

ANALISA SIFAT- SIFAT BAJA HARDENING YANG DIGUNAKAN DALAM INDUSTRI OTOMOTIF

MUSLIH NASUTION

PRODI TEKNIK MESIN FT. UISU

[email : muslih.nasution@gmail.com](mailto:muslih.nasution@gmail.com)

Abstrak

Baja st 60 adalah baja karbon menengah tanpa dipanaskan kekerasannya adalah HRc 15,65. Kemudian dipanaskan pada temperatur 800°C 900°C, dan 1000°C dan tahan 0.5 jam. Baja tersebut dikuencing dengan media pendingin air (H₂O) kekerasannya masing-masing 77,75 HRc, 94,00 HRc dan 112,73 HRc, dengan media pendingin air garam (NaCl) kekerasannya masing-masing 45,6 HRc, 65,00 HRc dan 88,50 HRc, sedangkan media pendingin oli diperoleh kekerasannya masing-masing 32,25 HRc, 49,50 HRc dan 75,24 HRc. Kemudian ditemper pada temperature 300°C, kemudian dicelup kembali dengan air (H₂O) kekerasannya masing-masing 68,36 HRc, 80,11 HRc dan 98,75 HRc. Dicelup dengan air garam (NaCl) kekerasannya masing-masing adalah 40,60 HRc, 55,50 HRc dan 79,90 HRc. Pendinginan dengan oli kekerasannya masing-masing 29,73 HRc, 43,36 HRc dan 67,18 HRc. Dalam hal ini tempering dengan 300°C Dari keseluruhan pengujian tempering terjadi penurunan kekerasan 8% s.d 20%. dengan tempering pada 400°C. Akibatnya terjadi penurunan kekerasan, Pendinginan dengan air kekerasannya adalah 61,40 HRc, 75,13 HRc dan 87,40 HRc, Pendinginan air garam (NaCl) kekerasannya 41,60 HRc, 50,39 HRc, 68,60 HRc, pendinginan dengan oli kekerasannya menjadi 32,27 HRc, 45,36 HRc dan 58,93 HRc. Ternyata terjadi penurunan kekerasan 18% s.d 25%. Setelah dilakukan tempering pada 500°C maka terjadi penurunan kekerasan, pendinginan dengan air kekerasannya 59,36 HRc, 65,22 HRc, 72,57 HRc, air garam kekerasannya 55,60 HRc, 59,20 HRc, 63,90 HRc dan pendinginan dengan oli kekerasannya menjadi 36,60 HRc, 40,36 HRc, 52,18 HRc. Jika dibandingkan Harga kekerasan sebelum di tempering dan sesudah ditempering terjadi penurunan kekerasannya 24% s.d 30%. Annealing pada temperature 800°C didinginkan dapur kekerasan 15,65 HRc.

Kata-Kata kunci : *Hardening, Normalizing, Tempering, Annealing, Kekerasan, Mikrostruktur.*

Pendahuluan

Dalam dunia industri otomotif maupun pabrik penentuan bahan yang tepat pada dasarnya merupakan kompromi antara berbagai sifat, lingkungan, proses pengerjaan, cara penggunaan dan sampai di mana sifat bahan dapat memenuhi persyaratan yang telah ditentukan. Ada beberapa sifat teknis yang harus diperhatikan sewaktu pemilihan bahan yang digunakan yaitu:

- A. Sifat mekanis, yaitu kekerasan, struktur mikro, proses perlakuan, modulus elastisitas, batas mulur, kekuatan tarik, sifat fatik, keuletan, dampak, tahan aus dan perbandingan kekuatan(berat). Sifat daya tahan terhadap, tekukan, torsi dan geser.
- B. Sifat selama proses pembentukan, mampu pemesinan, mampu las, karakteristik pengerjaan panas dan dingin dan mampu tempa.

- C. Sifat terhadap pengaruh lingkungan, daya tahan korosi, panas, aus dan pelapukan.

Pemilihan bahan akhirnya ditentukan oleh berbagai hal yang telah disebutkan diatas tadi termasuk cara-cara pembuatan maupun pembentukannya.. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa pemilihan bahan yang tepat merupakan suatu proses yang berkesinambungan dan perlu ditinjau secara teknis, ekonomis dan objektifitas.

Besi atau baja sangat luas pemakaiannya dibidang teknik, atau boleh dibilang hampir sebagian besar pengembangan teknologi selalu berhadapan dengan besi atau baja, baik untuk transportasi, struktur bangunan,

peralatan pertanian, mesin-mesin dan sebagainya., bila besi maupun baja tidak dapat digunakan untuk keperluan tertentu dapat dipilih bahan lain yaitu baja paduan, baja

paduan ini baja yang telah dipadu dengan unsur-unsur lain sehingga sifat-sifatnya mendekati dengan sifat-sifat yang diperlukan.

Permasalahan Pokok.

Dari studi *literatur* dan lapangan menunjukkan bahwa temperatur perlakuan panas atau heat treatment sangat diperlukan material logam agar sesuai dengan spesifikasi tertentu dalam membuat suatu komponen mesin maupun struktur, sehingga dituntut suatu proses pengolahan yang tepat agar dapat memenuhi aspek-aspek spesifikasi yang sesuai dengan yang dibutuhkan tersebut.

Perumusan Masalah.

Sebagaimana telah diuraikan, maka perlu dirumuskan permasalahan yang terjadi :

- a. Diperlukan spesifikasi tertentu untuk suatu komponen mesin-mesin maupun suatu konstruksi.
- b. Bagaimana cara pengolahan logam tersebut tanpa merubah unsur-unsur kimia yang dikandungnya.
- c. Bagaimana hasil analisa dapat disimpulkan.

Tujuan Penelitian.

Tujuan Umum

Tujuan umum penelitian ini adalah untuk menganalisa perlakuan panas terhadap baja St 60

Tujuan Khusus

Secara khusus tujuan penelitian ini dilakukan adalah :

- a. Untuk mengetahui sifat-sifat baja karbon tersebut setelah dilakukan perlakuan panas
- b. Untuk mengetahui sifat-sifat baja setelah dilakukan tempering.
- d. Untuk mengetahui sifat-sifat baja setelah dilakukan aniling.
- e. untuk mengetahui sifat-sifat baja setelah dilakukan normalizing
- f. Sebagai bahan informasi bagi dunia pendidikan dan industri
- g. Menambah pengetahuan bagi para staf pengajar yang melakukan penelitian.

Manfaat Penelitian.

Dengan mengetahui pengaruh temperatur pemanasan terhadap sifat-sifat baja akan membantu para insinyur dalam merancang

alat-alat yang digunakan yang berkaitan dengan perlakuan panas atau heat transfer.

TINJAUAN PUSTAKA

Perlakuan Panas.

