



Pengaruh Temperatur *Temperring* Pada Proses *Heat Treatment* Baja ST 60 Dengan Media Pendingin Oli Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro

Agus Hariyanto¹, Suwanto², Wajilan³

^{1,2}Prodi.D4 Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Samarinda

³Prodi.D3 Perawatan dan Perbaikam Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Samarinda
hariyantoagus95@yahoo.co.id¹, suwartopoltek78@gmail.com², jielun_smd@yahoo.com³

Abstract

Steel that has been hardened is brittle and not suitable for use. Through the tempering process, the hardness and brittleness can be reduced until it meets the requirements for use. Hardness decreases, tensile strength will also decrease while the ductility and toughness of steel will increase. This research aims to determine the effect of tempering temperature in the heat treatment process of ST 60 steel with oil cooling media on hardness distribution and microstructure. The tempering process is carried out at temperatures of 500°C, 400°C, and 300°C with a hardening temperature of 950°C using Mesran SAE 40 Oil Quenching. The method used in this research is experimental research for the specimen is ST 60. The composition test results show that the material The base is included in the medium carbon steel group or medium carbon steel with a carbon content of 0.452%. Hardness testing used a Micro Hardness Tester where the hardness of the tempered specimen was 255.5, and the hardness of the hardened specimen was 189.7 which decreased. Microstructure testing shows that the microstructure of the raw material consists of ferrite and pearlite with balanced crystal shape and size according to the carbon content of 0.452

Keywords: Hardening, Tempering, Quenching, Hardness, Tensile strength, Steel ST.60

Abstrak

Baja yang telah dikeraskan bersifat rapuh dan tidak cocok untuk digunakan, melalui proses *tempering* kekerasan dan kerapuhan dapat diturunkan sampai memenuhi persyaratan penggunaan. Kekerasan turun, kekuatan tarik akan turun pula sedang keuletan dan ketangguhan baja akan meningkat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu *Tempering* pada proses *heat treatment* baja ST 60 dengan media pendingin Oli terhadap distribusi kekerasan dan struktur mikro. Proses temper dilakukan pada suhu 500°C, 400°C, dan 300°C dengan temperatur *hardening* 950°C menggunakan *Quenching* Oli Mesran SAE 40. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah penelitian eksperimental untuk spesimen adalah ST 60. Hasil uji komposisi menunjukkan material dasar termasuk dalam golongan medium carbon steel atau baja karbon menengah dengan kandungan karbon 0,452%. Pengujian kekerasan menggunakan Mikro Hardness Tester dimana kekerasan spesimen temper yang sebesar 255,5, dan kekerasan spesimen *hardening* sebesar 189,7 mengalami penurunan. Pengujian struktur mikro menunjukkan struktur mikro raw material terdiri dari ferit dan perlit dengan bentuk dan ukuran kristal yang berimbang sesuai dengan kandungan karbon 0,452.

Kata kunci: *Hardening, Tempering, Quenching, kekerasan, Kekuatan tarik, Baja ST.60.*

1. Pendahuluan

Baja karbon banyak digunakan terutama untuk membuat alat-alat perkakas, alat-alat pertanian, komponen-komponen otomotif, kebutuhan rumah tangga. Aplikasi pemakaiannya, semua struktur logam akan terkena pengaruh gaya luar berupa tegangan-tegangan gesek sehingga menimbulkan deformasi atau perubahan bentuk. Usaha menjaga

agar logam lebih tahan gesekan atau tekanan adalah dengan cara perlakuan panas pada baja atau dengan istilah *heat treatment*. *Heat treatment* merupakan suatu proses pemanasan dan pendinginan pada logam yang dikontrol untuk merekayasa sifat logam tanpa perlu mengubah bentuk dari produknya. Hal ini memegang peranan penting dalam upaya meningkatkan kekerasan baja sesuai kebutuhan. Proses ini meliputi pemanasan baja pada

