaiannya baja karbon ini dibuat dalam bentuk plat-plat strip, plat-plat baja dan baja-baja ber-profil.
- (b) Baja karbon medium yaitu mengandung karbon antara $(0,30-0,60)\% C$. Baja karbon medium ini banyak digunakan untuk hal-hal sebagai berikut:
- (a) baja yang mengandung $0,40\% C$ digunakan untuk industri berat, misalnya bahan untuk membuat baut-baut, Crank-shaft, mur, connecting-rod, dan lain lain,(b) baja karbon medium yang $0,50\% C$ digunakan untuk membuat roda-roda gigi, martil, clamp, dan lain-lain. (c) baja karbon yang mengandung $(0,55-0,60)\% C$, digunakan untuk membuat pegas-pegas.
- (c) Baja Karbon Tinggi. Baja karbon tinggi ini mengandung karbon antara $(0,7-1,3) \% C$. Baja karbon ini banyak digunakan untuk pengerjaan yang menggunakan panas (heat treatment). Berdasarkan jumlah karbon maka baja ini, digunakan untuk hal-hal sebagai berikut : (a) baja karbon yang mengandung $0,95 \% C$ dipergunakan untuk keperluan membuat, pegas,

alat-alat perkakas, seperti parang, gergaji dan sebagainya, (b) baja karbon yang mengandung kira-kira (1,0-1,3)% C digunakan untuk pembuatan kikir, mata-mata gergaji, dan boll-bearing

2) Klasifikasi baja paduan

- (a) Baja paduan rendah adalah baja yang sedikit mengandung unsur paduan (dibawah 10%). Sedangkan baja paduan tinggi mengandung unsur paduan diatas 10%. baja paduan rendah dapat dikelompokkan menjadi : (1) baja paduan rendah kekuatan tinggi. (2) Baja paduan rendah biasa.
- (b) Baja Khusus. Baja khusus mempunyai unsur-unsur paduan yang tinggi dengan pemakaian yang khusus. Baja khusus dapat dikelompok menjadi :
- (a) Baja tahan karat, (b) baja tahan panas, (3) baja perkakas, dan (4) Baja listrik.

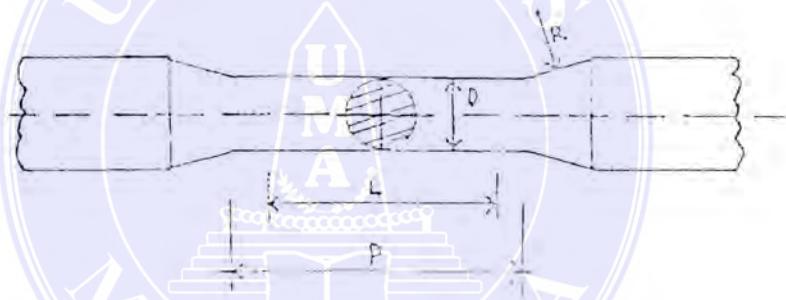
3) Besi Cor

Besi cor adalah paduan Fe yang mengandung C, Si, Mn, S, dan P, dengan persentase $C \geq 2\%$. Besi cor merupakan bahan yang sangat penting yang dipergunakan sebagai bahan coran lebih dari 80%. Struktur mikro dari besi cor terdiri dari ferit, pearlite, sementit, atau grafit. Besi cor dapat diklasifikasikan menjadi : (a) besi cor kelabu, (b) besi cor mutu tinggi, (c) besi cor kelabu paduan, (d) besi cor putih, (e) besi cor bergrafit bulat, (f) besi cor yang dapat ditempa, dan (g) besi cor cil.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Bahan Penelitian

Dalam penelitian ini sebagai bahan benda uji adalah baja karbon medium NS 1045, dengan komposisi kimia sebagai berikut : C = (0,48 ÷ 0,50)%; Mn = (0,60 ÷ 0,90) %; P = 0,04 %; dan S = 0,050%. Baja karbon ini diperoleh dalam bentuk baja batangan dengan diameter 3/4 inchi. Bahan baja karbon ini dimesin untuk membentuk benda uji tarik, uji kekerasan, dan uji metalografi. Gambar 3.1 adalah gambar benda uji untuk uji tarik dengan ukuran $D = 12,5$ mm, $L = 50$ mm, $P = 60$ mm dan $R = 5$ mm.