Perlakuan panas adalah suatu proses pemanasan dan pendinginan logam dalam keadaan padat untuk mengubah sifat-sifat fisis logam tersebut. Baja dapat dikeraskan sehingga tahan aus dan gesekan sehingga kemampuan pakai (*life timenya*) meningkat, atau baja dapat dilunakkan untuk memudahkan pemesinan lebih lanjut. Melalui perlakuan panas yang tepat, tegangan dalam dapat dihilangkan, besar butir diperbesar atau diperkecil, ketangguhan ditingkatkan atau dapat dihasilkan suatu permukaan yang keras di sekeliling inti yang ulet. Untuk memungkinkan perlakuan panas yang tepat, susunan kimia baja harus diketahui karena perubahan komposisi kimia, khususnya karbon dapat mengakibatkan perubahan sifat-sifat fisis baja. Sebelum dirol, lembaran baja dipanaskan terlebih dahulu, setelah selesai dibentuk lembaran logam tersebut dinormalkan disusul dengan proses pelurusan.

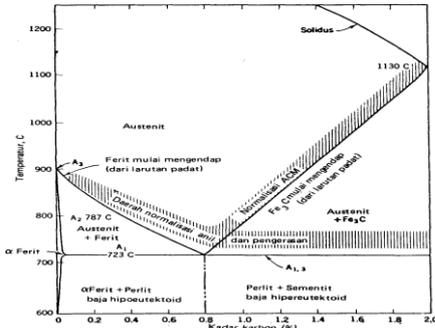
Diagram Temperatur Pemanasan.

Bila sepotong baja dengan kadar karbon 0,20% dipanaskan secara merata dengan lambat dan temperturnya dicatat pada selang waktu tertentu, akan diperoleh kurva seperti terlihat dalam gambar 1. Sumbu mendatar adalah laju pemanasan atau waktu yang diperlukan untuk memanaskan atau mendinginkan baja sebesar 10°C. Kurva ini merupakan garis vertikal kecuali pada titik-titik dimana laju pemanasan atau pendinginan mengalami perubahan. Terlihat bahwa pada tiga titik terdapat perubahan dalam laju pemanasan.

Hal yang sama dijumpai sewaktu pendinginan, tercatat tiga titik perubahan yang lebih rendah dibandingkan dengan sewaktu pemanasan. Titik-titik dimana terjadi perubahan struktur disebut *titik transformasi* dan diberi lambang Ac_1 , Ac_2 dan Ac_3 . Huruf c adalah huruf permulaan dari kata Perancis *chauffage* yang berarti memanaskan. Titik-titik identik yang diperoleh pada kurva pendinginan disebut Ar_1 ,

Ar₂ dan Ar₃, r diambil dari kata *refroidissement* yang berarti mendinginkan.

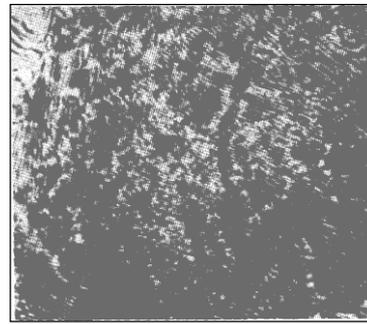
Perubahan-perubahan yang terjadi pada titik-titik kritis tersebut disebut *perubah-atotropik*. Meski susunan kimia tetap, baja mengalami perubahan sifat, antara lain, tahanan listrik, struktur atom dan kehilangan sifat magnetik. Menurut definisi, suatu perubahan tahanan listrik, struktur atom dan kehilangan sifat magnetik.



Gambar 1. Daerah Temperatur Pemanasan.

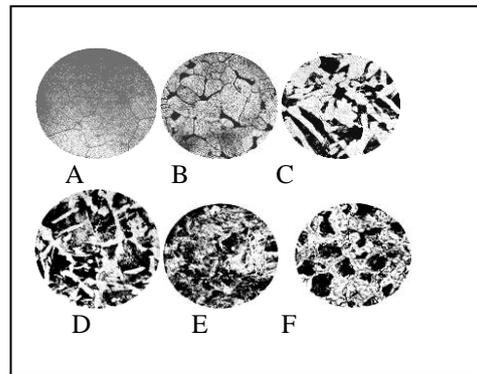
Menurut definisi suatu perubahan alotropi adalah perubahan yang mampu balik atau reversibel pada struktur atom suatu logam yang diikuti dengan perubahan sifat. Titik kritis tersebut harus diketahui, mengingat perlakuan panas baja meliputi pemanasan di atas daerah ini. Baja tidak dapat dikeraskan kecuali bila dipanaskan di atas daerah kritis bawah dan kadang-kadang di atas daerah kritis atas. Baja tidak dapat dikeraskan kecuali bila dipanaskan di atas daerah kritis bawah dan lang-kadang di atas daerah kritis atas.

Serangkaian percobaan pemanasan dan pendinginan dapat dilakukan pada baja dengan kandungan karbon yang berbeda dan bila hasilnya digambarkan sebagai kurva temperatur terhadap kadar karbon maka akan diperoleh suatu diagram serupa dengan Gambar 1. Diagram ini yang disebut diagram besi-karbida besi parsial hanya berlaku untuk kondisi pendinginan yang perlahan-lahan. Temperatur pencelupan yang tepat dapat diperoleh dari diagram ini.



Gambar 2. Struktur baja Etsa 5% pikral. sementit dan ferit dalam perlit.

Bila didinginkan sampai mencapai suhu di bawah titik Ar₃, atom-atom akan membentuk kisi kubik pemusatan ruang (body centered cubic). Struktur logam dapat dilihat pada Gambar 4.

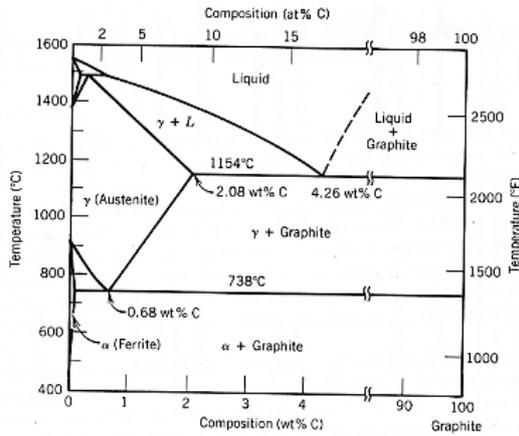


Gambar 3. Mikrofoto paduan besi-karbon. Memperlihatkan efek pertambahan karbon atas struktur logam.

A. Besi murni; B. 0,12% C; C. 0,40% C; D. 0,62% C; E. 0,79% C; F. 1,41%.

2.3. Diagram Besi Karbon.

Diagram besi karbon dibentuk dengan sistim kordinat yang terdiri dari garis horizontal (sb x) dan garis vertikal (sb y), dimana garis horizontal sb x ini dari kiri ke kanan dibagi atas 6/3 satuan dan dibagi lagi atas 100 bagian yang sama jaraknya, yaitu masing-masing untuk kadar karbon (C) dan kadar sementit (Fe₃C), sebelah paling kiri 100% besi Fe dan sebelah paling kanan dari diagram 100% Sementit. Garis vertikal sebelah kiri diagram diukur titik perhentian besi murni. Persenyawaan kimia sementit dalam keadaan padat dapat larut secara terbatas dalam modifikasi besi γ dan sangat terbatas dalam modifikasi besi α dan besi δ .



Gambar 4. Diagram Besi Karbon(Kenneth G.Budinski, 1996).

