

ANALISIS PERLAKUAN *CARBURIZING* TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK PADA BAHAN *SPROCKET* IMITASI SEPEDA MOTOR

Andika Wisnujati

Program Vokasi, Program Studi D3 Teknik Mesin
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Email: andika_wisnujati@yahoo.com

ABSTRAK

Kemajuan industri dan teknologi semakin berkembang pesat, termasuk industri logam. Kemajuan industri logam memiliki peranan yang penting terutama dalam dunia otomotif yang banyak menggunakan material dari logam. *Sprocket* merupakan komponen utama dalam sepeda motor, sebagai transfer gaya putar dari mesin menuju ke roda, sehingga akan cepat aus karena akan terjadi gesekan antara rantai dengan *gear* pada waktu mentransfer gaya putar dari mesin. Pada penelitian ini *sprocket* mengalami proses *carburizing* (karbonisasi) yaitu proses memanaskan bahan sampai diatas suhu kritis 900°C-950°C dengan penahanan selama 1 (satu) jam kemudian didinginkan dengan media air. *Carburizing* bertujuan memberikan kandungan karbon lebih banyak pada bagian permukaan dibanding dengan bagian inti benda kerja, sehingga kekerasan permukaan diharapkan dapat meningkat. Hasil pengujian kekerasan *sprocket* imitasi didapat nilai kekerasan rata-rata 219.23 VHN dan *sprocket genuine* tanpa perlakuan panas yaitu sebesar 217.68 VHN. Hal ini dikarenakan pada *sprocket* imitasi terdapat kandungan kadar karbon dan silikon lebih besar setelah dilakukan *carburizing*. Hasil pengujian struktur mikro pada *sprocket imitasi*, struktur ferrit terbentuk dari proses pendinginan yang lambat dari austenit (*baja hypoeutectoid*) dan mempunyai konduktivitas panas yang tinggi sehingga struktur ini bersifat lunak serta ulet. Pada fasa struktur perlit terbentuk campuran antara ferrit dan sementit. Pada 0,8% karbon perlit yang tampak seperti pelat-pelat yang tersusun secara bergantian oleh perpaduan struktur antara struktur ferrit dan sementit, serta fasa struktur ini memiliki sifat ulet dan kekerasan yang cukup tinggi, kemudian struktur mikro sementit senyawa besi karbon (Fe₃C) bersifat keras pada pendinginan lambat bentuknya *lamellar* bersifat keras.

Kata kunci: *sprocket*, *carburizing*, sifat fisik dan mekanik.

ABSTRACT

The progress of industry and technology is growing rapidly, including metal industry. This progress has an important role to support other industries, particularly in the automotive industries that uses a lot of metal material. Sprocket is a major component in motorcycles, as transfer turning force from the engine to the wheels, so that it will rapidly wear out because there will be friction between the chain with gear at the time of transfer the turning force from the engine. In this study sprocket undergoing of carburizing process (carbonization) that is the process of heating material to above the critical temperature 900°C-950°C with detention for 1 (one) hour and then cooled with water media. Carburizing process aims to give more on the surface than the core part of the workpiece, so that the surface hardness is expected to increase. The test results obtained average hardness value of imitation sprocket is 219.23 VHN and genuine sprocket without heat treatment that is equal to 217.68 VHN. These results are due to the content of carbon and silicon is greater after carburizing in the imitation sprocket. The test results on the microstructure of sprocket imitation, the ferrite structure formed by the slow cooling of austenite (hypoeutectoid steel) and has a high thermal conductivity, so that this structure is a soft and ductile. In phase perlite structure formed the mixture of ferrite and cementite. At 0.8% perlite carbon looked like plates are arranged alternately by a fusion between the structure of ferrite and cementite structure, and this structure phase has a resilient nature and the hardness is quite high, then the microstructures of iron compounds and carbon cementite (Fe₃C) is hard on slow cooling lamellar shape.

Keywords: *sprocket*, *carburizing*, *physical and mechanical properties*.