Gambar 3.1 Benda uji untuk uji tarik

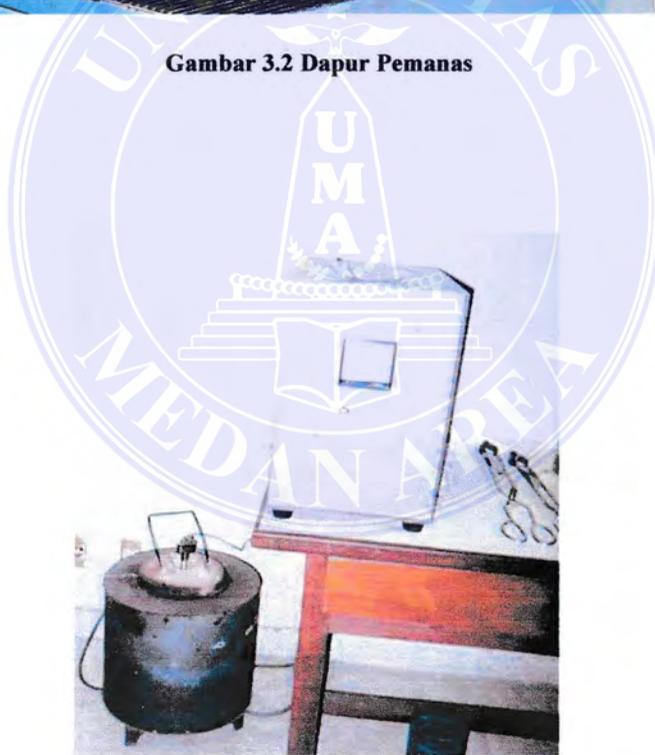
3.2. Alat-alat yang digunakan

(1) Untuk proses perlakuan panas adalah :

- (a) **Dapur pemanas.** Untuk memanaskan benda uji digunakan dapur pemanas listrik tabung pelindung benda uji dari korosi pada temperatur tinggi, tabung terbuat dari bahan seng.



Gambar 3.2 Dapur Pemanas



Gambar 3.3 Foto dapur pemanas yang di pakai

(2) Pengujian tarik. Untuk pengujian tarik digunakan mesin uji tarik jenis Universal testing machine Type MR5,10,20CT, seperti ditunjukkan pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Universal testing Machine



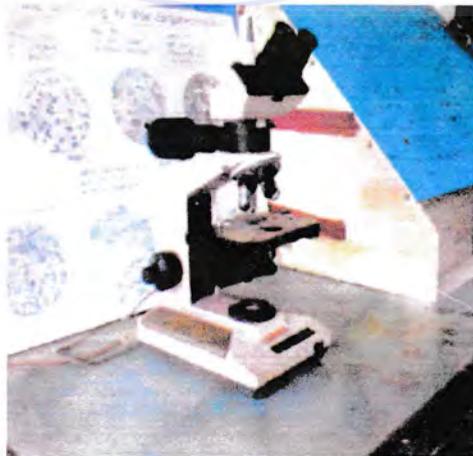
Gambar 3.5 proses pengeringan specimen dengan udara tekan



Gambar 3.6 proses pencelupan specimen

(3) Untuk uji struktur mikro diperlukan peralatan sebagai berikut :

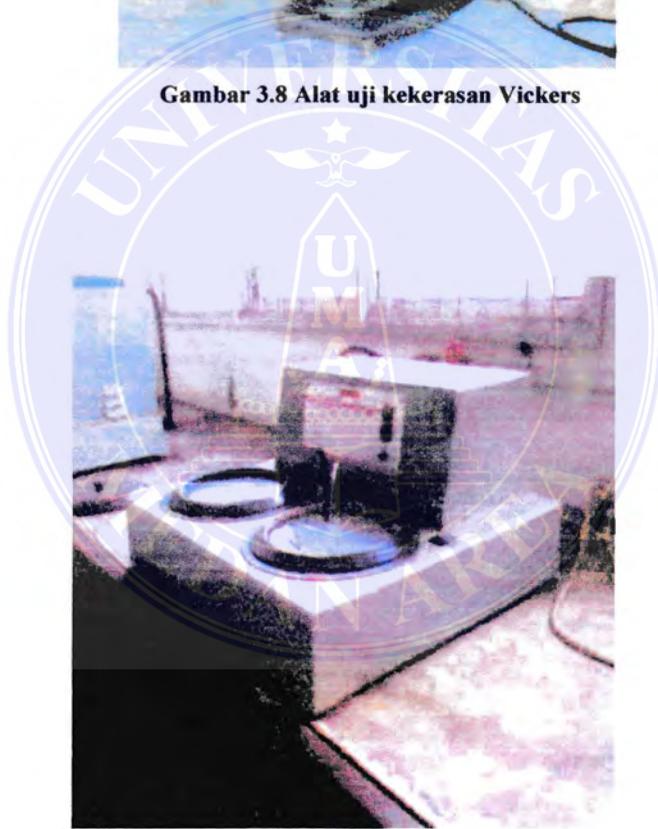
- (a) mikroskop optik.
- (b) Asam Nitrat HNO_3 dan alkohol (etsa),
- (c) Kertas amplas (poles).
- (d) Mesin polising.