Dilihat dari kelarutan karbon dalam diagram besi karbon ini merupakan diagram eutektik antara Fe dan Fe₃C dimana komposisi eutektik terjadi pada 4,3% C yang disebut Ledeburit. Untuk kadar karbon dibawah 0,18% pada temperatur 1400⁰C terjadi reaksi peritektik dimana fasa cair besi δ (delta) pada penurunan temperatur membentuk Fasa besi γ (austenit), sedangkan pada temperatur 723⁰C terjadi eutektoid yaitu perubahan fasa pada keadaan padat dari besi γ menjadi fasa eutektoid yang disebut perlit. Komposisi eutektoid dari perlit ini adalah 0,8%C. Pada temperatur kamar untuk kadar karbon dibawah 0,8%C akan membentuk besi α (ferit) dan perlit (Fe₃C+ γ), dan untuk kadar antara 0,8% s.d 0,2% membentuk perlit dan sementit (Fe₃C). Pada paduan berkadar karbon antara 2% s.d 4,3% membentuk perlit, sementit dan ledeburit, sedangkan diatas 4,3%C membentuk ledeburit dan sementit.

Besi δ terjadi pada temperatur tinggi sekitar 1400⁰C s.d 1550⁰C mengandung karbon yang sangat rendah dibawah 0,15%. Besi δ mempunyai struktur bcc. Besi γ terjadi pada temperatur antara 723⁰C s.d 1400⁰C yang mengandung kadar karbon maksimum sampai 2% dan mempunyai struktur fcc. Besi α terjadi pada temperatur sampai setinggi 910⁰C mengandung karbon dibawah 0,025% dengan struktur bcc.

Pada dasarnya struktur kristal besi δ sama dengan struktur kristal besi α dan nama ini sering dipakai untuk membedakan besi yang tidak mempunyai sifat-sifat magnit. Fe₃C atau

sementit (tidak terikat pada perlit) terjadi pada komposisi karbon yang tinggi mulai dari 0,8%C.

Sementit merupakan karbid besi yang membentuk senyawa antara besi dan karbon menentukan titik leburnya. Dari gambar 2.4 ditunjukkan bahwa titik lebur yang paling rendah adalah pada 4,3%C, yaitu untuk komposisi eutektik ledeburit. Semakin kecil kadar karbon tersebut makin tinggi titik leburnya.

Besi yang mengandung sampai ± 2%C dinamakan baja, sedangkan hiper-eutektoid adalah besi yang mengandung karbon diatas 0,8%C dan baja hypo-eutektoid mengandung karbon dibawah 0,8%C. Semakin tinggi kadar karbon baja semakin keras dan susah ditempa, seperti halnya besi cor yang mempunyai kadar karbon antara 1,7% s/d 3,5%.

Pengerasan.

Pengerasan atau hardening adalah proses pemanasan baja sampai temperatur di daerah atau di atas daerah kritis disusul dengan pendinginan yang cepat. Bila kadar karbon diketahui temperatur pemanasannya dapat dibaca dari diagram fasa besi-karbida besi Gambar 5. Akan tetapi, bila komposisi baja tidak diketahui, perlu diadakan percobaan untuk mengetahui daerah pemanasannya. Cara yang terbaik ialah memanaskan dan mencelup beberapa potong baja pada berbagai temperatur disusul dengan pengujian kekerasan atau pengamatan mikroskopik. Bila temperatur 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 dapat dicapai tergantung pada laju pendinginan, kadar karbon dan ukuran benda. Pada baja paduan, jenis dan jumlah paduan akan

mempengaruhi kemampuan pengerasan. Perlu dibedakan antara kekerasan dan kemampuan pengerasan.

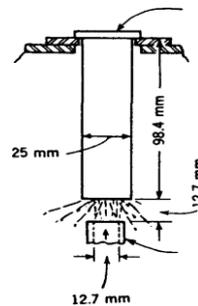
Dari diagram transformasi jelas, bahwa diperlukan pencelupan yang cepat untuk mencegah perpotongan dengan ujung kurva sehingga dapat diperoleh struktur martensit. Untuk baja karbon rendah dan baja karbon sedang, lazim dilakukan pencelupan dalam air. Laju pendinginannya cukup cepat sehingga terbentuk martensit. Untuk baja karbon tinggi dan baja paduan biasanya digunakan minyak sebagai media pencelupan, pendinginannya tidak secepat air. Tersedia berbagai jenis minyak, seperti minyak mineral dengan kecepatan pendinginan yang berlainan sehingga dapat diperoleh baja dengan berbagai tingkat kekerasan. Untuk pendinginan yang cepat dapat digunakan air garam atau air yang disemprotkan.

Beberapa jenis logam dapat dikeraskan melalui pendinginan udara akan tetapi untuk baja biasa, laju pendinginan udara terlalu lambat. Benda yang agak besar biasanya dicelup dalam minyak. Temperatur media celup harus merata agar dapat dicapai pendinginan yang merata pula. Media pendingin yang digunakan dalam produksi harus dilengkapi dengan perlengkapan pendingin. Baja dengan kadar karbon rendah sulit untuk dikeraskan. Dengan meningkatnya kadar karbon sampai sekitar 0,60% kekerasan akan naik pula. Di atas 0,60% C kenaikan harga karbon hanya sedikit pengaruhnya, karena di atas temperatur eutektoid baja dalam keadaan anil terdiri dari perlit dan sementit. Baja yang untuk sebagian besar terdiri dari perlit dapat diubah menjadi baja yang keras. Benda dengan ukuran yang lebih besar pada umumnya akan menghasilkan permukaan yang kurang keras meskipun kondisi perlakuan panas tetap sama. Hal ini disebabkan oleh terbatasnya jumlah panas yang dapat merambat ke permukaan. Oleh karena itu kekerasan di bagian dalam benda akan lebih rendah daripada di bagian luar, dan ada nilai batas tertentu. Namun, air garam atau air mungkin menurunkan temperatur permukaan dengan cepat, yang diikuti dengan penurunan temperatur di dalam benda tersebut sehingga diperoleh lapisan keras dengan ketebalan tertentu. Hal ini tidak terjadi pada pencelupan minyak, temperatur permukaan

lebih lambat dingin dan mungkin masih agak tinggi hingga pendinginan terhambat.

Kemampuan Pengerasan Baja.

Kemampuan pengerasan logam dapat ditentukan dengan mempergunakan percobaan yominy seperti terlihat pada Gambar 5. Sepotong baja berukuran diameter 25 mm, panjang 100 mm dinormalisir kemudian dipanaskan sampai temperatur austenitisasi. Contoh lengan cepat diletakkan pada landasan dengan salah satu ujungnya 12,7 mm di atas pipa ir. Air disemprotkan sehingga seluruh benda menjadi dingin. Setelah itu permukaan diratakan sedalam 0,38 mm dan diukur kekerasannya pada irak 1,6 mm mulai dari bagian bawah, yang disemprot air, sampai jarak 75 mm. Kekerasan yang paling dekat dengan ujung adalah yang tertinggi, karena pendinginannya paling cepat. Makin jauh dari ujung bahan makin lunak, karena pada pendinginan harus ada konduksi panas ke ujung. Baja dengan kemampuan pengerasan yang tinggi akan mempunyai kekerasan yang merata.



