

Pengaruh Perlakuan *Quench Temper* dan *Karburisasi* Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Baja Karbon Medium untuk Aplikasi Otomotif

Abdul Aziz¹

¹ Teknik Metalurgi Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Abdul.aziz@ft-untirta@yahoo.co.id
Mang_azis@yahoo.com

Abstract

Gear is one component of the most widely used machines in the field of industrial and automotive fields. In a machining process, the gears have a very important function is to forward speed, power or torque from one component to the other components of the engine and call a mechanical drive. During this time a lot of development so obtained good gear, it is because a lot of gear that is damaged, worn, and broken because the gear is not strong against friction and pressure on the gears. In addition, damage to the gears due to pressure and friction makes the gears did not last long. To increase the hardness of the gear, then in need of material which can be strong at the moment experiencing round the optimum gear. The material is widely used for applications gears are medium carbon steel metal material. Metals medium carbon steel material is a metal material having a carbon content ranging from 0.30 to 0.59%. Medium carbon steel has a hardness 174.501 HVN beginning with non-treatment. carburizing quench and tempering process is done to increase the hardness and toughness of the material. Violence can gear in 140 HVN. In the results of the research, the hardness value of each temperature of 780 oC research, 810oC and 840oC that the hardness value in each can. The optimum hardness values can on HVN 165 355 at a temperature of 840 oC. Carbon steel was expected to be an alternative to the demand for steel material compliance with certain mechanical properties. In this experiment conducted heating the austenite region and then detained with a time of 20, 40 and 60 minutes. Furthermore, in lakuakn quench tempered later in carburizing with the aim to obtain a ferrite phase and coarse perlite and an increase in the hardness after tempering quech. This research is expected after quech process of tempering and carburizing steel can be produced with better properties than previous studies looking at the relationship mekanik. For properties obtained hardness value and volume increase in the number of pearlite and ferrite.

Keywords: Gears, Medium Carbon Steel, Quench tempering, Carburizing

Abstrack

Roda gigi merupakan salah satu komponen mesin yang paling banyak digunakan dalam bidang industri maupun bidan otomotif. Dalam suatu proses permesinan, roda gigi mempunyai fungsi yang sangat penting yaitu untuk meneruskan kecepatan, daya atau torsi dari satu komponen mesin ke kompenen lainnya dan di sebut sebagai penggerak mekanis. Selama ini banyak sekali pengembangan agar di peroleh roda gigi yang baik, hal ini disebabkan banyak sekali roda gigi yang rusak, aus, dan patah dikarenakan roda gigi tersebut tidak kuat terhadap gesekan dan tekanan pada roda gigi. Di samping itu kerusakan pada roda gigi akibat tekanan dan gesekan membuat roda gigi tidak bertahan lama. Untuk meningkatkan kekerasan pada roda gigi, maka di butuhkan material yang dapat kuat pada saat roda gigi mengalami putaran optimum. Material yang banyak digunakan untuk aplikasi roda gigi yaitu material logam *medium carbon steel*. Material Logam *medium carbon steel* merupakan material logam yang memiliki kadar karbon berkisar 0,30 – 0,59 %. Baja karbon sedang ini mempunyai kekerasan awal 174,501 HVN dengan *non treatment*. proses *quench temper* dan *carburizing* dilakukan untuk meningkatkan nilai kekerasan dan ketangguhan pada material. Kekerasan roda gigi di dapat 140 HVN.. Pada hasil penelitian didapat nilai kekerasan dari setiap suhu penelitian 780 °C, 810°C dan 840°C yaitu dengan masing nilai kekerasan yang di dapat. Nilai kekerasan optimum di dapat pada 165.355 HVN pada suhu 840 °C. Baja karbon sedang diharapkan dapat menjadi alternative terhadap tuntutan akan pemenuhan material baja dengan sifat mekanis tertentu. Pada percobaan ini dilakukan pemanasan pada daerah *austenite* kemudian ditahan dengan waktu 20, 40 dan 60 menit. Selanjutnya di lakuakn *quench temper* yang kemudian di *carburizing* dengan tujuan untuk mendapatkan fasa *ferit* dan *perlite* yang kasar dan adanya peningkatan nilai kekerasan setelah *quech temper*. Dari penelitian ini diharapkan setelah proses *quech temper* dan *carburizing* dapat dihasilkan baja dengan sifat yang lebih baik dari sebelumnya dengan melihat hubungan sifat mekanik. Pada penelitian ini diperoleh nilai kekerasan dan kenaikan jumlah volume *perlit* dan *ferrit*.

