

# PENGARUH TEMPERING PADA BAJA St 37 YANG MENGALAMI KARBURASI DENGAN BAHAN PADAT TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO

Sasi Kirono, Azhari Amri  
Jurusan Mesin, Universitas Muhammadiyah Jakarta

**Abstrak:** Proses perlakuan panas yang diberikan pada St 37 pada penelitian ini ialah karburasi dengan bahan padat dengan temperatur 900°C selama 2 jam, dilanjutkan proses quenching dengan media oli setelah itu ditemper pada temperatur 150°C, 250°C, 300°C masing-masing selama 1jam. Kemudian dilakukan proses pengujian mekanis dan struktur mikro untuk mengetahui pengaruh perlakuan panas yang diberikan. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa material yang ditemper pada suhu 150°C memiliki nilai kekuatan tarik tertinggi ( $\sigma_u$ ) sebesar 598.53 N/mm<sup>2</sup> dan nilai kekerasan sebesar 294 HB, sedangkan temperatur tempering 250°C menghasilkan nilai kekuatan tarik terendah ( $\sigma_u$ ) yaitu 542.8 N/mm<sup>2</sup> serta nilai kekerasan sebesar 254.66 HB. Peningkatan mekanis juga dipengaruhi oleh kadar karbon dalam baja, baja yang mengandung unsur karbon lebih banyak menghasilkan sifat mekanis lebih tinggi. Dari hasil pengamatan metalografi masing-masing benda uji terlihat struktur –struktur ferit, pearlit dan martensit.

Kata kunci : struktur mikro, baja st 37

## PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan industri pada saat sekarang ini khususnya industri permesinan ikut memacu perkembangan teknologi pembuatan material dasar seperti baja. Mengingat kondisi tersebut, dibutuhkan sifat-sifat mekanis yang memadai, sehingga umur pakainya dapat ditingkatkan. Untuk mengatasi hal tersebut, biasanya komponen permesinan dilakukan proses perlakuan panas.

Baja St 37 yang setara dengan AISI 1045 dengan komposisi kimia 0.5% C, 0.8% Mn, dan 0.3% Si, adalah salah satu baja yang dihasilkan untuk pembuatan berbagai komponen permesinan. Untuk memperbaiki sifat-sifat mekanis pada baja St 37 maka diberlakukan proses perlakuan panas, dengan cara pengerasan permukaan (*Carburizing*).

Salah satu proses pengerasan permukaan adalah karburasi padat, yang bertujuan meningkatkan kadar karbon (C) dilapisan permukaan baja sehingga didapatkan kekerasan permukaan kekerasan yang lebih besar dari bagian dalamnya. Proses karburasi padat dapat menghasilkan perbaikan sifat-sifat mekanis komponen permesinan antara lain :

1. Peningkatan kekerasan permukaan.
2. Peningkatan ketahanan aus terhadap permukaan kontak.

## LANDASAN TEORI

Baja merupakan paduan, yang terdiri dari besi, karbon dan unsur lainnya. Baja dapat dibentuk melalui pengecoran, pencanaihan atau penempaan. Karena penggunaannya sangat luas maka berbagai pihak sering mengklasifikasikan baja antara lain menurut cara pembuatannya, penggunaannya, kekuatannya, menurut struktur mikronya dan menurut komposisi kimianya. Menurut komposisi kimianya baja dapat dibagi menjadi dua kelompok besar yaitu baja karbon dan baja paduan.

Baja karbon juga mengandung unsur lain selain besi dan karbon, seperti mangan, silikon, dan unsur-unsur lainnya seperti fosfor dan sulfur.

Secara garis besar baja karbon dapat dikelompokkan sebagai berikut :

1. Baja karbon rendah : Kadar karbon (C) < 0.30%
2. Baja karbon sedang : Kadar karbon (C) < 0.30 – 0.70 %
3. Baja karbon tinggi : Kadar karbon (C) < 0.70 – 1.40%

Baja paduan adalah baja yang dibentuk sesuai dengan tujuan yang diinginkan untuk meningkatkan sifat-sifat mekanik ataupun sifat dasar pada baja tersebut yang disesuaikan dengan unsur dasar pada baja tersebut. Pada baja paduan ini terbagi menjadi 2 jenis, yakni: Baja paduan rendah (unsur paduan khusus < 8.0 %), Baja paduan tinggi ( unsur paduan khusus > 8.0 %).

### **Karakteristik Baja St 37 (AISI 1045)**

Baja St 37 adalah baja karbon sedang yang setara dengan AISI 1045, dengan komposisi kimia Karbon : 0.5 %, Mangan : 0.8 %, Silikon : 0.3 % ditambah unsure lainnya. Dengan kekerasan  $\pm 170$  HB dan kekuatan tarik 650 - 800 N/mm<sup>2</sup>. Secara umum baja St 37 dapat digunakan langsung tanpa mengalami perlakuan panas, kecuali jika diperlukan pemakaian khusus.