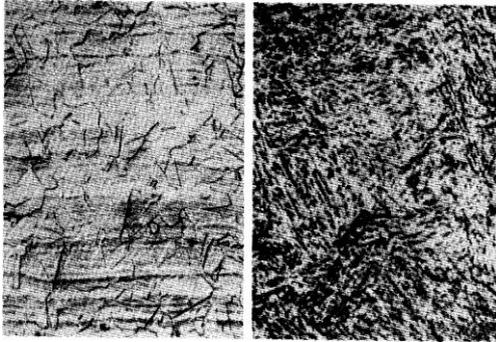
Gambar 5. Percobaan Jominy

Bila kemampuan pengerasannya rendah, kekerasan akan turun dengan tajam semakin jauh dari ujung. Dari hasil percobaan Jominy dapat dibandingkan kemampuan pengerasan berbagai jenis baja, terutama tebal lapisan yang dikeraskan. Unsur paduan meningkatkan kemampuan pengerasan baja dan benda berukuran kecil dapat dikeraskan dengan merata dari dalam sampai permukaan. Penambahan unsur paduan menyebabkan penggeseran diagram transformasi isothermal ke sebelah kanan sehingga baja lebih mudah dicelup tanpa memotong ujung kurva. Oleh karena itu baja lebih mudah dikeraskan karena memerlukan laju pendinginan yang lebih lambat dibandingkan dengan baja karbon. Dengan perkataan lain baja paduan dapat

dikeraskan secara efektif dengan mencelupkannya dalam minyak.

Struktur Baja yang Dikeraskan.

Telah diketahui bahwa austenit merupakan larutan padat karbon dalam besi-gamma. Baja karbon terdiri dari austenit pada temperatur di atas temperatur kritis. Bentuk austenit yang dilihat dengan mikroskop pada pembesaran 125 x dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 6. Struktur Baja Tahan Karat, Dicelup Air, Pembesaran 125x.

Dengan pencelupan dari temperatur yang cukup tinggi biasanya tidak semua austenit berubah, dan austenit sisa ini mempunyai kekerasan setengah dari kekerasan 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.

Unsur yang sangat penting dalam baja yang dikeraskan ialah *martensit*. Martens, seorang ilmuwan berbangsa Jerman, menemukan struktur ini pada tahun 1878. Martensit diperoleh dengan mencelupkan baja karbon dalam air dan terbentuklah fasa transisi yang terjadi karena dekomposisi austenit dengan cepat dan merupakan larutan padat karbon.

Kekerasan martensit tergantung pada kadar karbon dan berkisar antara kekerasan Rockwell C 45 dan C 67. Martensit sukar di potong, bahannya rapuh dan bersifat magnetik.

Bila baja dicelup, lebih lambat daripada kecepatan kritis, terbentuklah struktur yang hitam dan agak bulat yang disebut *perlit halus*. Perlit halus kurang keras dibandingkan dengan martensit, kekerasannya berkisar antara 34 dan 45 Rockwell C; ulet dan tahan beban kejut. Bila laju pendinginan diperlambat lagi, maka akan terbentuk perlit kasar.

Kerasan Maksimum Baja.

Kekerasan maksimum yang dapat dicapai tergantung pada kadar karbon. Meskipun penambahan unsur paduan seperti khrom dan vanadium dapat meningkatkan kemampuan pengerasan baja paduan, kekerasan maksimal tidak dapat melampaui kekerasan baja karbon dengan kadar karbon yang sama.

Untuk dapat mencapai kekerasan maksimum karbon harus larut sempurna dalam austenit. Laju pendinginan minimal yang dapat menghasilkan 100% martensit disebut *cepatan pendinginan atau pencelupan kritis*. Selain itu, harus diusahakan agar jumlah martensit sisa dapat ditekan karena austenit sisa akan melunakkan struktur. Kekerasan maksimum dapat dicapai bila austenit seluruhnya berubah menjadi martensit dan nilai kekerasannya 66 sampai 67 Rockwell C. Untuk dapat mencapai nilai ini kadar karbon harus sama dengan atau lebih dari 0,60%.

Tempering.

Baja yang telah dikeraskan bersifat rapuh dan tidak cocok untuk digunakan. Melalui temper, kekerasan dan kerapuhan dapat diturunkan sampai memenuhi persyaratan penggunaan. Kekerasan turun, kekuatan tarik akan turun, sedang keuletan dan ketangguhan baja akan meningkat. Proses temper terdiri dari pemanasan kembali dari baja yang telah dikeraskan pada temperatur di bawah temperatur kritis, disusul dengan pendinginan. Meskipun proses ini menghasilkan baja yang lebih lunak, proses ini berbeda dengan proses anil karena di sini sifat-sifat fisis dapat

dikendalikan dengan cermat. Struktur akhir hasil temper baja yang dikeraskan disebut martensit temper.

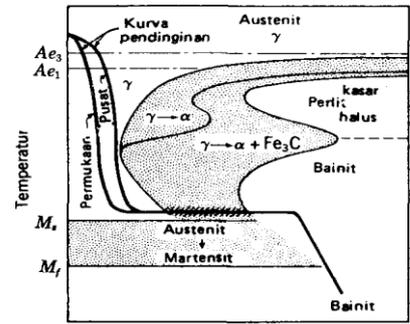
Temper dimungkinkan oleh karena struktur martensit tidak stabil. Temper pada temperatur rendah antara 150° - 230°C tidak akan menghasilkan penurunan kekerasan yang berarti, karena pemanasan akan menghilangkan tegangan dalam terlebih dahulu. Bila temperatur temper meningkat, martensit terurai lebih cepat dan 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°C diiringi dengan penurunan kekerasan. Peningkatan temperatur akan mempercepat penggumpalan karbida, sementara kekerasan turun terus. Pada Gambar 8. terlihat sifat baja AISI 1050 yang dapat dicapai dengan melakukan proses temper, terlihat kekuatan tarik, titik luluh, penyusutan penampang dan perpanjangan, ditunjukkan grafik baja yang dinormalisir pada 900°C , dan dipanaskan kembali sampai 830°C lalu dicelup ke dalam air.

Unsur paduan mempunyai pengaruh yang berarti atas temper, pengaruhnya menghambat laju pelunakan sehingga baja paduan akan memerlukan temperatur temper yang lebih tinggi untuk mencapai kekerasan tertentu. Pada proses temper perlu diperhatikan temperatur maupun waktu. Meskipun pelunakan terjadi pada saat-saat pertama setelah temperatur temper dicapai, selama pemanasan (yang cukup lama) terjadi penurunan kekerasan. Biasanya baja dipanaskan sampai temperatur tertentu kemudian dibiarkan cukup lama sampai temperatur merata. Ada dua proses khusus di mana diterapkan pencelupan tertunda. Baja yang dikeraskan dicelup dalam dapur garam pada temperatur yang lebih rendah sebelum didinginkan lebih lanjut. Proses yang dikenal dengan nama austemper dan martemper memungkinkan diperolehnya sifat fisik khusus.