Kata Kunci: Roda gigi, baja karbon sedang, *quench temper*, *carburizing*

1. Latar Belakang Penelitian

Roda gigi merupakan salah satu komponen mesin yang paling banyak digunakan dalam bidang industri maupun bidan otomotif. Dalam suatu proses permesinan, roda gigi mempunyai fungsi yang sangat penting yaitu untuk meneruskan kecepatan, daya atau torsi dari satu komponen mesin ke kompenen lainnya dan di sebut sebagai penggerak mekanis. Selama ini banyak sekali pengembangan agar di peroleh roda gigi yang baik, hal ini disebabkan banyak sekali roda gigi yang rusak dan patah dikarenakan roda gigi tersebut tidak kuat terhadap gesekan dan tekanan pada roda gigi. Di samping itu kerusakan pada roda gigi akibat tekanan dan gesekan membuat roda gigi tidak bertahan lama.

Hal ini mempengaruhi umur pakai (*life time*) pada roda gigi dan nilai kekerasan pada roda gigi. Untuk mengatasi hal tersebut, perlu dilakukan cara untuk memperbaiki sifat mekanis pada roda gigi. yaitu dengan melakukan perlakuan panas (*heat treatment*) pada roda gigi.

Kasus-kasus yang banyak di jumpai pada roda gigi yaitu roda gigi sering mengalami *crack*

dan aus ketika roda gigi mengalami titik optimum pada perputaran roda gigi, sehingga mempengaruhi *life time* pada roda gigi.

Untuk meningkatkan ketangguhan dan sifat mekanis yang baik pada roda gigi, maka di butuhkan material yang dapat tangguh dan kuat pada saat roda gigi mengalami putaran optimum. Material yang banyak digunakan untuk aplikasi roda gigi yaitu baja karbon sedang. Baja karbon sedang merupakan baja yang memiliki kadar karbon berkisar 0,30 – 0,59 %. Baja karbon sedang merupakan baja yang bisa di bentuk sifat mekanis dan struktur mikro dengan dilakukan proses perlakuan panas. Dengan berbagai variasi temperatur dan waktu tahan dan menggunakan media pendingin air sehingga diharapkan dapat dicapai struktur mikro dan nilai kekerasan yang sesuai.

Berdasarkan hal tersebut perlu dilakukan penelitian untuk mendapatkan nilai kekerasan perlu dilakukan perlakuan panas pada baja karbon sedang tersebut.

II. Pendahuluan.

Baja (*steel*) merupakan paduan antara besi dan karbon dengan komposisi karbon kurang dari atau sama dengan 2 % dan apabila kandungan karbonnya lebih dari 2 % maka paduan tersebut disebut baja besi tuang (*cast iron*)^[10]. Secara umum baja dibagi menjadi dua bagian yaitu, menurut aplikasi dan komposisinya. Menurut komposisi kimianya, baja dibagi menjadi dua bagian yaitu baja paduan dan baja karbon. Sedangkan menurut aplikasinya baja dibagi menjadi 3 bagian yaitu, baja konstruksi, baja perkakas, baja dengan sifat fisik dan kimia khusus (baja tahan panas, baja tahan gesek dan baja tahan karat). Baja karbon (*carbon steel*) adalah baja yang mempunyai kandungan unsur paduan utamanya adalah karbon (Avner S, 1986). Berdasarkan kadar karbonnya, baja karbon di golongankan menjadi empat bagian.

2.2 Pengaruh unsur paduan pada baja

Keberadaan atom larut sebagai larutan padat dalam kisi atom pelarut selalu menghasilkan paduan yang lebih kuat daripada logam murni. Penambahan unsur paduan dalam baja perkakas bertujuan untuk mendapatkan beberapa sifat mekanis yang optimal. Sifat – sifat yang diinginkan adalah kekerasan serta ketangguhan yang tinggi. Ada tiga fungsi pokok unsur pada paduan