1. PENDAHULUAN

Kemajuan industri dan teknologi semakin berkembang pesat, termasuk industri logam, terutama dalam dunia otomotif yang banyak menggunakan material dari logam. Teknologi Otomotif Sepeda motor semakin meningkat pesat seiring dengan peningkatan penjualan sepeda motor. Indonesia merupakan salah satu pengguna kendaraan sepeda motor yang terbesar di dunia setelah Cina dan India (Edo Rusyanto, 2012). Pembelian sepeda motorn meningkat tiap tahunnya, sehingga jumlah sepeda motor tentunya

akan semakin meningkat, Data AISI (Asosiasi Industri Sepeda motor Indonesia) menunjukkan selama tahun 2010 penjualan motor sebanyak 6.881.893 unit dan tahun 2011 sebanyak 7.580.104 unit. Dalam pengoperasiannya komponen *sprocket* selalu bergesekan dengan rantai dari sepeda motor dari gesekan tersebut yang menyebabkan keausan dan berkurangnya umur pakai. (Abrianto, 2007), karena *sprocket* sering kita ganti maka, jika harga *gear* Set AHM 125 ribu, Federal 110 ribu dan Indopart 90 ribu, maka jika kita menggantinya dengan yang asli maka harganya akan mahal dibandingkan dengan yang imitasi, selisihnya berkisar 30 ribu. Memahami persoalan diatas dan perbandingan harga yang begitu jauh bedanya, maka penelitian ini mencoba melakukan perbandingan kualitas *sprocket genuine* dan *sprocket* imitasi melalui proses *carburizing*. Batasan masalah dalam uji kekerasan *sprocket genuine* dan *sprocket* imitasi untuk melihat perbedaan bahan dengan batasan yaitu: Material yang digunakan menggunakan *sprocket* belakang merk Honda karisma dan *sprocket* imitasi; pengujian mekanis untuk *sprocket* adalah uji kekerasan; sedang pengujian fisis dilakukan dengan struktur mikro; suhu yang digunakan 900°C dengan peningkatan suhu 10°/menit dan penahanan yang di gunakan adalah 1 (satu) jam. Tujuan utama dari penelitian ini adalah: mengetahui bahwa proses *carburizing* dapat diaplikasikan pada spesimen *sprocket*; mengetahui perubahan sifat mekanis pada bahan *sprocket*; membandingkan kualitas *sprocket genuine* dan *sprocket* imitasi.

Berdasarkan pada hasil komposisi kimia pada benda uji *gear sprocket standart* dan *gearsprocket racing*, pada material *gear sprocket* tersebut diklarifikasikan termasuk baja karbon rendah jika dilihat pada nilai karbonnya (0,025% - 0,35% C). Pada *gear sprocket standart* mengandung unsur C: 0,159% Fe: 98,20% Si: 0,007% Ni: 0,006% Cr: 0,020% Mn: 0,979% Zn: 0,541% dan *gear sprocket racing* mengandung unsur C: 0,333% Fe: 98,33% Si: 0,209% Cr: 0,029% Ni: 0,313% Mn: 0,700%. Untuk material *gearsprocket* standart nilai kekerasan rata-rata 448 HVN, sedangkan *gearsprocket racing* nilai kekerasan rata-rata 544,8 HVN (Soelaiman, 2006). Penelitian dari (Sugito. B, dkk, 2007) bertujuan untuk mengetahui perbandingan sifat fisis dan mekanis *sprocket* AHM dan ASPIRA yang di *carburizing*. Langkah-langkah Penelitian dengan cara memasukkan spesimen dalam kotak yang diisi dengan bubuk arang tempurung kelapa, kemudian dipanaskan hingga suhu mencapai 900°C ditahan selama 1 jam dan didinginkan diudara bebas. Pada pengujian kekerasan pada *sprocket* AHM sebesar 950.8 HVN, pada *sprocket* ASPIRA sebesar 904.4 HVN dan 927.0 HVN untuk ASPIRA yang di *carburizing*, dengan demikian terjadi penambahan unsur karbon sebesar 2.5 %. Sedangkan pada pengamatan struktur mikro untuk AHM dan ASPIRA baik yang di *carburizing* maupun tidak terlihat fase martensit yang mendominasi. Penelitian (Amin, Solechan 2008) untuk menganalisa peningkatan sifat mekanik material *sprocketgear* Suzuki imitasi, setelah dilakukan proses *carburizing*. Adapun variabel bebas yang digunakan *sprocket gear Suzuki genuine part*, dan *sprocketgear Suzuki* imitasi dan sudah mengalami perlakuan panas, media *quenching* oli mesin SAE 40, dengan variasi temperatur (850-950°C) dengan penahanan waktu 7 jam. Hasil yang diperoleh dari penelitian *sprocketgear Suzuki* imitasi. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian kekerasan dan pengamatan struktur mikro. Sifat mekanik material *sprocketgear Suzuki* imitasi, dengan proses *carburizing* peningkatan nilai kekerasan optimal pada suhu autenisasi dengan temperatur 950°C, kekerasannya meningkat 49,21% dibanding dengan *sprocketgear Suzuki* imitasi tanpa *carburizing*, dan lebih tinggi 7,64% diatas nilai kekerasan *sprocketgear Suzuki genuine part*.