Struktur yang baru ini disebut ferit atau besi-alpha dan merupakan larutan padat karbon dan besi-alpha. Daya larut karbon dalam besi-alpha jauh lebih rendah daripada dalam besi-gamma. Pada titik Ar_2 baja menjadi magnetik,

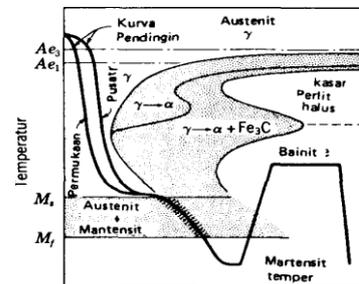
dan bila baja didinginkan sampai garis Ar_1 , ferit yang terbentuk akan bertambah. Pada garis Ar_1 , austenit yang masih ada akan bertransformasi menjadi suatu struktur baru yang disebut *perlit*. Perlit tampak sebagai lapisan yang terdiri dari lempeng ferit dan karbida besi berselang-seling. Disebut perlit karena mirip lapisan mutiara (mother of pearl), lihat Gambar.4.

Proses pencelupan tertunda seperti tampak pada Gambar 9.A disebut austemper. Austenit mengalami transformasi isotermai dan berubah menjadi *bainit* (bainite) yang keras. Benda atau bagian harus diceiup dengan cepat sampai mencapai temperatur yang tepat, tanpa memotong ujung kurva diagram transformasi. Baja dibiarkan di atas garis M akan tetapi dibawah 430°C . Bila dibiarkan cukup lama, akan diperoleh struktur bainit. Di bawah mikroskop struktur bainit mirip dengan martensit, akan tetapi bainit lebih ulet dibandingkan dengan martensit temper. Proses ini diterapkan untuk benda yang kecil dengan kemampuan pengerasan yang baik.



Waktu -skala log

A



Waktu - skala log

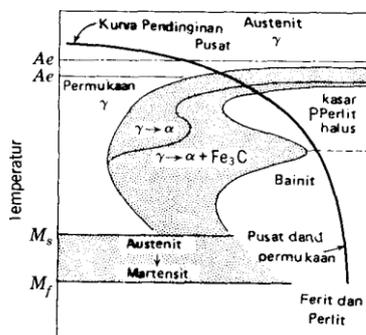
B

Gambar 7. Diagram transformasi untuk proses pencelupan tertunda. A. Austemper. B. Martemper.

Anil.

Tujuan utama dari proses anil adalah pelunakan sehingga baja yang keras agar dapat dikerjakan melalui pemesian atau pengerjaan dingin. Hal ini dilakukan dengan memanaskannya sedikit di atas temperatur kritis A_{c3} , lalu dibiarkan sampai temperatur merata dan disusul dengan pendinginan secara perlahan-lahan pada tungku pemanas sampai diperoleh temperatur dibagian luar dan dalam sama. Proses yang digambarkan pada Gambar 10 disebut proses anil sempurna (full annealing) karena struktur sebelumnya akan berubah, struktur kristal merata dan logam lebih lunak. Anil juga dapat meniadakan tegangan dalam.

Bila logam yang telah dikeraskan dipanaskan di atas daerah kritis, struktur kembali menjadi austenit dan pendinginan perlahan-lahan memungkinkan terjadinya transformasi dari austenit menjadi struktur yang lebih lunak. Baja hipoeutektoid bertransformasi menjadi perlit dan ferit. Perlu dicatat bahwa temperatur anil untuk baja hipereutektoid harus lebih rendah, yaitu disekitar garis A_1 . Bila temperatur melampaui garis A_{cm} , akan terjadi pengendapan butir-butir sementit yang keras. Martensit akan berubah seluruhnya menjadi perlit bila dipanaskan di atas daerah kritis bawah disusul dengan pendinginan secara perlahan-lahan. Sementit bebas yang terdapat dalam baja tidak akan terpengaruh oleh perlakuan panas ini.



Waktu -skala log

Gambar 8. Kurva transformasi untuk anil sempurna.

Temperatur pemanasan proses anil tergantung pada komposisi, dan untuk baja karbon dapat dilihat pada diagram besi-karbida besi, pada Gambar 10. Laju pemanasan ditentukan oleh bentuk dan variasi ukuran profil, harus diusahakan agar temperatur merata. Bila temperatur 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 pendinginan dalam dapur. Makin tinggi kadar karbon, makin lambat laju pendinginan.

3. PELAKSANAAN PENELITIAN

3.1. Tempat Dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di laboratorium material PTKI Medan Maret 2017. Pengujian yang dilakukan adalah Hardening pada temperature 800°C , 900°C dan 1000°C , Tempering 300°C , 400°C dan 500°C , Aniling dan Normalizing.

3.2. Bahan dan Peralatan yang Digunakan.

3.2.1. Bahan.

- Baja Karbon ST 60
- Air garam
- Air Murni
- Oli

3.2.2. Peralatan.

- Tungku Pemanas (*Furnace*)
- Pengering
- Pinset
- Jangka sorong
- Pemoles
- Mesin Drayer
- Mesin *Hardness Tester*
- Kain Lap
- Toples.
- Tissu
- Mesin grindia
- Kikir

3.3. Metode Pengujian.

3.3.1. Pemanasan (*Hardening*).

- Baja Karbon ST 60 dibubut menjadi spesimen 18 buah dengan ukuran diameter 14 mm dan tinggi 20 mm
- Bersihkan baja tersebut dengan kaertas pasir halus sampai bersih mengkilat.

- C. Di Uji kekerasan masing-masing spesimen dan catat.
- D. Kemudian panaskan spesimen tersebut pada tungku pemanas pada temperature 800⁰C 900⁰C, dan 1000⁰C dan tahan masing-masing selama 0.5 jam.
- E. Celupkan spesimen tersebut kedalam air aqua, air garam dan oli
- F. Uji kekerasannya dan catat.
- G. Lakukan pengujian mikrostruktur dan ambil photonya serta cetak

3.3.2. Tempering.

- A. Panaskan kembali spesimen yang telah dihardening tersebut didalam tungku pemanas masing-masing spesimen pada temperatur 300⁰C, 400⁰C dan 500⁰C
- B. Dinginkan dengan air, uji kekerasannya dan catat.
- C. Lakukan pengujian mikrostruktur dan ambil photonya serta cetak

3.3.3. Anealing.

- A. Panaskan specimen kembali di dalam dapur pemanas pada temperature 800⁰C tahan 1 jam dan dinginkan aelama 20 jam didalam dapur pemanas tersebut setelah mematikannya atau Off.
- B. Ambil specimen tersebut setelah dinging dan bersihkan kembali baja tersebut dari segala kotoran yang ada dan ukur kekerasannya serta catat.
- C. . Lakukan pengujian mikrostruktur dan ambil photonya serta cetak

3.3.4. Normalizing.

- A. Panaskan kembali spesimen di dalam dapur pemanas 800⁰C tahan 1 jam dan dinginkan dengan udara lingkungan.