### **Proses Pengerasan**

Proses pengerasan (Hardening) dilakukan pada logam, agar logam tersebut mendapatkan kekerasan yang lebih tinggi. Pengerasan merupakan salah satu proses perlakuan panas, dimana baja dipanaskan pada suhu tertentu di atas temperatur kritis (Ae<sub>3</sub>) dan kemudian ditahan sampai beberapa lama. Kemudian dicelup ke dalam air, minyak atau air larutan garam tergantung pada tipe baja tersebut.

Untuk baja Hypoeutektoid pemanasan dilakukan pada 300C - 500C diatas garis Ae<sub>3</sub> pada baja ini struktur mikronya adalah Ferrite + Pearlite berubah menjadi struktur Austenite. Sedangkan baja Hypereutektoid bila dipanaskan pada suhu 300C - 500C diatas garis Ae<sub>1</sub>, maka strukturnya Pearlite. Pada gambar 2.1. terlihat diagram pendinginan untuk baja Hypoeutektoid, dan dari diagram pendinginan tersebut dapat dilihat pengaruh kecepatan pendinginan serta struktur mikro yang terbentuk dari variasi kecepatan pendinginan yang diberikan.

Pada dasarnya diagram pendinginan isothermal dapat berubah letaknya sesuai dengan komposisi dari karbon. Semakin besar komposisi karbon maka hidung kurvanya akan menjauhi sumbu Y, dan semakin memberikan kesempatan pada material untuk bertransformasi dengan sempurna ke struktur yang diharapkan, seperti struktur Martensite, yang pada diagram IT untuk baja karbon Hypoeutektoid, waktu yang ada sangat sempit untuk dapat membentuk struktur Martensite pada proses pendinginan cepatnya.

### **Terjadinya Pengerasan Lapisan Permukaan**

Proses pengerasan lapisan permukaan baja dilakukan dengan cara menjenuhkan permukaan baja dengan karbon atau dengan unsur lainnya seperti pada gambar 2.2. Pada saat itu baja menyerap unsur yang dijenuhkan tadi sehingga mengubah kadar karbon yang terjadi pada permukaan baja tersebut.

Penetrasi lebih dalam akan tergantung kemampuan unsur ini membentuk larutan padat dengan baja. Unsur-unsur yang akan dilakukan dalam industri pada saat ini untuk pengerasan lapisan permukaan adalah karbon, nitrogen, silikon dan alumunium yang dapat membentuk larutan padat.

Naiknya temperatur pada pengerasan lapisan mempengaruhi struktur baja secara terbalik. Pada temperatur tinggi struktur baja di bagian dalam rusak. Pada perlakuan pengerasan lapisan permukaan pada suhu tinggi memberikan perbedaan yang besar pada distribusi karbon pada lapisan difusi. Dengan naiknya temperatur tidak hanya kecepatan difusi dari elemen baja naik, tetapi juga kecepatan unsur ini ditransfer dari media sekitar ke permukaan baja naik dengan lebih cepat. Dengan kata lain jumlah atom yang terabsorpsi pada permukaan benda lebih besar daripada yang dapat berdifusi ke dalam baja, sehingga konsentrasi atom yang sangat tinggi mengarah pada paduan kimia (karbida, nitrida, dst) yang menyebabkan kerapuhan pada lapisan permukaan.

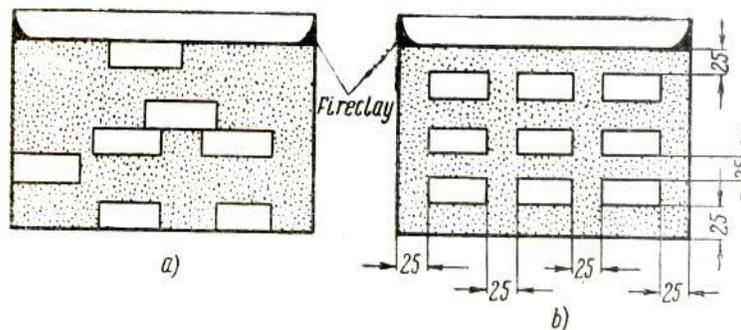
### **Karburasi (Carburizing)**

Karburasi adalah proses pengkayaan lapisan benda kerja dengan karbon melalui perlakuan termokimia. Umumnya diterapkan pada jenis baja yang mengandung kadar 0.2% C atau lebih rendah lagi. Perlakuan karburasi terhadap baja dapat meningkatkan sifat-sifat mekanis baja seperti meningkatkan ketahanan aus karena permukaan benda kerja tinggi.

Pada proses karburasi padat harus diatur sehingga didapat kadar karbon pada lapisan permukaan benda antara 0.8 % - 0.9 %, dalam kasus lain tidak lebih dari 1 % kadar karbon, lebih tinggi dari 1 % tidak diinginkan, karena dengan kadar karbon yang relatif tinggi lapisan permukaan sangat rapuh karena terbentuknya jaringan sementit.