suhu tertentu, dipertahankan pada waktu tertentu dan didinginkan pada media tertentu pula. Heat treatment mempunyai tujuan untuk meningkatkan keuletan, menghilangkan tegangan internal, menghaluskan butir kristal, meningkatkan kekerasan, meningkatkan tegangan tarik logam dan sebagainya, sehingga akan tercapai seperti apa yang diinginkan. Faktor-faktor yang mempengaruhi heat treatment adalah suhu pemanasan dan media pendingin yang digunakan. Salah satu proses perlakuan panas pada baja adalah pengerasan (hardening), yaitu proses pemanasan baja sampai suhu di daerah atau diatas daerah kritis disusul dengan pendinginan yang cepat dinamakan quench, (Djafrie, 1995).

Akibat proses hardening pada baja, maka akan timbulnya tegangan dalam (internal stresses), dan rapuh (britles), sehingga baja tersebut belum cocok untuk segera digunakan. Oleh karena itu pada baja tersebut perlu dilakukan proses lanjut yaitu temper. Dengan melakukan proses temper, kegetasan dan kekerasan dapat diturunkan sampai memenuhi syarat penggunaan, kekuatan tarik turun sedangkan keuletan dan ketangguhan akan meningkat. Namun yang menjadi permasalahan sejauh mana sifat-sifat yang memenuhi syarat yang diinginkan ini dapat dicapai melalui proses temper.

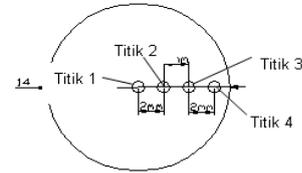
Berdasarkan pengetahuan di atas dan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya (Bambang Tri Wibowo, 2006), penulis ingin mengembangkan penelitian secara lebih luas yaitu suhu yang ditentukan dalam langkah proses tempering adalah 300°C, 500°C dan 600°C dengan holding time 30 menit dengan harapan pemanasan benar-benar merata pada seluruh lapisan spesimen, serta pendinginan dilakukan di udara bebas. Pada penelitian ini, khususnya pada langkah hardening, penulis menggunakan Oli Mesran SAE 40 sebab oli tersebut dapat memperbaiki sifat bajanya dikarenakan oli tersebut merupakan pelumas viskositas 40 pada suhu 100°C yang digunakan sebagai media pendingin sehingga dapat menyebabkan timbulnya selaput karbon pada spesimen berdasarkan besarnya viskositas dan kadar karbon spesimen. Mesran SAE 40 adalah oli yang apabila digunakan pada suhu panas akan bersikap sebagai pelumas atau menjadi peka terhadap temperatur. (Beumor, 1994).

2. Metode Penelitian

Penelitian ini di lakukan dengan cara eksperimen dengan rancangan percobaan berskala laboratorium menggunakan mesin *Quenching-Temper* dan peralatan lainnya yang menunjang untuk penelitian.

2.1. Material Dan Dimensi Spesimen

Bahan yang dipilih dalam penelitian ini adalah baja karbon menengah baja ST 60 dengan kadar karbon 0,452%C. Baja karbon ini dibentuk menjadi kekerasan struktur mikro dengan tebal 10 mm.



Gambar 1 Spesimen Uji Kekerasan

Spesimen uji kekerasan berjumlah 9 buah yang terdiri dari 3 buah pembanding utama (raw material), 3 buah kontrol quenching dan 3 buah kontrol tempering. Struktur mikro dan uji komposisi unsur dipersiapkan secukupnya guna melengkapi data dan informasi hasil penelitian

2.2. Peralatan Penelitian

Alat penelitian merupakan piranti bantu dalam proses penelitian, yaitu:

1. Alat uji kekerasan
2. Alat uji struktur mikro
3. *Quenching-Temper*
4. Alat specimen : Mesin sekrap, kikir, ragum, amplas, gergaji.

2.3. Alat uji kekerasan

Uji komposisi dilakukan untuk mengetahui Alat ini digunakan untuk mengukur kekerasan suatu material dan dilengkapi dengan mikroskop mikro, sehingga alat ini juga dapat digunakan untuk melakukan foto mikro dengan perbesaran 100x dan 400x.