Sprocket sepeda motor seperti tertera pada gambar (1), juga mempunyai kekuatan yang berbeda-beda misalnya *sprocket genuine* adalah salah satu produk yang telah teruji dan ber *standart* dari segi bahan, kualitas dan mutu. *Sprocket* imitasi yang jauh dari standart pembuatannya masih diragukan dari segi bahan kualitas, dan mutu produk tersebut. Tapi dari perbandingan ke dua *sprocket* tersebut kita belum bisa mengambil kesimpulan, bahan mana yang lebih mempunyai kualitas dan mutu yang lebih baik. *Sprocket* sepeda motor merupakan salah satu komponen penggerak roda. Berikut ini adalah gambar roda gigi *sprocket* yang akan diuji dilaboratorium.



Gambar 1. *Sprocket* [2]

Baja karbon merupakan salah satu jenis baja paduan yang terdiri atas unsur besi (Fe) dan karbon (C). Dimana besi merupakan unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Dalam proses

pembuatan baja akan ditemukan pula penambahan kandungan unsur kimia lain seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), mangan (Mn) dan unsur kimia lainnya sesuai dengan sifat baja yang diinginkan. Baja karbon memiliki kandungan unsur karbon dalam besi sebesar 0,2% hingga 2,14%, dimana kandungan karbon tersebut berfungsi sebagai unsur peneras dalam struktur baja.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Langkah-langkah penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut : (1) Pemotongan bahan *sprocket genuine* dan *sprocket* imitasi seperti pada gambar 2 (a) dan (b) dengan menggunakan gergaji mesin yang diberi pendinginan media air, agar tidak mengalami perubahan sifat mekanis pada spesimen *sprocket*. (2) Bahan yang digunakan adalah *sprocket genuine* merek Honda Karisma dan *sprocket* imitasi; (3) Perlakuan permukaan bahan dilakukan pada *sprocket* imitasi dengan metode *Gas Carburizing*.

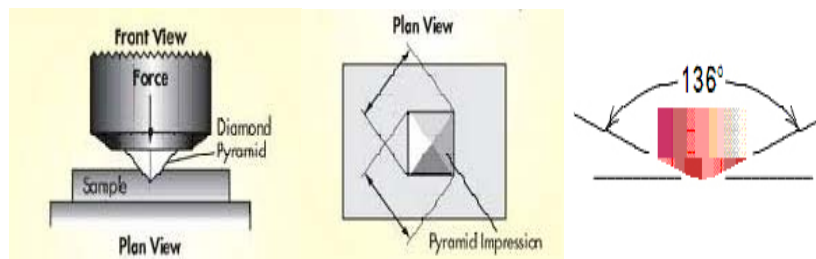


(a)(b)