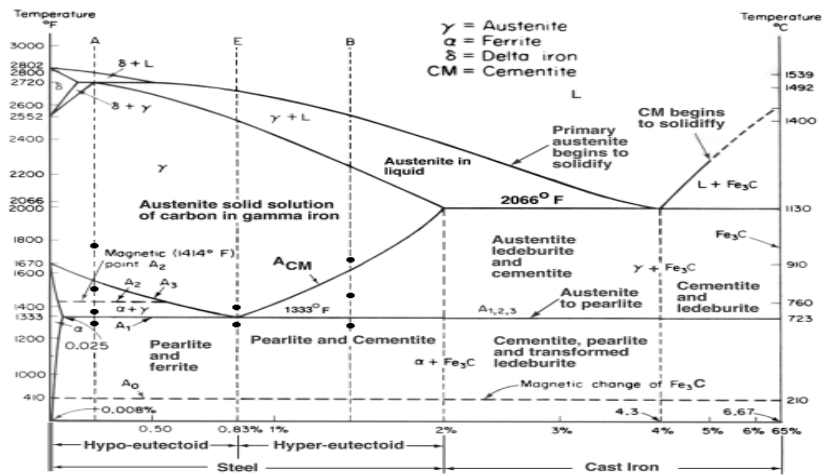
1. Sebagai *substitusi* atom besi dalam larutan padat atau dalam sementit untuk meningkatkan kekuatan, kekerasan dan ketangguhan. Selain itu, elemen paduan juga dapat dimanfaatkan guna membatasi pertumbuhan butir dan kristal selama proses transformasi atau perlakuan panas.
2. Untuk menjamin terbentuknya martensite pada laju pendinginan panas dari tengah benda logam dan dapat merambat ke permukaan dengan kecepatan tertentu.
3. Untuk membentuk karbida yang lebih keras dan tahan aus dari pada sementit, dan untuk mengatur penemperan *martensite*.

Dengan penambahan unsur paduan maka pengaruh sifat mekanis bahan juga bertambah besar dan penambahan ini ada batas maksimumnya. Unsur – unsur kimia mempengaruhi sifat mekanik baja tersebut sehingga baja paduan mempunyai peran penting dalam unsur kimia dalam baja (Hujaj Muhammad, 2010)

2.3 Diagram Fe-Fe₃C

Diagram kesetimbangan Fe-Fe₃C adalah hal yang penting untuk memahami struktur mikro dan sifat baja karbon, suatu jenis logam paduan besi (Fe) dan karbon (C). Diagram fasa merupakan diagram yang menampilkan hubungan antara temperatur dengan kadar karbon, dimana terjadi perubahan fasa selama proses pendinginan dan pemanasan (*Smallman, R.e*)

Diagram fasa Fe-C merupakan diagram yang menjadi parameter untuk mengetahui segala jenis fasa yang terjadi didalam baja, serta untuk mengetahui faktor-faktor apa saja yang terjadi di dalam baja paduan dengan berbagai jenis perlakuan.



Gambar 2.1 Diagram Fe₃C ASM Metal Handbook, 1991

Berdasarkan gambar diagram fasa Fe-₃C pada gambar 2.1 dapat terlihat bahwa pada temperatur 727 °C terjadi transformasi fasa *austenite* menjadi fasa *perlit*. Transformasi fasa ini dikenal sebagai reaksi *eutectoid*, dimana fasa ini merupakan fasa dasar dari proses perlakuan panas pada baja. Kemudian pada temperatur 912 °C hingga 1394 °C merupakan daerah besi gamma (γ-Fe) atau *austenite*, pada kondisi ini biasanya *austenite* memiliki struktur kristal FCC (*Face Centered Cubic*) bersifat stabil, lunak, ulet, dan mudah dibentuk. Besi gamma ini dapat melarutkan unsur karbon maksimum hingga mencapai 2,14% C pada temperatur 1147 °C. Untuk temperatur dibawah 727 °C besi murni berada pada fasa ferit (α-Fe) dengan struktur kristal BCC (*Body Centered Cubic*), besi murni BCC mampu melarutkan karbon maksimum sekitar 0,02% C pada temperatur 727 °C. Sedangkan besi delta (δ-Fe) terbentuk dari besi gamma yang mengalami perubahan struktur dari FCC ke struktur BCC akibat peningkatan temperatur dari temperatur 1394 °C sampai 1538 °C, pada fasa ini besi delta hanya mampu menyerap karbon sebesar 0,05 %C (*George kraus*,).

2.4 Perlakuan panas

Perlakuan panas adalah proses pengendalian pemanasan, penahanan pemanasan dan laju pendinginan logam dan paduannya dalam keadaan padat untuk mendapatkan struktur mikro dan sifat mekanis yang diinginkan. Perlakuan panas merupakan usaha mendapatkan sifat mekanik suatu logam dengan cara melakukan pemanasan pada logam di bawah temperatur lebur logam tersebut kemudian di berikan waktu penahanan diikuti dengan pendinginan (*Avner S, 1986*). perlakuan panas adalah proses kombinasi pemanasan dan pendinginan dalam waktu tertentu, dengan tujuan untuk mendapat sifat mekanik tertentu, dan juga tujuannya untuk mengeraskan dan meliatkan bahan, keadaan ini terjadi karena pada pendinginan cepat mulai dari suhu tersebut terbentuk suatu struktur keras, yang disebut *martensit*. Menurut *Hans Kramer (1997: 63)*. Tujuan perlakuan panas tersebut meliputi :