Gambar 3.7 Mikroskop Optik



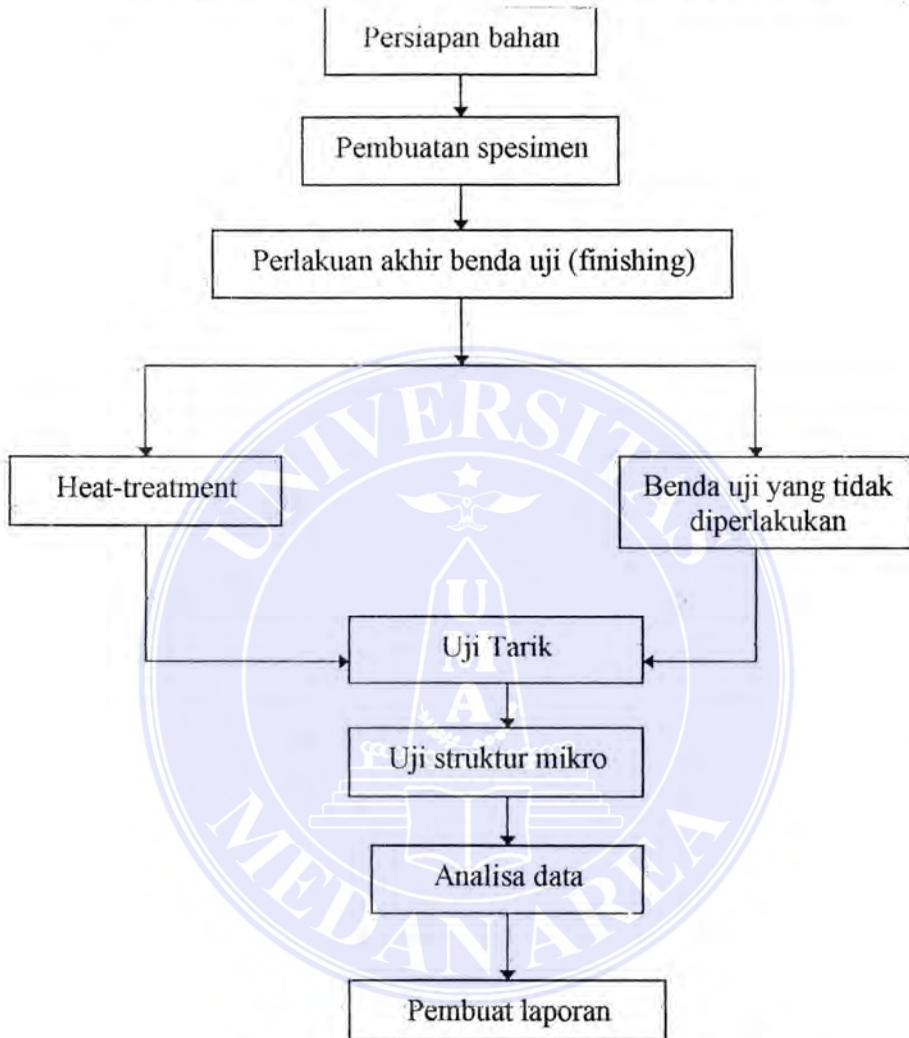
Gambar 3.8 Alat uji kekerasan Vickers



Gambar 3.9. Mesin poles

3.3. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dilakukan mengikuti diagram alir dibawah ini :



Gambar4.0 Diagram alir dari prosedur penelitian

(1) **Tahap persiapan.** Tahapan yang paling awal adalah penyediaan bahan penelitian. Bahan penelitian yaitu baja NS 1045 yang diperoleh dari distributor dalam bentuk baja batangan diameter $\frac{3}{4}$ "