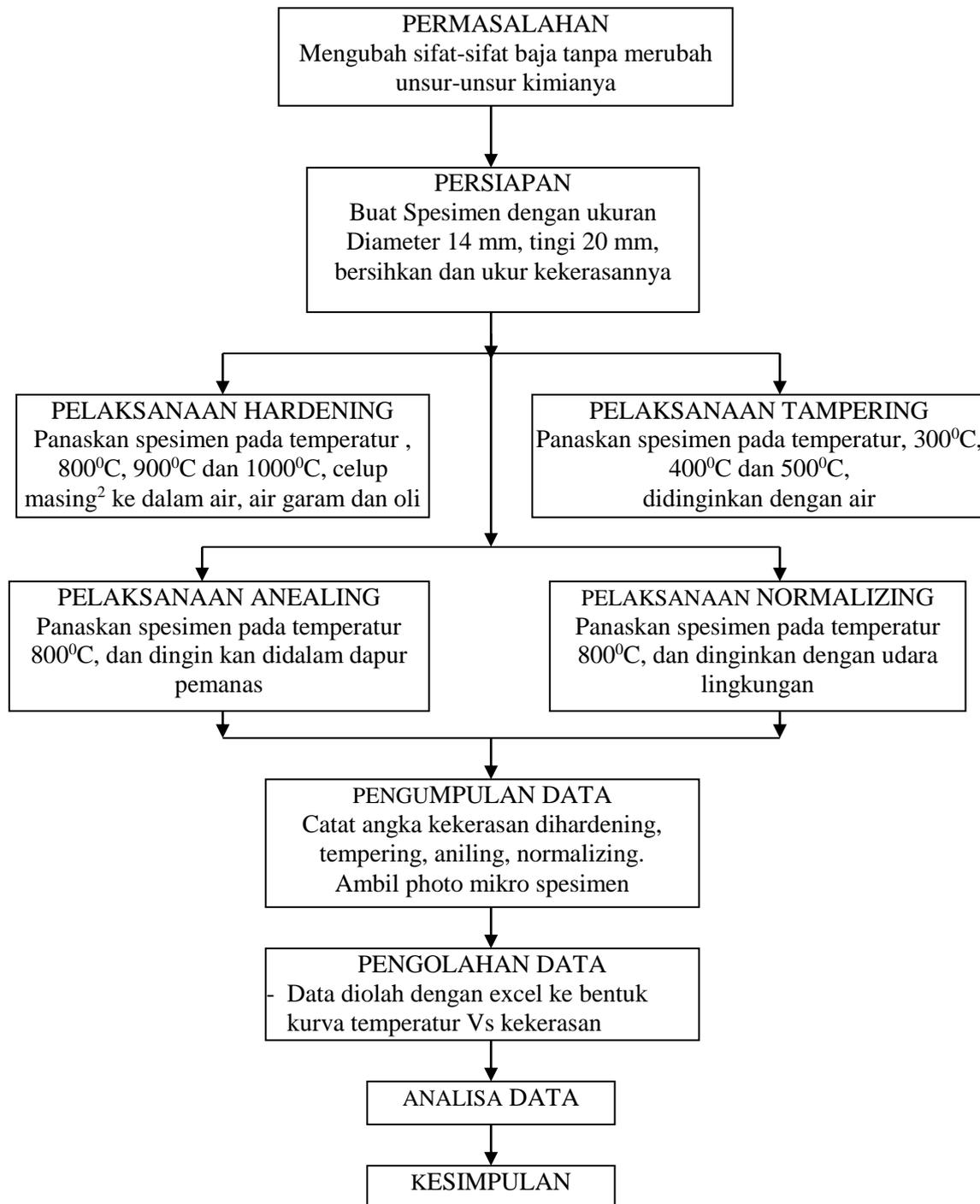
- B. Bersihkan kembali baja yang telah dipanaskan tersebut dari segala kotoran yang ada dan ukur kekerasannya serta catat.
- C. . Lakukan pengujian mikrostruktur dan ambil photonya serta cetak

3.4. Pengolahan Data.

Setelah diperoleh harga kekerasan masing-masing specimen, seterusnya ditabelkan, sehingga memudahkan mendata dan menganalisanya. Untuk menyelesaikan - nya dilakukan dengan menggunakan exel. Pengolahan data dengan exel lebih mudah untuk membuat grafik hubungan antara temperature pemanasan dan kekerasan yang terjadi pada setiap proses pendinginan dengan media air, air garam dan minyak oli. Grafik ini akan dapat memperlihatkan perubahan kekerasan tersebut, dengan adanya perubahan posisi titik-titik proses pada grafik tersebut akan menunjukkan terjadinya perbedaan kekerasan diantara bahan dengan perbedaan cara perlakuan yang telah diberikan, Gambar mikrostruktur yang ditunjukkan juga akan memberikan informasi tentang perlakuan yang dilakukan. Data-data yang diberikan akan diberikan suatu kesimpulan-kesimpulan yang akan dijabarkan selanjutnya

3.5. Kerangka Konsep.

Penelitian ini disusun dalam suatu kerangka konsep mulai dari persiapan alat dan bahan sampai pengujian sampai diperoleh hasil dan kesimpulan dengan urutan seperti gambar 9 berikut ini.



Gambar 9. Kerangka Konsep Penelitian

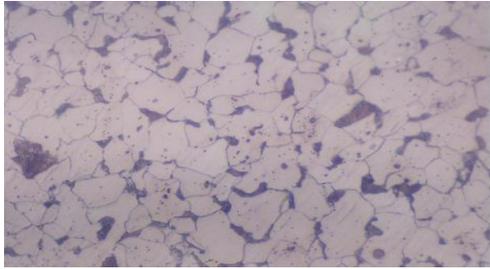
4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

4.1.1 Baja Tanpa Perlakuan Panas.

Bahan yang digunakan adalah baja St 60 sifat mekanik kekerasannya adalah HRC 15,65. Sedangkan Komposisinya 0,44%C,

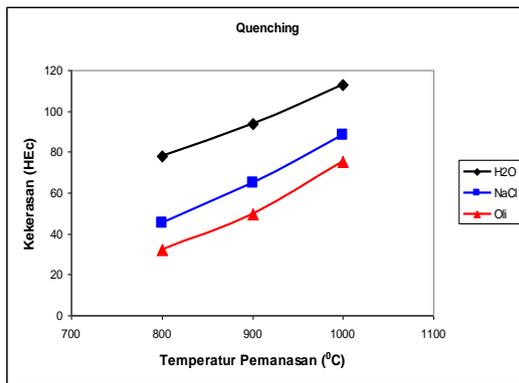
0,30%Si, 0,70%Mn, mikrostrukturnya dengan matriks adalah Ferit dengan warna putih dan Perlit dengan warna hitam bertumpuk berupa tapak tangan dengan photo mikrostruktur seperti Gambar 10. berikut :



Gambar 10. Mikrostruktur baja st 60 sebelum pemanasan

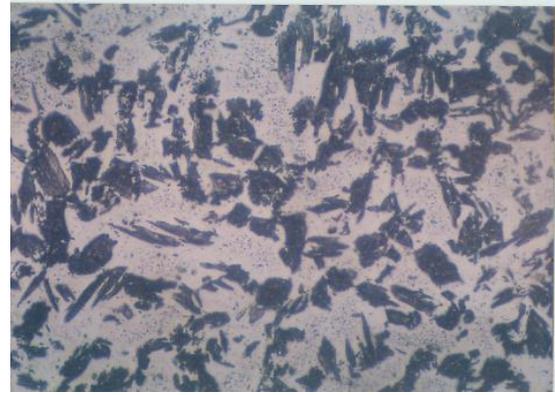
4.2. Perlakuan Panas.