- Untuk memperoleh sifat-sifat sesuai dengan penggunaan, Khususnya untuk mendapatkan kekerasan, kekuatan dan sifat liat yang dipergunakan, tujuan ini dapat dicapai melalui pengerasan, perbaikan sifat dan pormalan.
- Untuk memberikan kemungkinan pengerjaan yang optimal untuk pengerjaan pembentukan, caranya dengan pelunakan, dan pelunakan penuh.
- Untuk menghilangkan ketegangan pada benda kerja yang dapat timbul setelah pengelasan, pengerjaan pembentukan- panas atau pembentukan-dingin, dalam hal ini diterapkan proses pembebasan tegangan.

2.5 Tempering

Perlakuan untuk menghilangkan tegangan dalam dan menguatkan baja dari kerapuhan disebut dengan *tempering*. Pada saat *tempering* dapat terjadi proses difusi yaitu karbon dapat melepaskan diri dari martensit berarti keuletan (*ductility*) dari baja naik, akan tetapi kekuatan tarik menurun. Menurut Amanto dan Daryanto (2003:80). "*Tempering* didefinisikan sebagai memanaskan baja kembali pada suhu *tempering*, setelah dilakukan pengerasan (*Hardening*) untuk memperbaiki kekuatan dan kekenyalannya, yang dilanjutkan dengan proses pendinginan.

2.6 Proses Carburizing

Carburizing adalah proses menambahkan karbon ke permukaan benda, dilakukan dengan memanaskan benda kerja dalam lingkungan yang banyak mengandung karbon aktif, sehingga karbon berdifusi masuk ke permukaan baja (Wahid Suherman, 1998). Pada *temperature carburizing*, media karbon terurai menjadi CO yang selanjutnya terurai menjadi karbon aktif yang dapat berdifusi masuk ke dalam baja dan menaikkan kadar karbon pada permukaan baja. Berdasarkan bentuk fisik media karburisasi dikenal dengan tiga cara karburisasi yaitu *carburizing* padat (*pack carburizing*), *carburizing* cair (*liquid carburizing*), dan *carburizing* dengan media gas (*gas carburizing*).

2.7 Baja karbon sedang dan aplikasinya

Baja karbon sedang (*medium carbon steel*). Baja jenis ini mempunyai kadar karbon berkisar 0,30 – 0,59 %. Baja jenis ini banyak digunakan untuk komponen otomotif karena dapat mempunyai ketahanan aus yang baik, serta dapat digunakan sebagai konstruksi mesin, untuk poros, roda gigi dan rantai.^[13]

Terutama untuk roda gigi, roda gigi sangat di butuhkan pada dunia otomotif. Baja pada jenis ini dapat menghasilkan sifat mekanik yang baik. Untuk mendapatkan struktur mikro dan sifat mekanik yang diinginkan. Sehingga roda gigi yang di hasilkan akan sangat kuat dan tidak lagi terjadi *crack*. Baja karbon sedang merupakan baja yang sangat bagus untuk pembuatan roda gigi. Di samping kadar karbon, kekerasan baja karbon sedang bisa di tingkatkan dengan proses *heat treatment*. Sebagai contoh baja jenis ini dapat ditingkatkan kekuatannya

III. Metode Penelitian

Penelitian ini diawali dengan persiapan benda uji material yaitu berupa baja karbon sedang. Dengan kadar karbon 0.39%. setelah di lakukan preparasi kemudian di lakukan proses *Heat Treatment* yaitu dengan mempersiapkan 9 sampel baja karbon sedang yang masing-masing 3 sampel baja karbon sedang yang dipanaskan pada temperatur 780°C dengan masing – masing waktu tahan 20 menit, 3 sampel baja karbon sedang yang dipanaskan pada temperatur 810°C dengan masing – masing waktu tahan 40 menit, 3 sampel baja karbon sedang yang dipanaskan pada temperatur 840°C dengan masing – masing waktu tahan 60 menit. Kemudian Lakukan proses *Temper* terhadap 9 sampel baja karbon sedang tersebut dengan 3 sampel baja karbon sedang yang dipanaskan pada temperatur 500°C dengan masing – masing waktu tahan 1 jam, 3 sampel baja karbon sedang yang dipanaskan pada temperatur 550°C dengan masing – masing waktu tahan 1 jam, 3 sampel baja karbon sedang yang dipanaskan pada temperatur 600°C dengan masing – masing waktu tahan 1 jam. kemudian Lakukan proses Karburisasi terhadap 9 sampel baja karbon sedang tersebut dengan 3 sampel baja karbon sedang yang dipanaskan pada temperature 850°C dan masukan arang batok kelapa dengan masing – masing waktu tahan 1 jam, 3 sampel baja karbon sedang yang dipanaskan pada temperatur 900°C dan masukan arang batok kelapa dengan masing – masing waktu tahan 1 jam, 3 sampel baja karbon sedang yang dipanaskan pada temperatur 950°C dan masukan arang batok kelapa dengan masing – masing waktu tahan 1 jam, kemudian lakukan proses pendinginan media udara. Lakukan proses Metalografi, pertama hilangkan oksida yang terdapat pada permukaan sampel dengan permukaan gerinda. Amplas permukaan sampel dengan menggunakan amplas ukuran nomor 80, 120, 240, 400, 600, 1000, 1200 dan 1500 (dari kasar hingga halus). Poles permukaan sampel yang telah halus dengan menggunakan *diamond paste* yang telah di campur dengan air yang dituang di atas kain poles beludru hingga permukaan sampel mengkilat seperti kaca bebas goresan. Membilas permukaan sampel dengan air lalu mengeringkannya. Melakukan pengetsaan dengan menggunakan *nitral* 3%. Amati permukaan sampel dan memfotonya dengan menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran 100x dan 500x. Kemudian lakukan pengujian kekerasan.