- (2) **Pembuatan benda uji.** Benda uji (speciment) untuk pengujian tarik, pengujian mikro struktur, dan pengujian kekerasan, dibentuk dari baja batangan dengan menggunakan mesin bubut. Benda uji dibentuk sesuai dengan standard yang ada.
- (3) **Finising benda uji.** Sebelum dilakukan pengujian, benda uji yang telah dibentuk terlebih dahulu dihaluskan permukaannya hingga mengkilap. Pekerjaan penghalusan ini dengan menggunakan mesin polis.
- (4) **Uji struktur mikro.** Uji struktur mikro dilakukan untuk semua kelompok benda uji baik yang diperlakukan panas (normalisasi, pengerasan, dan temper) maupun yang tidak diperlakukan panas. Pengujian struktur mikro digunakan mikroskop optik, seperti diperlihatkan pada gambar 3.7. Benda uji untuk uji struktur terlebih dahulu dibentuk, kemudian dipoles permukaannya hingga mengkilap, dan selanjutnya di-etsa dengan bahan nital (campuran H_2SO_4 dengan alkohol) dan kemudian diambil fotonya.
- (5) **Pengujian Kekerasan.** Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode Vickers. Pengujian ini dilakukan dengan cara menekan indenter dari intan yang berbentuk priamid sebagai pengganti bola baja. Biasanya sudut antara permukaan-permukaan piramida yang saling berhadapan adalah 136° . Angka kekerasan Vickers (H_V). Didefenisikan sebagai beban dibagi luas permukaan lekukan. Pada prakteknya, luasan ini dihitung dari pengukuran panjang

diagonal bekas injakan indentor dengan bantuan mikroskop. Kekerasan Vickers dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

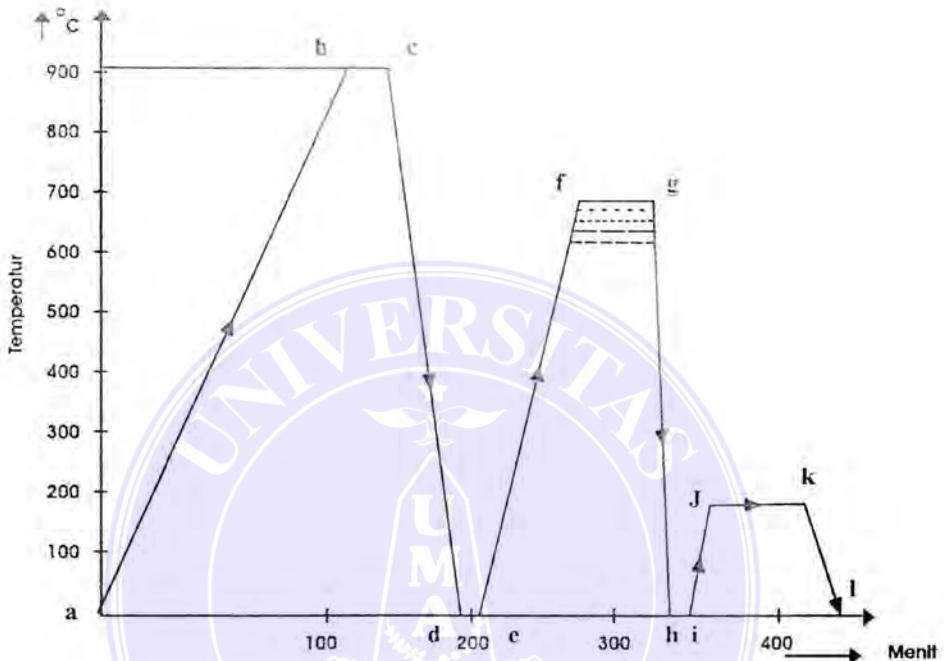
$$H_v = \frac{2P \sin \frac{\theta}{2}}{L^2} = \frac{2P \sin 68^\circ}{L^2} = \frac{1,854P}{L^2} \quad (2.3)$$

dimana : P = beban tekanan (kg)
 L = panjang rata-rata diagonal bekas indentasi (mm)
 θ = sudut antara dua permukaan piramid intan = 136°
 H_v = angka kekerasan Vickers

(6) Proses Perlakuan panas benda uji (heat-treatment). Pada penelitian ini perlakuan panas yang dilakukan adalah proses normalisasi (Normalization), pengerasan (*hardening*), dan selanjutnya diikuti dengan proses temper (*tempering*). Tujuan perlakuan panas ini adalah untuk membandingkan sifat-sifat baja yang telah mengalami perlakuan panas ini, selanjutnya dibandingkan dengan sifat-sifat baja asalnya. Jalannya perlakuan panas seperti pada dapat dilihat seperti gambar 4.1 di bawah ini.