Gambar 2. (a) Sprocket Genuine Honda; (b) Sprocket Imitasi

2.1 Pengujian Kekerasan Vickers

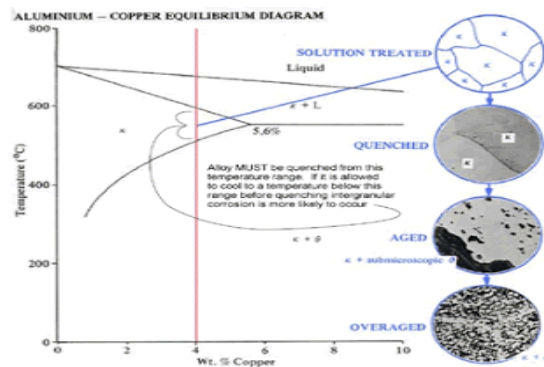
Pada pengujian ini indentor menggunakan intan kasar yang dibentuk menjadi piramida. Bentuk lekukan intan tersebut adalah perbandingan diagonal panjang dan pendek dengan skala 7:1 yang ditunjukkan pada gambar 3 dibawah ini. Pengujian ini untuk menguji suatu material adalah dengan menggunakan beban statis. Bentuk indentor yang khusus berupa knoop memberikan kemungkinan membuat kekuatan yang lebih rapat di bandingkan dengan lekukan *Vickers*. Hal ini sangat berguna khususnya bila mengukur kekerasan lapisan tipis atau mengukur kekerasan bahan getas dimana kecenderungan menjadi patah sebanding dengan volume bahan yang ditegangkan.



Gambar 3. Pengujian Vickers dan Bentuk Indikator Vickers

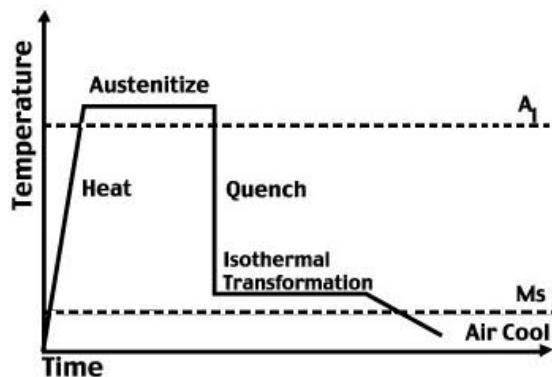
2.2 Perlakuan Panas (Heat Treatment)

Perlakuan panas merupakan suatu proses untuk merubah sifat-sifat dari logam sampai suhu tertentu kemudian didinginkan dengan media pendingin tertentu pula. Baja merupakan jenis logam yang banyak mendapatkan perlakuan panas untuk megubah sifat mekanik sesuai dengan keinginan namun terlebih dahulu diketahui instalasi dari baja tersebut seperti ditunjukkan pada diagram proses *heat treatment* pada gambar 4 dibawah ini. Salah satu proses *heat treatment* tersebut adalah *quenching*, yaitu suatu proses pengerasan baja dengan cara baja dipanaskan hingga mencapai batas austenite dan kemudian diikuti dengan proses pendinginan cepat melalui media pendingin air, oli, atau air garam, sehingga fasa autenit bertransformasi secara parsial membentuk struktur martensit. Tujuan utama dari proses *quenching* ini adalah untuk menghasilkan baja dengan sifat kekerasan tinggi.