Penempatan benda memerlukan perhatian untuk memastikan campuran yang digunakan cukup memberi karbon yang diperlukan, dimana permukaan dari komponen dipisahkan oleh campuran karburisasi dan tidak ada komponen bersinggungan dengan sisi kotak seperti pada gambar 1.

Jarak antara komponen bahan yang dikarburisasi tidak kurang dari 20 mm sampai 25 mm sama seperti dengan dinding kotaknya. Setelah pemasukan selesai dan media karburisasi sedikit dipadatkan, kotak ditutup dan semua bagian yang terbuka direkat dengan tanah liat atau clay. Ini untuk mencegah penetrasi udara ke dalam kotak atau media karburisasi akan terbakar selama pemanasan dan benda akan teroksidasi. Kotak kemudian dimasukkan ke dapur pemanas dan dipanaskan hingga temperatur 8600C sampai 9200C. Suhu ditahan pada suhu karburisasi selama beberapa jam untuk mendapatkan lapisan yang dikehendaki.

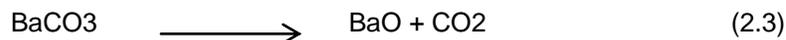


**Gambar 1. Penampang Kotak Karburisasi**  
**a). Penempatan benda salah b). Penempatan benda benar**

Selama pemanasan dalam kotak karburisasi terbentuk dua gas yaitu karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan karbon monoksida (CO). Gas-gas ini pertama-tama didapat sebagai oksidasi dari karbon karburiser oleh oksigen yang ada pada rongga dari campuran karburisasi. Proses ini bisa dinyatakan sebagai berikut



Sumber karbon dioksida yang lain adalah barium, kalsium, natrium karbonat yang ditambahkan pada media karburisasi karena transport dengan mengandalkan gas dalam kotak sering kali tidak memadai. Zat di atas berfungsi sebagai energizer yang berdekomposisi selama pemanasan.

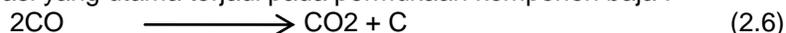


Dengan adanya media karburisasi kesetimbangan terjadi antara 2 gas CO dan CO<sub>2</sub>



Pada suhu 9000C yang biasanya merupakan temperatur karburisasi kesetimbangan yang ada sekitar 96% CO dan 4% CO<sub>2</sub>. Pada temperatur 9000C kesetimbangan gas-gas yang ada akan memberikan konsentrasi karbon pada permukaan baja antar 0.7% - 1.2%. Jika kandungan CO<sub>2</sub> turun hingga 2% akan terbentuk Fe<sub>3</sub>C dan sebaliknya juga karena suatu sebab kandungan CO<sub>2</sub> naik, kandungan karbon pada permukaan akan turun. Sebagai contoh pada 9000C, 6% CO<sub>2</sub> menghasilkan sekitar 0.7% C dan 14% CO<sub>2</sub> menghasilkan sekitar 0.3% C.

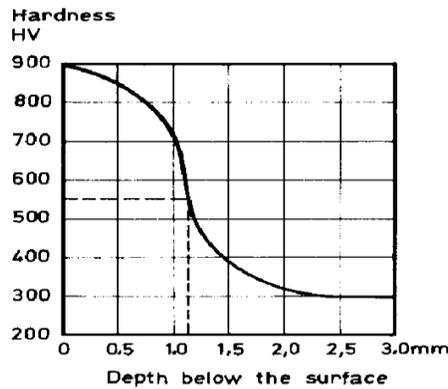
Reaksi karburisasi yang utama terjadi pada permukaan komponen baja :



Pada karburisasi padat media harus dalam bentuk padat, dan praktis semua bentuk material karbon padat bisa digunakan atau dicoba. Komponen utama dari karburisasi adalah batu bara, lebih baik lagi arang, karena batu bara bitumen tidak cocok sebab kandungan sulfurnya. Dalam beberapa campuran karburisasi arang digantikan batu bara. Tetapi campuran karburisasi yang terdiri dari arang saja atau kokas saja menghasilkan efek karburisasi yang lemah. Untuk meningkatkan satu atau lebih campuran kimia ditambahkan pada campuran karburisasi yang berfungsi sebagai energizer. Energizer bisa terdiri dari barium, kalsium, natrium karbonat. Fungsinya adalah menghasilkan CO<sub>2</sub> yang bereaksi dengan karbon untuk meningkatkan konsentrasi CO. Tabel 2.1. memberikan komposisi dari campuran karburisasi yang sering digunakan dalam praktek.