Setelah dilakukan pemanasan baja St 60 masing-masing pada temperatur 800°C, 900°C dan 1000°C kemudian dicelupkan kedalam media pendingin masing-masing air (H₂O), air garam (NaCl) dan minyak oli. Dari hasil pemanasan tersebut dilakukan pengujian kekerasan dipanaskan pada 800°C, 900°C dan 1000°C dan dicelup kedalam media pendingin air (H₂O) kekerasannya 77,75 HRc, 94,00 HRc dan 112,73 HRc, media pendingin air garam (NaCl) kekerasannya masing-masing 45,6 HRc, 65,00 HRc dan 88,50 HRc, sedangkan media pendingin oli diperoleh kekerasannya masing-masing 32,25 HRc, 49,50 HRc dan 75,24 HRc. Hal ini diperlihatkan pada pada Gambar 11, 13,14, dan 15 berikut :



Gambar 11. Hubungan kekerasan dengan pemanasan pada 800°C, 900°C dan 1000°C dan didinginkan dengan media pendingin air, air garam dan oli

Setelah dilakukan pemanasan dan dicelupkan ke dalam media pendingin, kemudian dilakukan pengujian mikrostruktur dengan menggunakan mikroskop maka diperoleh gambar mikro strukturnya pada gambar 12 berikut :



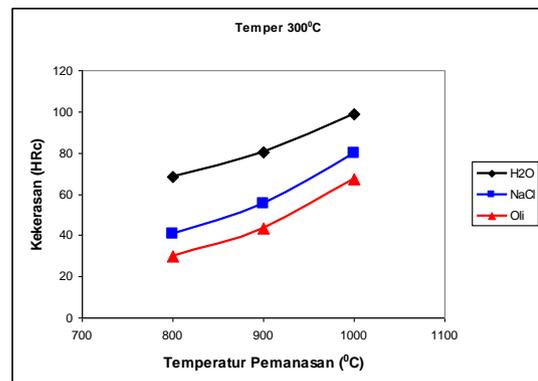
Gambar 12. Mikrostruktur baja yang didinginkan dengan air(H₂O)

Dari gambar 13. terlihat hubungan antara perlakuan panas dan media pendingin yang diberikan pada baja yang dipanaskan diatas temperatur kritis, terlihat bentuk matrik yang terjadi adalah martensit (hitam) dan selang seling ferit (putih) secara menumpuk menyerupai tapak tangan. Baja seperti ini sangat keras akan tetapi getas atau rapuh, dan selalu mempunyai tegangan sisa sewaktu pemanasan, sehingga kurang baik dipakai secara langsung, Untuk itu perlu dihilangkan tegangan sisa yang terjadi dengan proses *tempering*, yaitu pemanasan dibawah temperature kritis, 300°C, 400°C dan 500°C.

4.3. Tempering

4.3.1. Tempering pada 300°C

Tempering adalah pemanasan kembali baja yang telah diquenching, kemudian panaskan kembali masing-masing pada temperatur 300°C dan didinginkan dengan air, yang bertujuan untuk menghilangkan tegangan sisa yang terjadi pada baja setelah dicelup ke dalam media pendingin air, air garam dan oli, maka setelah dilakukan pengujian kekerasan maka diperoleh hasilnya seperti gambar 13 berikut



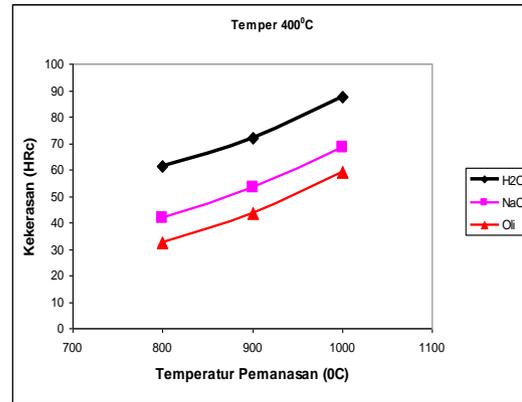
Gambar 13. Hubungan kekerasan baja dicelup ke media pendingin setelah distempering pada 300°C

Dari gambar 13 dapat dilihat hubungan antara baja yang dipanaskan pada temperature 800°C, 900°C dan 1000°C dan ditempering pada temperature 300°C, kemudian dicelup kembali dengan air (H₂O) kekerasannya masing-masing 68,36 HRc, 80,11 HRc dan 98,75 HRc. Dicelup dengan air garam (NaCl) kekerasannya masing-masing adalah 40,60 HRc, 55,50 HRc dan 79,90 HRc. Pendinginan dengan oli kekerasannya masing-masing 29,73 HRc, 43,36 HRc dan 67,18 HRc. Dalam hal ini tempering dengan 300°C Dari keseluruhan pengujian tempering terjadi penurunan kekerasan 8% s.d 20%

4.3.2. Ditempering Pada 400°C

Baja yang telah dilakukan pemanasan pada temperature 800°C, 900°C dan 1000°C dicelup kedalam media pendingin air (H₂O), air garam (NaCl) dan oli, karena sifatnya sangat rapuh dan mengandung tegangan sisa, sehingga pada riset ini dilakukan meniadakan tegangan sisa tersebut dengan *tempering* pada 400°C. Akibatnya terjadi penurunan kekerasan, Pendinginan dengan air kekerasannya adalah 61,40 HRc, 75,13 HRc dan 87,40 HRc, Pendinginan air garam (NaCl) kekerasannya 41,60 HRc, 50,79 HRc, 68,80 HRc, pendinginan dengan oli kekerasannya menjadi 32,27 HRc, 45,36 HRc dan 58,93 HRc. Ternyata terjadi penurunan kekerasan 18% s.d 25%

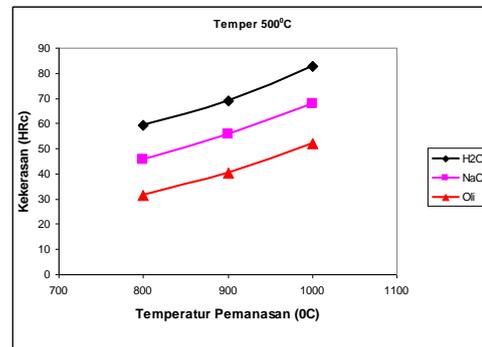
Hal ini dapat dilihat pada gambar 14 terjadi perbedaan kenaikan kurva antara pendinginan dengan oli, air garam dan air, akan tetapi bila dibandingkan dengan tanpa tempering terjadi penurunan kekerasan yang besarnya seperti diuraikan diatas.



Gambar 14. Hubungan kekerasan dan temperatur pemanasan kemudian ditempering pada 400°C

4.3.3. Ditempering Pada 500°C

Dalam riset ini dilakukan juga tempering pada 500°C, terjadi juga penurunan kekerasan, hal ini dapat dilihat pada gambar 15, hubungan antara kekerasan dan pemanasan baja kemudian ditempering pada 500°C.