Gambar 4. Perlakuan Panas (*heat treatment*) [2]

Quenching Metode pencelupan secara cepat yang di sebut *quenching*, pada proses ini diperoleh struktur martensit akibat dari penurunan temperatur dan suhu *austenit* ke suhu kamar yang menyebabkan logam menjadi keras (Proses *quenching* ditunjukkan pada gambar 5). Pendinginan secara mendadak dari 700°C lebih adalah suatu pengerjaan yang sangat drastis, dan pendinginan yang cepat ini akan mengakibatkan keretakan dan pergeseran benda kerja. Sejumlah media digunakan dalam *quenching* untuk mendapatkan variasi pendinginan. Larutan soda *akustik* 5% memberikan pendinginan yang sangat dahsyat, lali dimasukkan air asin, kemudian air dingin. Air hangat, minyak mineral, minyak binatang, dan sayur-sayuran memberikan pendinginan yang lambat, (Mulyadi, 2007) Efek pendinginan yang lambat pada teras terutama pada benda-benda yang besar, adalah bagian dalam baja hampir tidak sekeras bagian luarnya. Oleh karena itu akan terjadi pengendapan karbon, dan bagian tengah baja akan mengandung *pearlite*. Hal ini tidak merugikan, karena teras yang sedikit lebih lunak akan mengubah keadaan menjadilebih rapuh dan kuat.



Gambar 5. Proses *Quenching*

2.3 *Carburizing*

Pada suatu komponen mesin dari baja adakalanya diperlukan keras dan tahan aus pada permukaannya saja, sedangkan pada inti atau bagian dalam tetap dalam keadaan lunak dan ulet. Hal ini akan memberikan kombinasi yang serasi antara bagian luar atau permukaan benda kerja yang keras dan tahan menerima beban, serta tahan aus dengan inti yang lunak dan ulet. *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. Pada temperatur *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. Pada proses perlakuan panas, termasuk karburising selalu mengacu pada diagram fase yang berdasarkan pada karbon dari baja. Baja pada dasarnya adalah paduan besi dan karbon (Fe-C), besi dan karbon selain dapat membentuk larutan padat juga dapat membentuk senyawa karbid besi (Sementit, Fe₃C). Dalam diagram fase, baja dibedakan menjadi tiga kelompok utama, yaitu :

- a. baja *eutectoid*
- b. baja *hypoeutectoid*
- c. baja *hypertectoid*

Carburizing yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *gas carburizing* dalam media gas lebih menguntungkan dibanding dengan carburizing jenis lain nya karena permukaan benda kerja tetap bersih, hasil lebih banyak dan kandungan karbon pada lapisan permukaan dalam dikontrol lebih teliti.

2.4 Struktur Mikro (Metalografi)

Metalografi adalah metode yang digunakan untuk memperoleh gambar yang menunjukkan struktur mikro pada hal ini struktur logam dan paduannya. Dengan pengujian mikrografi ini kita dapat mengetahui struktur dari suatu logam dengan memperjelas batas-batas butir logam. Dalam setiap butir, semua sel satuan teratur dalam satu arah dan satu pola tertentu. Batas butir mempunyai lima derajat kebebasan, Pada batas butir antara dua butir yang berdekatan terdapat daerah transisi yang tidak searah dalam kedua butiran tadi. Batas butir dapat kita anggap berdimensi dua, bentuknya mungkin melengkung dan sesungguhnya 28 memiliki ketebalan tertentu yaitu antara dua sampai tiga jarak atom. Ketidak seragaman orientasi antara butiran yang berdekatan menghasilkan tumpukan atom yang kurang efisien sepanjang batas. Analisis struktur mikro digunakan untuk menentukan apakah parameter struktur berada dalam spesifikasi tertentu dan didalam penelitian digunakan untuk menentukan perubahan-perubahan struktur mikro yang terjadi sebagai akibat komposisi atau perlakuan panas. Dengan analisa mikro struktur, kita dapat mengamati bentuk dan ukuran kristal logam, kerusakan logam akibat proses deformasi, proses perlakuan panas, dan perbedaan komposisi. Sifat-sifat logam terutama sifat mekanis dan sifat fisis sangat dipengaruhi oleh mikro struktur logam dan paduannya, disamping komposisi kimianya. Struktur mikro dari logam dapat diubah dengan jalan perlakuan panas ataupun dengan proses perubahan bentuk (deformasi) dari logam yang akan diuji. Pengamatan metalografi dengan mikroskop umumnya dibagi menjadi dua, yaitu:

- Metalografi* makro, yaitu pengamatan struktur dengan perbesaran 10 – 100 kali,
- Metalografi* mikro, yaitu pengamatan struktur dengan perbesaran diatas 100 kali.