Gambar 2. Digital Micro Vickers Hardness Tester

2.4. Alat uji struktur mikro

Alat ini digunakan untuk membesarkan penampakan struktur mikro spesimen pada titik tertentu. Seberkas cahaya horizontal dipantulkan oleh plane glass reflektor ke permukaan spesimen. Spesimen akan memantulkan cahaya dengan karakteristik yang sesuai dengan struktur mikronya. Cahaya ini dibiaskan oleh lensa obyektif, lalu oleh lensa okuler sehingga diperoleh bayangan dengan pembesaran tertentu.



Gambar 3 Mikroskop logam

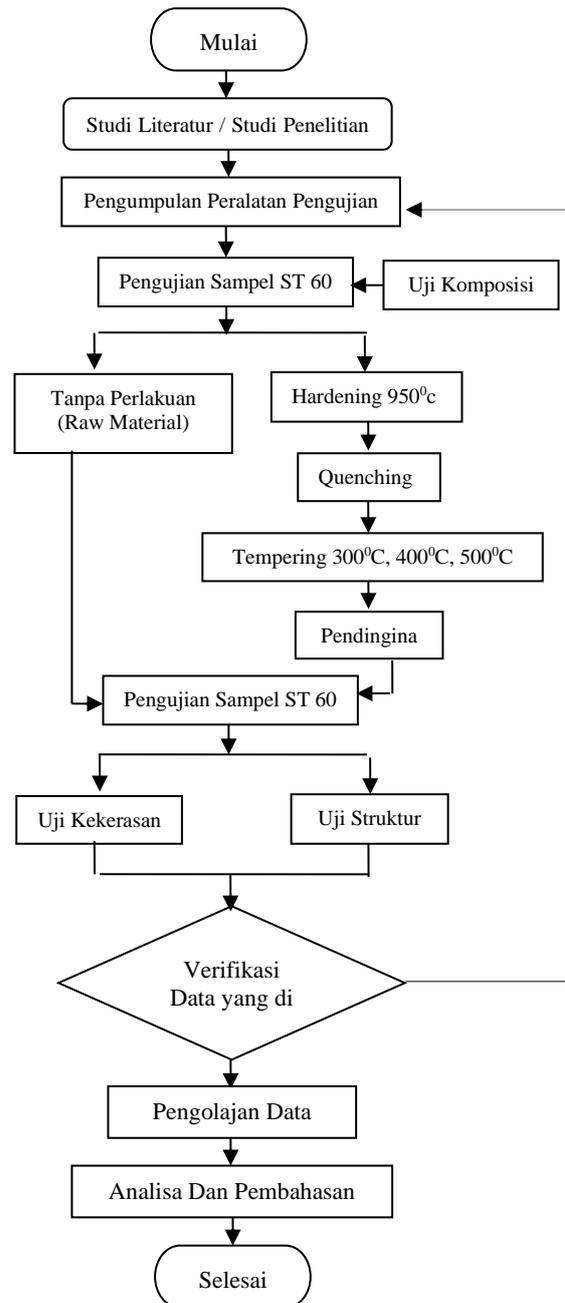
2.4. Alur Penelitian

Urutan dalam penelitian ini dimulai dari uji komposisi kimia bahan, untuk mengetahui kandungan unsur di dalamnya yang digunakan untuk menentukan suhu pemanasan. Bahan dibentuk spesimen sesuai standar yang ditentukan dan memenuhi persyaratan specimen sejumlah 9 buah pada tiap-tiap jenis specimen dari 2 jenis pengujian yaitu uji tarik dan uji kekerasan, masing-masing terdiri dari 3 buah sebagai pembandingan utama (raw material), sebagai kontrol quenching, dan juga sebagai tempering.