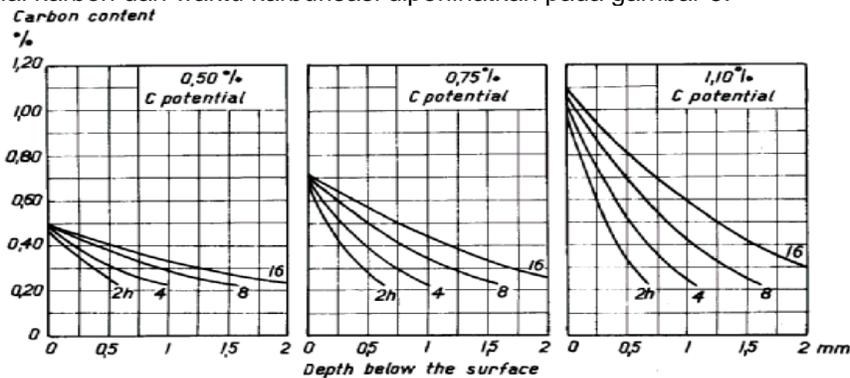
Kotak karburisasi harus ditempatkan dalam dapur dengan suhu 7000C dan perlahan-lahan dinaikkan sampai suhu karburisasi. Dalam praktek waktu pemanasan adalah tertentu untuk masing-masing kotak, kira-kira dapat diasumsikan bahwa setiap tebal atau tinggi 70 mm dari kotak memerlukan sekitar 2 jam pemanasan. Kotak ditahan pada temperatur karburisasi selama waktu yang tergantung pada kedalaman karburisasi yang diperlukan. Diharapkan dapat dihasilkan kedalaman 0.1 mm dengan menahannya pada temperatur karburisasi selama 1 jam.

Kedalaman karburisasi berarti jarak di bawah permukaan sampai konsentrasi karbon tertentu atau dapat juga berarti kedalaman total penetrasi karbon. Kedalaman karburisasi selain dipengaruhi oleh temperatur dan waktu juga tergantung pada potensial karbon dari media karburisasi serta komposisi baja, gambar 2.



**Gambar 2. Diagram kekerasan baja yang diberi pengalapsan permukaan. Kedalaman pengerasan lapisan permukaan dalam grafik adalah 1,15 mm.**

Di dalam komposisi baja yang dikarburisasi, potensial karbon atmosfer lebih tinggi dari potensial karbon permukaan baja. Bila potensial karbon pada atmosfer lebih rendah dari potensial karbon pada permukaan baja, maka karbon akan ditransfer dari baja. Potensial karbon didefinisikan sebagai kandungan karbon foil baja jika keadaan setimbang terjadi antara potensial karbon media karburisasi dengan kandungan karbon foil. Ketergantungan kedalaman karburisasi pada potensial karbon dan waktu karburisasi diperlihatkan pada gambar 5.



**Gambar 3. Profil kadar karbon dari lapisan karburisasi vs potensial karbon dan lamanya waktu karburisasi untuk plain carbon steel pada 9000C.**

### Perlakuan Panas Setelah Pencelupan

Sesudah karburisasi biasanya dilakukan heat treatment (perlakuan panas). Ini diperlukan karena alasan berikut. Pertama, jika baja berstruktur butir kasar sehingga bagian intinya akan juga berstruktur kasar akibat lama ditahan pada suhu tinggi dan harus diperbaiki. Kedua, sering terdapat jaringan sementit yang memberikan kerapuhan yang harus dihindari. Ketiga, benda karburisasi diharapkan mempunyai ketahanan gesek dan kekuatan impact sebesar mungkin.

### Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik atau kekuatan tarik maksimum (Ultimate Tensile Strength), adalah beban maksimum berbanding terbalik dengan luas penampang lintang awal benda uji.

$$s = \frac{P_{maks}}{A_0}$$

Dimana :

- su = Kekuatan tarik maksimum (N/mm<sup>2</sup>)
- A0 = Luas penampang awal lintang benda uji (mm<sup>2</sup>)
- s = Tegangan tarik maksimum (N)

Untuk logam-logam yang liat kekuatan tariknya harus dikaitkan dengan beban maksimum, dimana logam dapat menahan beban sesumbu untuk keadaan yang sangat terbatas. Akan ditunjukkan bahwa nilai tersebut kaitannya dengan nilai logam kecil sekali kegunaannya untuk tegangan yang lebih kompleks, yakni yang biasanya sering ditemui. Untuk beberapa lama telah menjadi kebiasaan mendasar kekuatan struktur pada kekuatan tarik, dikurangi dengan faktor keamanan.

### Pengukuran Batas Luluh (Yielding)

Tegangan dimana Deformasi Plastik mulai teramati tergantung kepada kepekaan pengukuran regangan. Dimana bahan mengalami perubahan sifat dari elastik menjadi plastik yang berlangsung sedikit demi sedikit, dan titik dimana deformasi plastik mulai terjadi dan sukar ditentukan secara teliti.

Kekuatan Luluh adalah tegangan yang dibutuhkan untuk menghasilkan sejumlah kecil deformasi plastis yang ditetapkan. Definisi yang sering digunakan adalah kekuatan luluh offset ditentukan oleh tegangan yang berkaitan dengan perpotongan antara tegangan regangan dengan garis yang sejajar dengan elastis offset kurva oleh regangan tertentu. Di Amerika offset biasanya ditentukan sebagai regangan 0.2 atau 0.2% (e = 0.002 atau 0.001).