IV. Hasil dan Diskusi

4.1. Pengujian komposisi kimia

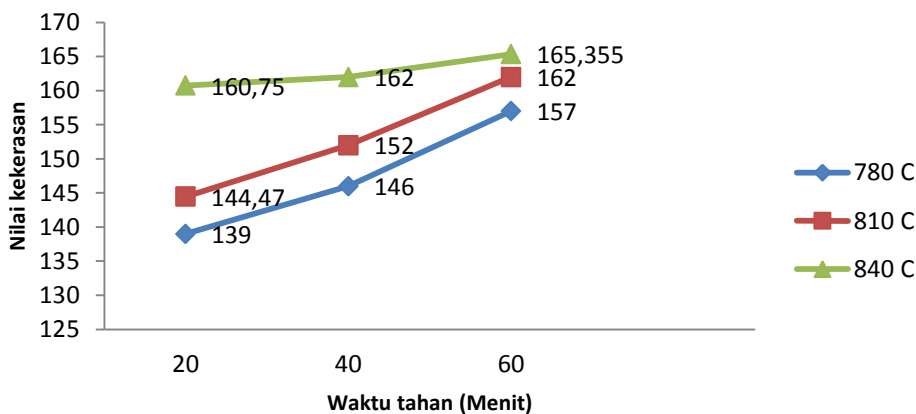
Untuk mengetahui komposisi kimia dari sampel yang dibuat dengan uji *spectro* dihasilkan komposisi karbon dalam jumlah rata – rata 0,39% sebagai paduan utama.

4.2. Data Hasil nilai kekerasan.

Sampel	Suhu	Waktu tahan	kekeraan
--------	------	-------------	----------

A	780 °C	20 menit	139 HVN
B	780 °C	40 menit	146 HVN
C	780 °C	60 menit	157 HVN
A	810 °C	20 menit	144,47 HVN
B	810 °C	40 menit	152 HVN
C	810 °C	60 menit	162 HVN
A	840 °C	20 menit	160,75 HVN
B	840 °C	40 menit	162 HVN
C	840 °C	60 menit	165,355 HVN

Dari kekerasan *raw material* didapat sebesar 174,501 HVN. Sedangkan dari data diatas di dapat nilai kekerasan yang mengalami penurunan setelah *quench temper* dan kemudian di *karburisasi*. Kekerasan pada roda gigi yang di dapat dari literatur sebesar 140 HVN. Jika dilihat dalam grafik sebagai berikut :



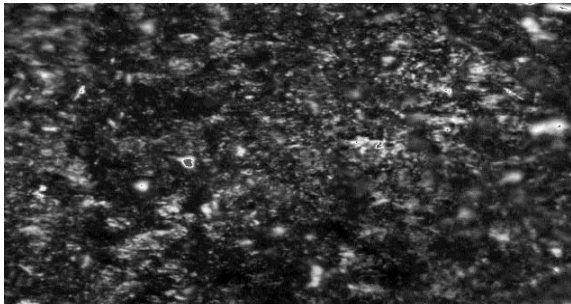
Gambar 4.1 Grafik antara nilai kekerasan dan waktu tahan