Perlakuan panas dilakukan dalam dapur pemanas, yang pertama yaitu proses quenching pada suhu 950°C (0,452%C), sesuai bahan. Spesimen selain raw material dikenai proses ini, suhu pemanasan dilakukan bertahap mulai suhu kamar, suhu 400°C /jam selama 98 menit kemudian ditahan sekitar 30 menit (holding time), diharapkan suhu telah mencapai 650°C pemanasan awal (preheating) dilanjutkan sampai suhu yang dituju yaitu 950°C. Pada suhu terakhir ini dipertahankan selama 30 menit (holding time) dengan maksud agar pemanasan benar-benar merata pada seluruh lapisan spesimen, kemudian dicelup dalam Oli yang mengalir agar spesimen benar-benar mengalami pendinginan kejut dan spesimen sampai benar-benar dingin

Proses selanjutnya adalah proses tempering, karena tempering merupakan pengulangan dari quenching akan tetapi didinginkan dengan perlahan. Spesimen yang dikenai tempering dimasukkan dalam dapur pemanas, lalu distel dari suhu kamar ke suhu 300°C untuk perlakuan tempering kemudian di tahan selama 30 menit dengan tujuan agar pemanasan benar-benar merata pada seluruh lapisan spesimen, pendinginan dilakukan dalam Oli. Langkah berikutnya adalah menyiapkan spesimen sifat fisis (foto struktur mikro) dengan cara memotong salah satu ujung spesimen untuk sample sepanjang 2 cm lalu meratakan dan menghaluskan permukaannya sampai memenuhi syarat spesimen, di etsa (dibersihkan) dengan larutan alkohol dan asam nitrat 2,5% kemudian dilihat dengan mikroskop logam

Penelitian yang dilaksanakan seperti alur yang ditunjukkan pada gambar berikut ini



Gambar 4 Alur Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Data Hasil Penelitian

Spesimen uji Baja ST 60 yang telah mengalami perlakuan hardening, tempering dilakukan pengujian kekerasan dengan Micro Hardness tester. Penelitian ini menghasilkan data-data yang berupa angka dalam tabel, Dan gambar grafik dan foto yang meliputi komposisi unsur kimia pada material yang digunakan dalam penelitian dengan pengamatan pengujian kekerasan. Data penelitian yang diperoleh adalah data kekerasan dari Baja ST 60 ditunjukkan pada Tabel. Pengambilan data

kekerasan menggunakan alat Micro Hardness Tester

Tabel 1 Data kekerasan baja ST 60 tanpa perlakuan

Perlakuan	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
Tanpa perlakuan	304.3	193.8	258
H950, Holding 30 menit, SAE 40	201	226.4	226.4
H950, Holding 20 menit, SAE 40	256.1	260.3	260.3
H950, Holding 10 menit, SAE 40	197.8	195.6	201
H950, Holding 30 menit, SAE 40	187.7	185.5	199.3
H950, Holding 20 menit, SAE 40	200.2	190.3	189.7
H950, Holding 10 menit, SAE 40	256.1	260.3	260.3

Tabel 2 Data Kekerasan baja ST 60 perlakuan Tempering

Temperatur Tempering	Holding (menit)		
	30	20	10
300°C	197.8	195.6	201
300°C	187.7	185.5	199.3
300°C	200.2	190.3	189.7
300°C	244.7	239.8	220.3
400°C	243	236.6	229.6
400°C	252.3	241.3	233.4
400°C	266.1	258.3	249.6
500°C	261.8	258.2	249.2
500°C	262.9	260.5	255.5

3.2. Hubungan Perlakuan terhadap kekerasan baja Hubungan perlakuan terhadap kekerasan baja ditunjukkan pada gambar. Gambar tersebut dapat dijelaskan bahwa masing-masing perlakuan menghasilkan rata-rata kekerasan yang berbeda