### Pengukuran Keuletan (Keuletan)

Cara yang biasa digunakan untuk pengukuran keuletan yang diperoleh dari uji tarik adalah regangan pada saat patah (ef) dan pengukuran luas pada patahan (q). Kedua sifat ini didapatkan setelah terjadi patah, dengan menaruh benda uji kembali dan mengukur panjang setelah patah dan luas penampang setelah patah.

$$\epsilon_f = \frac{L_f - L_0}{L_0} \times 100\%$$

Dimana :

- Lf = Panjang spesimen setelah putus (mm)
- L0 = Panjang spesimen awal (mm)
- εf = Regangan maksimum (%)

Bahan yang ulet biasanya mempunyai penyusutan penampang yang besar sebelum patah, perpanjangan merupakan ukuran regangan plastik sedangkan penyusutan penampang merupakan ukuran susut plastik. Dan bahan yang ulet biasanya mempunyai nilai yang tinggi untuk kedua besaran dan bahan yang getas nilainya mendekati nol.

## **Kekerasan**

Kekerasan adalah sifat ketahanan bahan terhadap deformasi plastis karena pembebanan setempat pada permukaan berupa penekanan atau goresan.

Penentuan kekerasan dengan beban penekanan ialah pengukuran yang dilakukan oleh :

- a. Brinell
- b. Vickers
- c. Rockwell

Ketiga proses ini dapat dilakukan pada satu pesawat, perbedaannya adalah sistim percobaan dan peralatannya yang dapat ditukar-tukar. Dan hasil dari ketiga percobaan ini tidak jauh berbeda.

## **METODE PENELITIAN**

Tahap awal dari pelaksanaan pengujian adalah persiapan benda yang akan diuji. Jenis benda yang akan diuji adalah baja St 37 dengan panjang 200 mm dan diameter 14 mm. Benda yang akan diuji diberi penandaan terlebih dahulu sesuai dengan tiap kondisi tempering setelah proses karburasi. Penandaan terdiri dari karburasi temper 150oC, karburasi temper 250oC, karburasi temper 300oC dengan waktu tetap yaitu 60 menit. Masing-masing terdiri dari 3 buah benda uji. Untuk mempermudah dalam proses penelitian maka perlu adanya diagram alir (Flow Chart) pengujian yang terdapat pada gambar 6.

### **Prosedur Pengujian Kekerasan**

Uji kekerasan dilakukan untuk mengetahui perubahan distribusi kekerasan lapisan karburasi dari suatu material, hingga dapat diperkirakan akan tahan aus, ketahanan terhadap tekanan dan goresan akibat pengaruh perlakuan panas serta variasi pendinginannya terhadap nilai kekerasan dari spesimen asli yang diuji. Pada penelitian ini digunakan alat uji kekerasan Multitester Hardness Equotip dan nilai kekerasan yang digunakan adalah Brinell Hardness Number (BHN). Untuk setiap spesimen dilakukan uji kekerasan hal ini dilakukan untuk lebih mengoptimalkan nilai rata-rata dari kekerasan material tersebut. Material asli yang dipakai untuk uji kekerasan merupakan seluruh spesimen yang akan dikenakan perlakuan panas.

### **Prosedur Pengujian Tarik**

Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis bahan yang meliputi kekuatan tarik, kekuatan luluh, perpanjangan total, bahan atau material. Pengujian tarik dilakukan dengan menggunakan mesin uji tarik dengan beban tarik maksimum 30.000 Kgf. Untuk satu jenis spesimen dan 3 macam variasi perlakuan, yaitu 3 x 3 (jumlah variasi perlakuan) = 9 spesimen uji tarik. Sedangkan alat yang digunakan Universal Testing Machines.

Pengujian tarik dilakukan dengan penambahan beban secara perlahan-lahan. Mula-mula akan terjadi pertambahan panjang yang sebanding dengan penambahan gaya yang bekerja.

Keseimbangan ini berlangsung terus sampai beban mencapai batas titik perbandingan. Setelah itu pertambahan panjang yang terjadi sebagai akibat penambahan beban tidak lagi berbanding lurus, pertambahan beban yang sama akan menghasilkan pertambahan panjang tanpa ada penambahan beban, batang uji bertambah panjang dengan sendirinya. Hal ini dikatakan mengalami "Yield (luluh)". Keadaan ini terus berlangsung sampai terjadi penambahan panjang lagi (tidak proporsional lagi) hingga ketempat maksimum sampai akhirnya batang uji putus.