Pada grafik di atas dapat dilihat bahwa pada suhu 780 °C dengan waktu tahan 20 menit peningkatan kekerasan semakin meningkat. Pada sampel A di dapat nilai kekerasan 139 HVN, sampel B 146 HVN dan sampel C 157 HVN. Dan begitu juga dengan suhu 810 °C dengan waktu tahan 40 menit di dapat peningkatan nilai kekerasan dari sampel A 144.47, sampel B 152 HVN, dan 162 HVN.. Dan pada suhu 840 °C dengan waktu tahan 60 menit di dapat nilai kekerasan pada sampel A 160 HVN, 162 HVN dan 165.355 HVN terlihat kenaikan nilai kekerasan pada suhu 840 °C. dari hasil grafik di atas bahwa lamanya waktu tahan akan mempengaruhi kenaikan nilai kekerasan pada material. Nilai kekerasan yang paling tinggi yaitu 165,355 HVN dari nilai kekerasan awal sebesar 174.501 HVN dan nilai kekerasan roda gigi sebesar 140 HVN

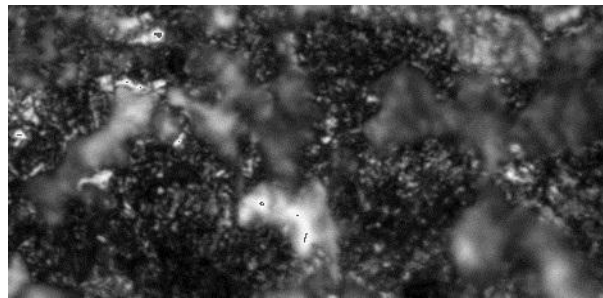
4.3 Data hasil pengujian metalografi

Pengamatan metalografi bertujuan untuk mengetahui struktur mikro hasil proses *quench temper* Penggunaan metode *point counting* bertujuan untuk menghitung persen fasa yang

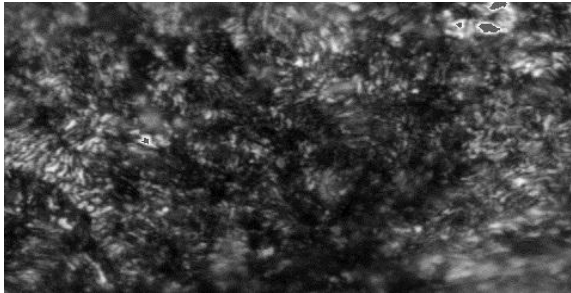
terbentuk setelah proses *quench temper*. Berikut ini gambar struktur mikro



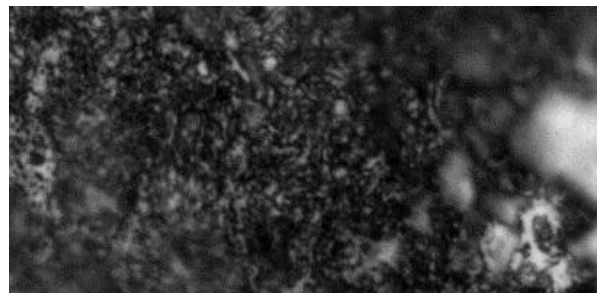
Gambar 4.1 struktur mikro 780 °C 20 menit



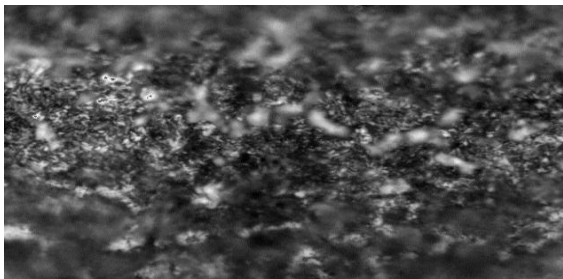
Gambar 4.2. struktur mikro 780 °C 40 menit



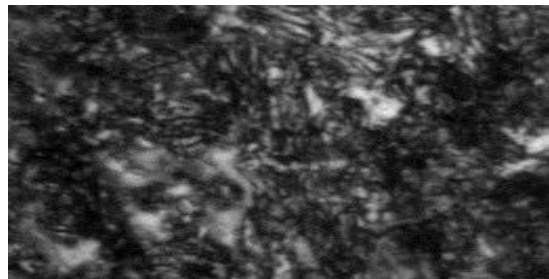
Gambar 4.3 struktur mikro 780 °C 60 menit



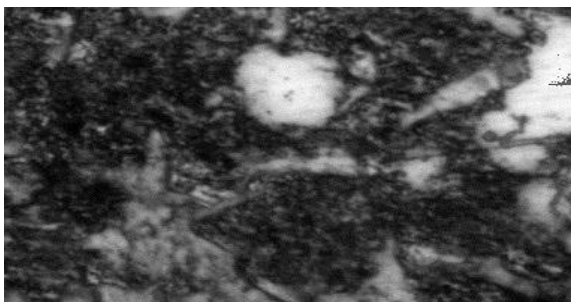
Gambar 4.4 struktur mikro 810 °C 20 menit