Gambar 5 Grafik Hubungan Kekerasan Dengan Temperatur selama 10 Menit

Pada gambar 5 raw material kekerasannya yaitu sebesar 194,12 HV. Namun dengan hardening temperatur sebesar 9500C dengan holding time 30 menit, maka kekerasannya adalah 263,30 HV dan ketika mengalami proses tempering pada suhu 500°C dengan holding time masing-masing 10 menit, maka kekerasannya sebesar 190,13 HV



Gambar 6 Grafik Hubungan Kekerasan Dengan Temperatur selama 20 Menit

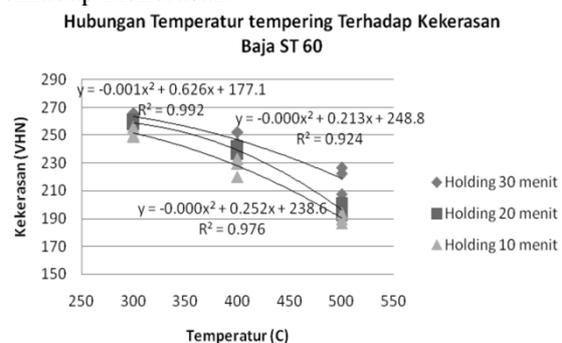
Pada Gambar 6 terlihat bahwa raw material kekerasannya adalah sebesar 194,12 HV. Setelah melalui proses hardening dengan temperatur sebesar 950°C dan holding time 20 menit maka hasil kekerasannya sebesar 195,93 HV



Gambar 7 Grafik Hubungan Kekerasan Dengan Temperatur selama 30 Menit

Pada Gambar 7 maka dapat disimpulkan bahwa raw material kekerasannya sebesar 194,12 HV. Setelah dilakukan proses hardening dengan suhu 9500C holding time 30 menit, maka kekerasannya tercapai sebesar 218,80 HV. Apabila dilihat hubungan antara gambar 6, 7 dan 8, maka dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi suhu tempering kekerasannya maka akan menjadi semakin kecil martensitnya sehingga tingkat kekerasannya akan menurun. Terlihat juga bahwa baja ST 60 yang mengalami proses tempering pasca hardening kekerasannya menurun seiring meningkatnya temperatur tempering dan waktu holding. Hal ini dikarenakan semakin besarnya temperatur akan terbentuk struktur ferrite cementit yang lebih banyak

3.3. Hubungan Temperatur Dan Waktu Tempering Terhadap Kekerasan



Gambar 8 Grafik Hubungan Temperatur Dan Waktu Tempering Terhadap Kekerasan

Hubungan temperatur dan waktu holding proses tempering terhadap kekerasan baja ditunjukkan pada gambar 8, semakin besar temperatur maka kekerasan baja semakin kecil sebaliknya semakin besar waktu holding proses tempering akan meningkatkan kekerasan baja. Hubungan temperatur pemanasan dan waktu holding tersebut terhadap kekerasan adalah polinomial dan besar hubungannya ditunjukkan dengan nilai $R_290\%$. Menurunnya kekerasan pada proses tempering dikarenakan struktur martensit akan menjadi semakin kecil sehingga tingkat kekerasannya menurun

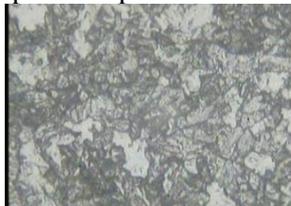
3.4. Foto Struktur Mikro

Eksperimen yang telah dilakukan pada penelitian ini menggunakan uji kekerasan sehingga untuk memperkuat hasil maka dilakukan foto struktur mikro



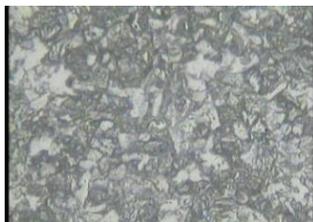
Gambar 9 Raw Material

Gambar 9 memperlihatkan struktur mikro spesimen uji awal (raw material) dari baja ST 60 struktur mikro yang menyusun spesimen uji awal adalah ferrit dan perlit. Struktur mikro yang berwarna terang merupakan roeutektoid α (ferrit roektoid) dan yang gelap adalah perlit.