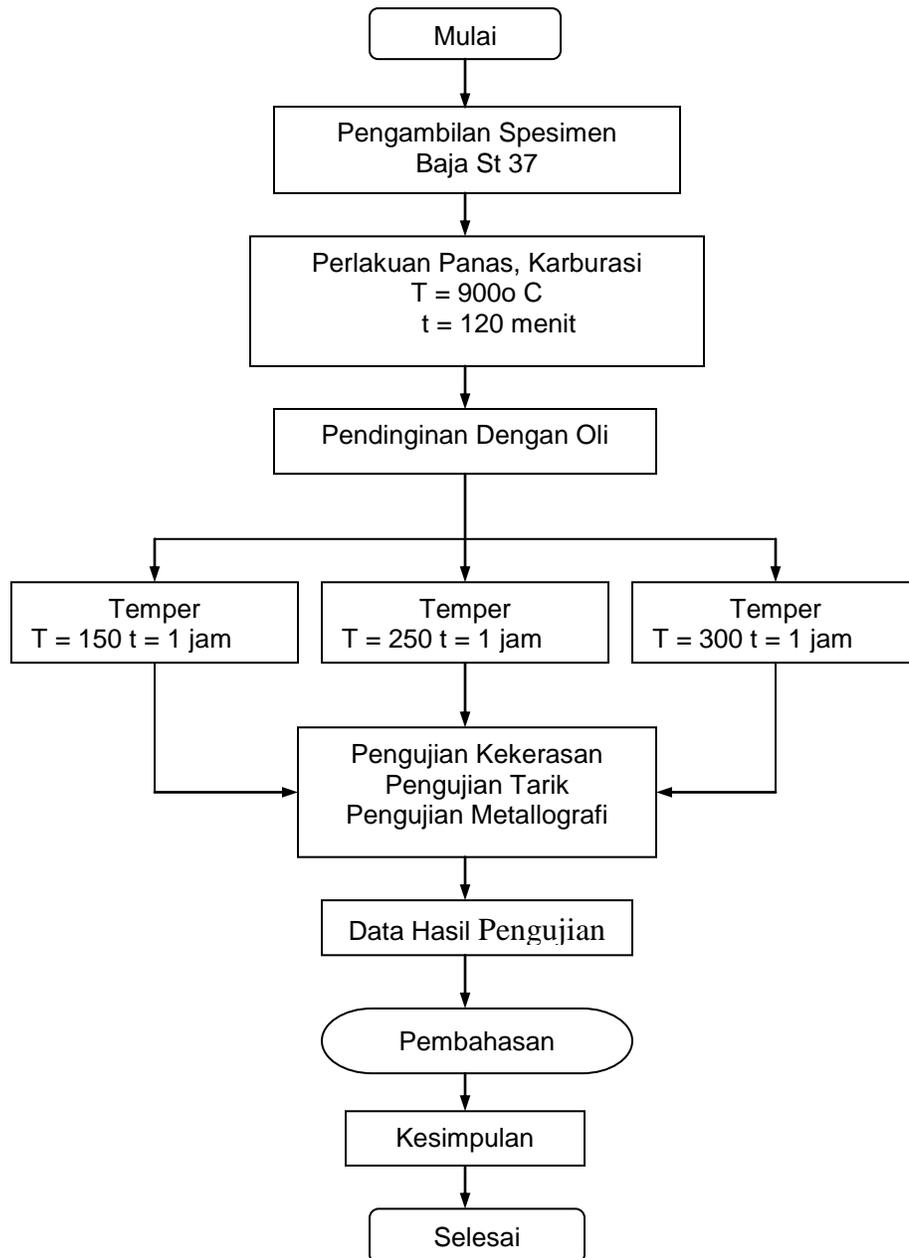
### **Pengujian Metallografi**

Tujuan dari pengujian metallografi adalah untuk mempelajari dan mengidentifikasi keadaan struktur dari suatu bahan logam, penyimpangan struktur dari suatu bahan logam setelah dilakukan proses Heat Treatment, proses pendinginan dan variasi temperatur pada proses temper, dengan cara pengamatan terhadap jenis dan bentuk struktur mikro yang terjadi. Alat uji yang digunakan pada penelitian ini adalah Metallurgical Microscope dengan kapasitas magnifican 10-800 X.

## DATA DAN ANALISA PENGUJIAN

Dari pengujian tarik yang telah dilakukan, diperoleh hasil-hasil pengujian seperti gaya maksimum, gaya pada saat luluh, pertambahan panjang dan lainnya. Untuk melihat kekuatan masing-masing benda uji, maka dilakukan perhitungan-perhitungan yang sesuai dengan data dan rumus yang ada. Dari hasil pengujian tersebut diolah untuk mendapatkan sifat mekanis dari pengujian tarik setiap benda uji, seperti kekuatan tarik, kekuatan luluh, dan regangannya.