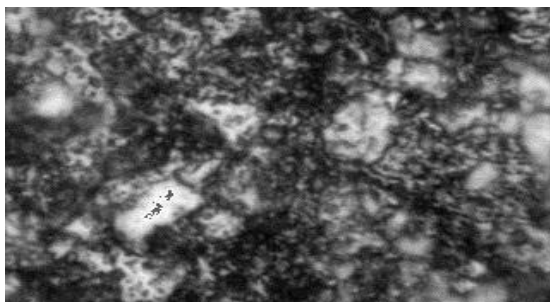
Gambar 4.5 struktur mikro 810 °C 40 menit



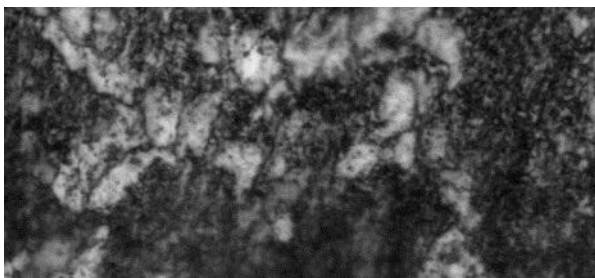
Gambar 4.6 struktur mikro 810 °C 60 menit



Gambar 4.7 struktur mikro 840 °C 40 menit

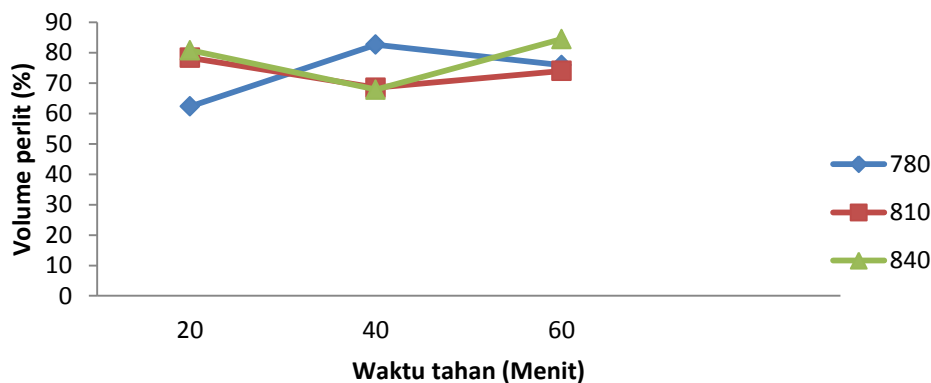


Gambar 4.8 struktur mikro 840 °C 40 menit



Gambar 4.9 struktur mikro 840 °C 60 menit

Jika di lihat dari korelasi terhadap peningkatan volume *perlite*, pada gambar struktur mikro, maka akan bisa gambarkan seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.11 Dari gambar 4.11 dengan jumlah perlit yang terlihat dengan jelas pada daerah *austenit* yaitu pada fasa ($\alpha + \gamma$) dengan penahanan waktu serta di *quenching* dan di *temper* perlakuan ini meningkatkan volume *perlite*



Gambar 4.11 Pengaruh waktu penahanan terhadap volume perlit yang terbentuk Pada setiap temperatur pemanasan.

Kenaikan fraksi volume *perlite* terjadi pada suhu 840 °C pada waktu tahan 60 menit dengan fraksi volume perlit sebesar 84.56%. sedangkan penurunan perlit terjadi pada suhu 810 °C dengan fraksi perlit 67.90 % dengan waktu tahan 20 menit. pada 810 °C terjadi kenaikan dan penurunan yang signifikan jika di lihat dari grafik. Pada suhu 780 °C terjadi kenaikan volume perlit dari 62.34% menjadi 82.71 % dari sampel A ke B, dan mengalami penurunan menjadi 75.92 %. Pada sampel C. makin lama waktu tahan pada material makin banyak struktur *perlite* yang terbentuk pada struktur material.