Gambar 10 Hardening 950°C

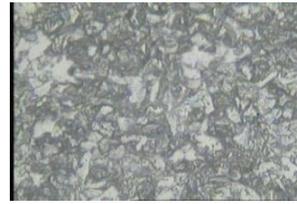
Gambar 10 memperlihatkan struktur mikro spesimen uji hardening 950°C dari baja. Struktur mikro menyusun spesimen tersebut adalah martensite



Gambar 11 Tempering 300°C

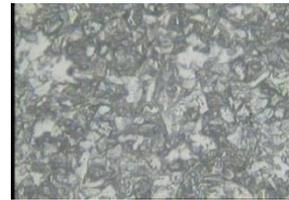
Gambar 11 memperlihatkan struktur mikro spesimen uji yang diberikan proses tempering suhu 300°C. Struktur yang terbentuk dari proses ini yang kelihatan pada gambar disamping menunjukan struktur martensit yang berbentuk jarum. Masih adanya perlit yang menjadikan nilai kekerasannya

lebih rendah dari spesimen uji dengan proses tempering suhu 300°C.



Gambar 12 Tempering 400°C

Gambar 12 memperlihatkan struktur mikro spesimen uji yang diberikan tempering suhu 400°C. struktur mikro yang terbentuk dari proses ini yang kelihatan pada gambar disamping menunjukan adanya partikel karbida yang bulat di dalam matriks martensit



Gambar 13 Tempering 500°C

Gambar 13 memperlihatkan struktur mikro spesimen uji yang diberikan proses tempering suhu 500°C. Struktur mikro yang terbentuk dari proses ini yang kelihatan pada gambar disamping menunjukan partikel karbida yang bulat serta titik putih di dalam matriks martensit

3.5. Pembahasan

Berdasarkan data hasil penelitian yang telah ditabulasi dalam bentuk diagram batang dan gambar struktur mikro dapat diketahui adanya perbedaan karakteristik antara raw material proses quenching dengan tempering 950°C dan pada proses tempering dengan suhu 500°C, dimana masing-masing menggunakan waktu penahanan selama 10 menit, 20 menit dan 30 menit. Hasil penelitian tersebut di atas menunjukkan bahwa raw material mempunyai struktur mikro dimana yang tampak adalah perlit dan ferrit

Perlit berwarna gelap dan ferrit berwarna putih. Struktur yang tampak ini sesuai dengan kadar karbon yaitu 0,452 % carbon dan bentuk kristalnya besar dan hamper seimbang dengan kekerasan yang dimiliki. Proses perlakuan dilakukan untuk mengetahui seberapa besar perbedaan perubahan kondisi bahan sebagai treatment awal pada penelitian ini dengan media quenching oli. Struktur mikro yang dihasilkan menunjukkan kekeasan tinggi dan berbentuk struktur baru seperti jarum

Proses tempering dengan suhu 500°C (High Temperatur Tempering) akan mengubah martensit menjadi ferrit dan sementit dengan lepasnya karbon dari martensit dan akan membentuk sementit lagi. Hasil kekerasan yang dimiliki sebesar 190,13 VH.

Melihat hasil penelitian di atas telah memberikan gambaran yang jelas bahwa kelompok Heat Treatment pada baja karbon yang terdiri dari tiga kelompok berbeda yaitu raw material di temper pada suhu 500°C. kekerasan mengalami peningkatan ketika di hardening namun tingkat kekerasannya akan menurun dan setelah itu dilanjutkan dengan proses tempering. Penyebab utama terjadi hal tersebut adalah akibat dari semakin lama waktu holding maka akan semakin merata butiran-butiran karbonnya sehingga akan meningkatkan tingkat kekerasan. Dimana, apabila waktu holding sebentar maka akan semakin tinggi temperatur tempering sehingga semakin besar penurunan tingkat kekerasan dan kekenyalannya akan bertambah, ini disebabkan struktur martensitnya akan menjadi semakin kecil sehingga kekerasannya akan menurun, Kekerasan setelah di-hardening meningkat tajam dan akan perlahan menurun jika suhu temper dinaikkan. Fenomena semacam ini menunjukkan bahwa proses hardening bahan akan sangat keras dan cenderung getas dibandingkan dengan raw materialnya. Apabila dihubungkan pada proses tempering, semakin tinggi pemanasannya maka nilai kekerasannya akan semakin meningkat