### DIAGRAM ALIR PENELITIAN



Gambar 4. Diagram Alir Pengujian

#### Perhitungan Hasil Uji Tarik

a. Kekuatan Tarik didapat berdasarkan perhitungan berikut ini, untuk benda uji pertama pada temperatur tempering 150o C diperoleh :

Keterangan : Diameter benda uji 14 mm

$$\sigma_u = \frac{F_u}{A_o} = \frac{98100 \text{ N}}{153.9 \text{ mm}^2} = 637.42 \text{ N/mm}^2$$

b. Kekuatan Luluh didapat berdasarkan perhitungan berikut ini, untuk benda uji pertama pada temperatur tempering 150oC diperoleh :

$$\sigma_y = \frac{F_y}{A_o} = \frac{85347 \text{ N}}{153.9 \text{ mm}^2} = 554.56 \text{ N/mm}^2$$

c. Elongasi adalah rasio antara penambahan panjang setelah patah dengan panjang awal. Untuk benda uji pertama pada temperatur tempering 150oC diperoleh :

$$\epsilon_f = \frac{L_f - L_o}{L_o} \times 100 \% = \frac{113 - 112}{80} \times 100 \% = 0.89 \%$$

Untuk data selanjutnya, dapat dilihat pada table 1.

### Data Hasil Uji Kekerasan

Pengujian ini dilakukan dengan metode Brinell. Alat yang digunakan dalam pengujian ini adalah Multitester Hardness Equotip. Penjejukan dimulai dari benda uji dengan pendinginan media oli dilanjutkan temper 150oC, 250oC, 300oC. Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada table 1.

**Tabel 1. Perhitungan Hasil Rata – Rata Pengujian Mekanis**

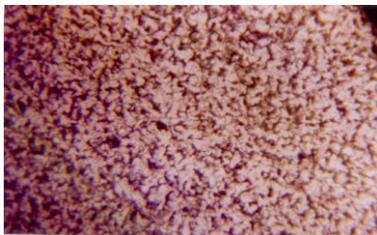
Benda Uji	$\sigma_y$ rata-rata (N/mm <sup>2</sup> )	$\sigma_{max}$ rata-rata (N/mm <sup>2</sup> )	$\Sigma$ rata-rata (%)	Kekerasan (HB)
Sampel Awal	522.17	701.17	-	192
Temper 150o	427.49	598.53	8.03	294
Temper 250o	389.25	542.8	13.38	254.66
Temper 300oC	351.55	597.05	13.68	262.33

### Struktur Mikro Hasil Pengujian Metallografi

Pengambilan gambar baja St 37 dilakukan dengan pembesaran 200X dan 400X Berikut ini diperlihatkan foto-foto hasil pengamatan metallografi dengan mikroskopik, hasil foto sebelum proses karburasi dan sesudah proses karburasi berupa penyebaran bentuk struktur mikro logam.

### Analisa Kekuatan Tarik

Pada umumnya karburasi padat diterapkan pada bahan uji karbon rendah yang mengandung kadar 0.2% C atau lebih rendah lagi. Dimana setelah proses karburasi didapatkan kadar karbon pada lapisan permukaan benda antara 0.8% - 0.9% C dan tidak lebih dari 1% C. Karena dengan kadar karbon yang relatif tinggi lapisan permukaan menjadi sangat rapuh. Pada Gambar 4.3 dapat dilihat perbedaan kekuatan tarik masing-masing temperatur tempering, kekuatan tarik terendah terjadi pada benda uji yang mengalami temperatur tempering 250oC, yaitu dengan harga  $\sigma_u = 592.8$  (N/mm<sup>2</sup>). Sedangkan kekuatan tarik tertinggi terjadi pada benda uji pada temperatur tempering 150oC, yaitu  $\sigma_u = 598.53$  N/mm<sup>2</sup>.



200

192 BHN



400 X

192 BHN

**Gambar 5. Struktur Mikro baja St 37 tanpa proses karburasi pembesaran 200 X dan 400 X, ferit dan perlit.**



**Gambar 6. Struktur mikro baja St 37 dengan proses karburasi pada temperatur 900oC dengan waktu tahan 2 jam dan proses tempering pada temperatur 150oC, martensit.**

### Analisa Regangan

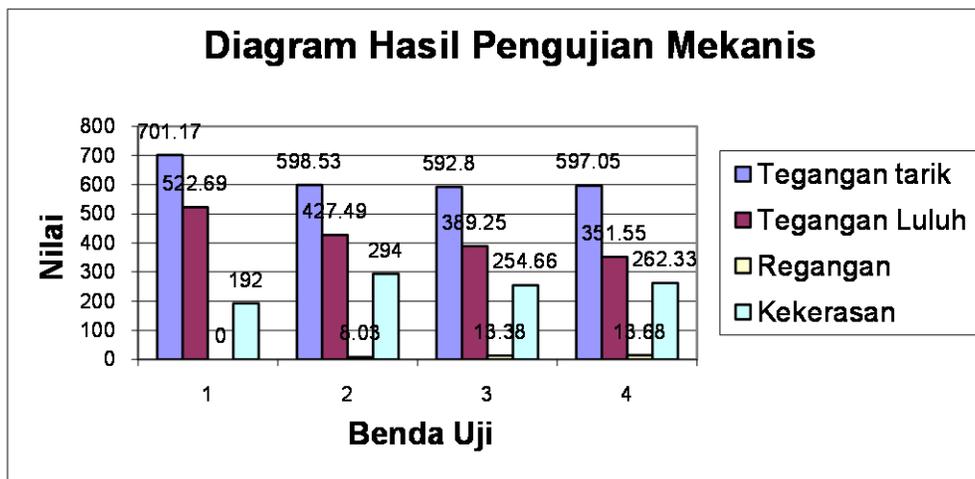
Pada gambar 4.3. kita bisa melihat perbedaan nilai regangan masing-masing variasi temperatur temper. Nilai regangan (elongasi) tertinggi terjadi pada benda uji yang mengalami proses tempering pada temperatur 300oC, dengan nilai  $\epsilon = 13.68 \%$ .