- (a) Proses normalisasi (Normalization). Pada proses ini benda uji dipanaskan sampai 930°C (garis a-b pada gambar 4.1), dan ditahan selama 30 menit untuk mendapatkan temperatur yang merata dari lapisan luar hingga bahagian dalam (garis b-c). selanjutnya didinginkan di udara terbuka, (garis c-d).
- (b) Proses pengerasan (*hardening*). Pada proses ini benda uji dipanaskan hingga temperatur bervariasi 775°C , 800°C , 825°C , dan 850°C , (garis e-f). Jumlah variasi ini menunjukkan jumlah kelompok benda uji. Selanjutnya ditahan selama 45 menit untuk memperoleh temperatur yang merata di

seluruh penampang benda uji. (garis f-g). Selanjutnya dicelup ke dalam air (garis g-h).



Gambar 4.1 Kurva perlakuan panas

(c) Proses Temper (Tempering). Pada proses ini benda uji yang telah dikeraskan sebelumnya dipanaskan kembali hingga temperatur 150°C , (garis h-j) dan ditahan selama 45 menit untuk mendapatkan temperatur yang merata di seluruh penampang benda uji, (garis J-k). Selanjutnya didinginkan di udara terbuka, (garis k-l).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Pada bagian analisa-analisa sebelumnya, antara lain adalah analisa struktur mikro telah dijelaskan bahwa struktur mikro pada benda uji yang diperlakukan panas diperoleh struktur pearlit. Struktur ini merupakan struktur yang lebih ulet dibandingkan dengan struktur mikro benda uji yang tidak diperlakukan. Sedangkan pada analisa kekerasan Vickers, diperoleh kekerasan vickers yang paling tinggi pada benda uji yang diperlakukan panas. Selanjutnya pada analisa kekuatan tarik untuk kedua jenis material menunjukkan peningkatan keuletan yang cukup signifikan pada benda uji yang telah diperlakukan panas. Dengan demikian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- (a) Baja NS 1045 yang diperlakukan panas yaitu hardening pada temperatur 850 °C, yang diikuti dengan normalizing pada temperatur 600 °C, selanjutnya ditemper pada temperatur 400 °C, menghasilkan baja NS 1045 yang lebih keras, dan lebih ulet seperti terlihat pada table 4-1 & 4-2
- (b) Perubahan sifat-sifat mekanis baja NS 1045 yang cukup signifikan ini disebabkan oleh kandungan karbon yang dikandung baja tersebut cukup untuk membentuk struktur pearlit seperti terlihat pada Foto mikro graf.
- (c) Kandungan karbon pada baja NS 1045 berbanding lurus hardenabilitynya.

2. Saran-Saran

Dalam penelitian ini banyak kesulitan-kesulitan yang kami jumpai, antara lain peralatan yang digunakan, umumnya tidak dimiliki oleh program studi Teknik Mesin Fakultas Teknik UMA, sehingga pengujian harus dilakukan di PTKI. Oleh karena itu kesulitan-kesulitan selalu dijumpai dalam penelitian ini. Kesulitan-kesulitan yang dialami adalah dalam hal pengadaan benda uji (speciment). Dengan demikian pada kesempatan ini penulis menyarankan kepada peneliti lainnya yang ingin meneliti hal yang hampir sama yaitu :

- (a) Penelitian harus direncanakan dengan benar.
- (b) Sebelum melakukan pengujian-pengujian harus dikompirmasikan dengan jelas jadwal pemakaian alar-alat uji yang akan digunakan.
- (c) Pada pembuatan benda uji, harus diketahui dengan jelas, spesifikasi bahan penelitian yang digunakan, bentuk dan dimensi dari benda uji yang akan diuji (harus sesuai dengan standard yang ada)

DAFTAR PUSTAKA

1. Aken V.D., 2001, " Strength of Tempered Martensite", Inform., Trade & Industry, 12.
2. Dieter, E. G., 1988, " Metalurgi Mekanik," Erlangga, Jakarta.
3. Vlack, V., 1989, " Ilmu dan Teknologi Bahan," edidisi 5. Erlangga, Jakarta.
4. Smallman, R.E., 1991, " Metalurgi Fisik Moderen," edisi keempat, Gramedia, Jakarta.
5. Shachelford, J. F., 1992, " Introduction, of Material Science for Engineering," third edition, Macmilian Publishing Company, New York.
- 6 Amstead,B.H ; Phillip F; Begeman ; Myron L.1992,"Teknologi Mekanik," edisi ketujuh.penerbit erlangga Jakarta.