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dari pengujian dan evaluasi data serta pembahasan pada proses hardening dengan cara quenching menggunakan oli dan proses tempering maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Semakin besar temperatur *tempering* maka nilai kekerasan baja akan semakin kecil, hal ini dikarenakan jumlah perlit semakin sedikit dan jumlah struktur mikro *ferrit* semakin banyak membuat tingkat kekerasannya menurun.
2. Semakin besar waktu holding pada proses tempering, maka tingkat kekerasannya akan cenderung meningkat, ini disebabkan semakin kecil waktu holdingnya maka akan semakin merata butiran-butiran karbonnya sehingga akan meningkatkan tingkat kekerasannya apabila dibandingkan dengan waktu holding yang sebentar.

Daftar Rujukan

- [1] Amstead, BH, 1997, Jakarta, Erlangga : Teknologi Mekanik jilid 1
- [2] Amanto, Hari, 1999, Jakarta, Bumi Aksara : Ilmu Bahan
- [3] Bambang, 2006, Pengaruh Suhu Tempering terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Baja ST 60 dengan Quenching Oli SAE 40

- [4] Bradbury. EJ, 1990, Jakarta, Gramedia Pustaka Utama : Dasar Metalurgi untuk Rekayasawan
- [5] Djafri, Sriati, 1983, Terjemahan dari Manufacturing Processes, Jakarta, Erlangga : Teknologi Mekanik Jilid I
- [6] Djafri, Sriati. 1987. Terjemahan dari Mechanical Metallurgy. Jakarta, Erlangga : Metalurgi Mekanik
- [7] Doan, G.E. 1952. The Principles of Physical Metallurgy New York : Mc Graw Boo Company
- [8] Koswara, Engkos, 1999, Bandung, Humaniora Utama Press : Pengujian Bahan Logam
- [9] Nur, 2006, Pengaruh Suhu Tempering Terhadap Kekerasan Struktur Mikro dan Kekuatan Tarik Pada Baja Karbon Menengah
- [10] Poerwadarminta, 1994, Jakarta, Balai Pustaka : Kamus Besar Bahasa Indonesia
- [11] Rajan, TJ, Sharma, 1997, New Delhi, Prentice Hall of India Private Limited : Heat Treatment Principlea and Techniques
- [12] Schonmentz, Gruber, 1985, Bandung, Aksara : Pengetahuan Bahan Dalam Pengerjaan Logam.
- [13] Soejdono. 1978, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan : Pengetahuan Logam 1.
- [14] Supardi, Edih, 1999, Bandung , Angkasa : Pengujian Logam,
- [15] Alexander dkk, Djaprie, Sرياتie. 1990. Dasar Metalurgi untuk Rekayasawan. Jakarta: Gramedia
- [16] BJM, Beumer. 1985. Ilmu Bahan Logam. Jilid 1. Jakarta: Bharata Karya Aksara
- [17] Daryanto. 2006. Ilmu Logam. Jakarta: Bumi Aksara
- [18] Dieter, E. George.. 1987. Metalurgi Mekanik. Jilid 1. Edisi Ketiga. Jakarta: PT.Gelora Aksara Pratama
- [19] Djaprie, Sرياتie, 1990. Teknologi Mekanik, Jakarta: Erlangga.
- [20] Harun A.R dan George Love, 1986. Teori dan Praktek Kerja Logam, Jakarta: Erlangga.
- [21] Haryadi, 2005. Proses Tempering, Jakarta: Erlangga