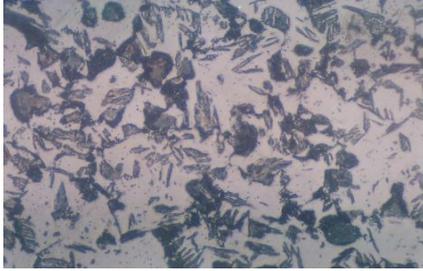
Gambar 15. Hubungan kekerasan dan temperatur pemanasan kemudian ditempering pada 500°C

Setelah dilakukan tempering pada 500°C maka terjadi penurunan kekerasan, pendinginan dengan air kekerasannya 59,36 , 65,22 HRc, 72,57 HRc, Air garam kekerasannya 55,60 HRc, 59,20 HRc, 63,90 HRc dan pendinginan dengan oli kekerasannya menjadi 36,60 HRc, 40,36 HRc, 52,18 HRc.

Jika dibandingkan Harga kekerasan sebelum di tempering dan sesudah distempering terjadi penurunan kekerasannya 24% s.d 30%

Dilakukan pengujian strukturmikro dengan menggunakan mikroskop, maka

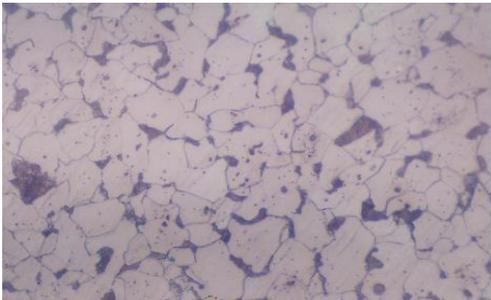
gambar strukturmikronya adalah seperti gambar 16 strukturmikronya terdiri dari sementit dengan selang seling ferit dengan orientasi membentuk struktur bulat.



Gambar 16. Mikrostruktur baja yang distempering

4.4. Annealing

Annealing adalah proses pelunakan baja dengan memanaskannya pada temperatur diatas temperatur kritis kemudian didinginkan yang cukup lambat didalam tungku pemanas itu sendiri atau pada suatu tempat yang mempunyai penyekat panas yang baik.



Gambar 17. Baja diannealing

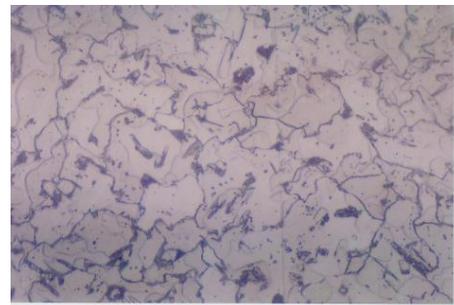
Sehingga diperoleh besar butir kristal yang halus, maka dapat memperbaiki sifat-sifat mampu pemesinan. Besar butir kristalnya sangat halus, karena karbonnya mempunyai kesempatan untuk menyebar secara merata ke dalam logam, butir-butir kristal perlit bertransformasi menjadi sejumlah kristal ferit dan perlit yang halus dan homogen. Kekerasannya mendekati harga kekerasan seperti semula 15,65 HRc.

4.5. Normalizing

Normalizing adalah proses pemanasan baja pada temperatur 50°C diatas temperatur kritis dan pendinginan dilakukan dengan udara, karena pendinginan yang agak lambat, maka kesempatan untuk pembentukan ferit

proeutektoid (pada baja hypoeutektoid) atau sementit proeutektoid (pada baja hypereutektoid) akan lebih banyak dan perlit akan lebih sedikit. Dalam gambar 18. dapat dilihat bahwa ferit (putih) lebih banyak daripada sementit (hitam). Dengan kata lain bahwa normalizing adalah untuk mengubah letak titik eutektoid menjadi lebih ke kiri pada baja hypoeutektoid dan lebih ke kanan pada baja hypereutektoid. Jadi eutektoid tidak lagi 0,8% C

Struktur pada proses normalizing lebih halus dan lebih homogen, sehingga memberikan respon lebih baik terhadap proses pengerasan. Kekerasannya 14,9 HRc



Gambar 18. Baja dinormalizing

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan.

Dengan melakukan analisa setelah pengujian kekerasan dan mengamati besar butiran kristal logam maka diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Setelah dilakukan perlakuan pengerasan dan didinginkan dengan media pendingin air, air garam dan oli, maka kekerasan yang tertinggi adalah pemanasan pada temperature 1000°C dengan media pendingin air (H₂O) sebesar 112,73 HRc, sedangkan dengan air garam juga pada temperature 1000°C dengan kekerasan 88,50 HRc, sedangkan dengan oli kekerasannya terjadi pada pemanasan 1000°C dengan kekerasan 75,24 HRc. Ternyata kekerasannya naik, karena penumpukan karbon terjadi pada kulit luar logam, karena ditahan pada saat diquencing, tetapi sifatnya menjadi getas.
2. Setelah ditempering kekerasannya menurun dibandingkan dengan hardening, karena pemanasan tersebut terjadi dibawah temperatur kritis, dibawah 723°C, sehingga

karbon tidak ada kesempatan untuk keluar dari dalam logam menuju ke kulit logam pada temperatur tempering tersebut, dimana martensit merupakan suatu struktur metastabil yang berupa larutan padat supersaturated dimana karbon yang terperangkap dalam struktur body center tetragonal akan mulai mengeluarkan karbon yang berpresipitasi sebagai karbida besi, sedangkan body center tetragonal secara berangsur-angsur akan menjadi struktur body center cubic, besi alfa dan ferit. Dengan keluarnya karbon tersebut maka tegangan didalam struktur body center tetragonal akan berkurang sekaligus menurunkan kekerasannya juga.

3. Dengan melakukan anil (annealing) atau pelunakan maka butir kristal logam akan menjadi lebih halus logam menjadi lebih lunak, artinya atom-atom karbon logam tersebut kembali menyebar keseluruh logam tersebut atau mulai dari kulit logam sampai ke inti logam, sehingga memudahkan dalam proses pemesinan, tegangan dalam akan hilang, ferit lebih banyak dari sementit, kekerasannya lebih rendah dari heat treatment.

5.2. Saran.

1. Disarankan dengan memakai bahan dari baja selain naja St 60.
2. Perlakuan pemanasannya variasi lain dan holding time yang lebih bervariasi.
3. Menggunakan media pendingin yang lain
4. Dilakukan juga dengan metoda pengujian yang lain.

Daftar Pustaka.

1. Van Vlack, Ny. Sriati Djaprie, "Ilmu dan teknologi Bahan", edisi keempat, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1986.
2. Ny. Sriati Djafrie, Van Vlack, "Ilmu dan Teknologi Bahan", Edisi kempet, Erlangga, Jakarta, 1986.
3. Dieter G.E., dan Djaprie S., "Metalurgi Mekanik" Erlangga, Jakarta, 1998.
4. R.L. Timings, "Engineering Materials", Volume 1, 1992, Malaysia.
5. William D. Callister, "Materials Science and Engineering", second edition, Salt Lake City, Utah, Januari 1990.