Sedangkan nilai regangan terendah terjadi pada benda uji yang mengalami proses tempering pada temperatur 150oC, yaitu dengan nilai yang sama rata  $\epsilon = 8.03 \%$ . Perlakuan panas juga mempengaruhi elastisitas bahan, semakin lunak bahan maka semakin besar nilai elongasinya, begitu juga semakin getas bahan maka nilai elongasinya semakin kecil.

### Analisa Nilai Kekerasan

Proses karburisasi yang diberikan terhadap benda uji mempengaruhi nilai kekerasan dari baja tersebut. Nilai kekerasan material merupakan fungsi kandungan karbon, temperatur dan waktu tahan suhu austenisasi. Proses karburisasi menghasilkan peningkatan nilai kekerasan yang cukup tinggi.

Dapat dilihat pada gambar 4.3, nilai kekerasan tertinggi pada benda uji atau material yang mengalami proses penemperan temperatur 150o C, yaitu dengan BHN 294. Sedangkan nilai kekerasan terendah terjadi pada benda uji yang mengalami temper 250oC, yaitu dengan BHN



254.66.

**Gambar 7. Diagram Balok Hubungan antara Temperatur tempering terhadap Tegangan Tarik, Tegangan Luluh, Regangan, Kekerasan.**

Keterangan gambar 4.3 :

- No.1. Sampel Awal
- No.2. Tempering 150° C
- No.3. Tempering 250° C
- No.4. Tempering 300° C

Analisa Struktur Mikro

Dari pengamatan terhadap struktur mikro untuk sample awal (gambar 4.1) struktur mikro yang terbentuk adalah ferit dan perlit. Sedang untuk benda uji proses karburasi dengan suhu penemperan 150oC, 250oC dan 300oC (gambar 4.2) struktur mikro yang terbentuk adalah martensit, yang terlihat berbentuk warna gelap.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa yang dilakukan terhadap hasil penelitian proses karburasi padat pada baja ST 37, maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu tegangan tarik maksimum dan tegangan yield maksimum terdapat pada benda uji yang mengalami temper 150oC, yaitu  $\sigma_u = 598.53 \text{ N/mm}^2$  dan  $\sigma_y = 427.49 \text{ N/mm}^2$ . Sedangkan regangan maksimum terdapat pada logam atau benda uji yang mengalami proses temper 300oC, yaitu  $\epsilon = 13.68 \%$ . Sifat kekerasan meningkat setelah proses karburasi, karena bertambahnya komposisi karbon dalam material. Disini terlihat bahwa kekerasan sebelum karburasi adalah 192 BHN. Kekerasan maksimum terdapat pada logam atau benda uji yang mengalami proses temper 150oC, yaitu HB = 294.

Untuk hasil pengujian metallografi masing-masing struktur mikro yang terbentuk adalah Martensite.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amstead B.H./ Sriatie Djaprie**, *“Teknologi Mekanik”*, Edisi ketujuh, Jilid I, Erlangga, Jakarta, 1997
- Dieter.G.E.** *“Metalurgi Las”*, Gramedia Pustaka, Jakarta 1989
- Dieter. G.E.** *“Metalurgi Mekanik”*, penerjemah Sriati Djaprie, Edisi ketiga, Jilid I, Erlangga, Jakarta, 1987
- Prof. Ir. Tata Surdia MS. Met.E. / Prof. Dr.Shinroku Saito.** *“Pengetahuan bahan teknik”*, edisi V, Pradnya Paramita, Jakarta, 2000
- Rachmat Supardi**, *“Pengetahuan Material”*, Tarsito, Bandung, 1997
- Thellning, Karl Eric.** *“Steel and its Heat Treatment”*, Bofors Hand Book, London, 1975
- Tunggul M. Sitompul**, *“Perlakuan Panas Pada Logam”*, Universitas Kristen Indonesia, Jakarta, 1998
- Van Vlack Lawrence H / Sriati Djaprie**, *“Ilmu dan Teknologi Bahan”*, Edisi kelima, Erlangga, Jakarta, 1992
- Zacharov,B.,** *“Heat Treatment of Metal”*, Peace Publisher, Moscow, 1962.