4.4 Pengaruh temperatur pemanasan dan waktu tahan terhadap nilai kekerasan

Pada gambar 4.13 Pengaruh waktu penahanan terhadap nilai kekerasan pada berbagai temperatur pemanasan terlihat semakin tinggi temperatur pemanasan dan semakin lama waktu tahan (*holding time*) maka akan menaikkan nilai kekerasan.

kenaikan nilai kekerasan terjadi karena peningkatan fraksi volume perlit, hal ini dapat disebabkan karena kristal *austenit* yang terjadi terlalu besar, sehingga pada pendinginan cepat *perlite* akan membentuk struktur yang berupa pelat-pelat *perlite* yang sejajar, yang tumbuh didalam butir kristal *austenit* kasar yang akan menurunkan keuletan/ketangguhan suatu baja. Maka di lakukan *quench temper* agar material yang di hasilkan dapat tangguh dengan kekerasan yang optimal. Dengan perlakuan panas (*heat treatment*) yang di *quenching* dengan air serta di *temper* di udara untuk dapat menghasilkan material yang keras dan tangguh. semakin lama suhu pemanasan dan *holding time* (waktu tahan) akan meningkatkan nilai kekerasan material..

V. Simpulan dan Saran.

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan, :

1. Perlakuan *quench temper* dan *carburizing* dapat meningkatkan nilai kekerasan dan ketangguhan material. Karena dengan proses *quench temper* material akan keras dan tangguh serta di tambah penambahan karbon dengan proses *carburizing*.
2. Semakin tinggi temperatur pada perlakuan panas dan semakin lama waktu tahan (*holding time*) pada material akan sangat mempengaruhi nilai kekerasan pada material baja karbon sedang. Nilai kekerasan yang di peroleh untuk paling rendah di dapat 139 HVN dan yang paling tinggi yaitu 165.5 HVN.
3. Semakin tinggi temperatur pada perlakuan panas dan semakin lama waktu tahan (*holding time*) pada material maka fasa yang banyak terbentuk adalah fasa *perlite* yang di hasilkan,

5.2 Saran

Berdasarkan data hasil penelitian, serta dihubungkan dengan beberapa jurnal dan literatur, maka saran untuk penelitian selanjutnya yaitu :

1. Pada saat perlakuan *carburizing* diharapkan untuk lebih mengahluskan arang batok kelapa sehingga karbon yang masuk dapat padat pada permukaan material..

2. Pembersihan permukaan pada material harus diperhatikan, untuk menghilangkan *scale* pada metalografi. Sehingga hasil metalografi dapat diamati dengan jelas.

VI. Daftar Pustaka

- [1]. WibawaSamdan, "Analisa struktur mikro dan sifat mekanik baja fasa ganda dengan *interical annealing* dengan pendinginan cepat (*quenching*) pada baja karbon rendah", skripsi program sarjana teknik Untirta. Cilegon. 2013.
- [2] Avner Sidney H, "Introduction to physical metallurgy" Mc.Graw hill book company, sec.Ed 1986
- [3] <http://metallurgyfordummies.com/wp-content/uploads/2011/06/phase-diagram-fe3c>
- [4] ASM Metal handbook Heat treating ., Vol 4
- [5] Ashaby, M.F and easterling, K.E (1982) *Actametallurgical* 30, 1969 – 1978
- [6] Antonio, agusto, *Steel forming and heat treating handbook*.2009
- [9] George krauss., " *Heat treatment and processing principles*", material park ohio 44073
- [10] Chapter 11: *Metal alloys – applications & processing*
- [11] Bruce I,bramfit. *Carbon and alloy steels, international steel groupInc, research laboratories, Bethlehem,pinnisylvania,2002.*
- [12] Thelning, *Steel and its heat treatment*, 1984
- [13] Baumering, B.J.M.. (1994). Ilmu Bahan LogamJilid I. Jakarta: PT. Bhratara Niaga Media.
- [14] Smallman, R.e , "Metalurgi fisik modern" , edisikeempat, PT Gramedia Jakarta
- [15] Hujaj Muhammad, " Karakterisasi sifat mekanik dan struktur mikro baja perkakas tuang dengan pengaruh perlakuan *quench temper*, skripsi program sarjana teknik Untirta. Cilegon. 2010.
- [16] Setiawan, andi "Studi pengaruh temper single dan double temper 200⁰C dan 530⁰C terhadap ketangguhan baja perkakasa ASSAB 88 dan baja KW-10 untuk aplikasi material dies , skripsi program sarjana fakultas teknik UI, depok 2002.
- [17] (http://www.alatuji.com/article/detail/3/what-is-hardness-test-uji-kekerasan-#.T_WBc5EKTFE)
- [18] Amanto, Hari dan Daryanto. (2003). Ilmu Bahan. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- [19] Alexander, W.O. dkk (eds). (1991). Dasar Metalurgi Untuk Rekayasa. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utami.
- [20] Kramer, Hans dan Scharnagl, johann. (1997). Pengetahuan Bahan Untuk Industri. Jakarta: Penebar Swadaya.