Analisa mikro adalah suatu analisa mengenai struktur logam melalui pembesaran dengan menggunakan mikroskop khusus metalografi. Dengan analisa mikro struktur, kita dapat mengamati bentuk dan ukuran kristal logam, kerusakan logam akibat proses deformasi, proses perlakuan panas, dan perbedaan komposisi. Sifat-sifat logam terutama sifat mekanis dan sifat fisis sangat dipengaruhi oleh mikrostruktur logam dan paduannya, disamping komposisi kimianya. Struktur mikro dari logam dapat diubah dengan jalan perlakuan panas ataupun dengan proses perubahan bentuk (deformasi) dari logam yang akan diuji.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Kekerasan Vickers

Uji kekerasan *Vicker* menggunakan penumbuk piramida intan yang dasarnya berbentuk bujur sangkar. Angka kekerasan piramida intan yang disarnya berbentuk bujur sangkar. Angka kekerasan piramida intan (*DPH*) satu angka kekerasan *Vickers* (*VHN*), di defenisikan sebagai beban di bagiluas permukaan lekukan. Luas ini di hitung dari pengukuran mikroskopik panjang diagonal jejak dapat ditentukan dari persamaan berikut:

$$VHN = \frac{1,854 \times F}{d^2} \quad (1)$$

$$D = \frac{D1 + D2}{2} \quad (2)$$

Dimana:

F = Beban yang ditetapkan

D = Panjang diagonal rata-rata

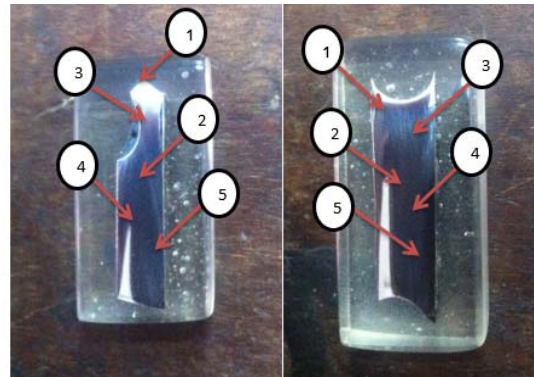
D1 = Panjang diagonal 1

D2 = Panjang diagonal 2

D = Panjang diagonal rata-rata

Pada pengujian kekerasan (*Vickers*) masing-masing spesimen diuji sebanyak 5 titik (seperti tertera dalam gambar 6 dibawah ini), setiap penekanan pada setiap masing-masing specimen tersebut, penekan

menggunakan indenter piramid 136° dengan beban penekanan 200 gr dapat diperoleh data sebagai berikut:

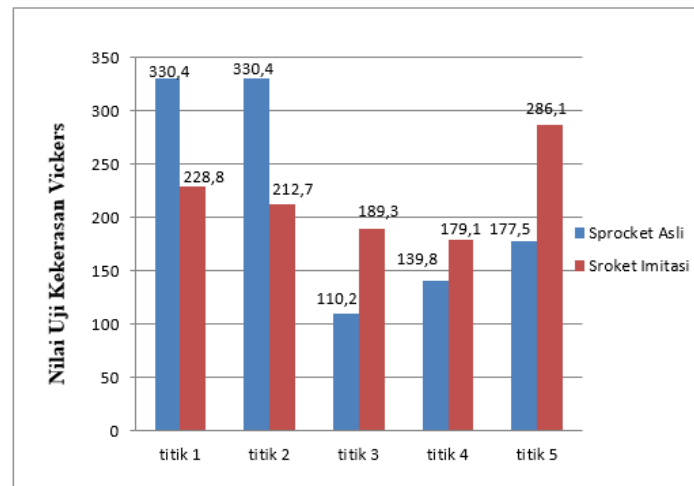


Gambar 6. Spesimen Uji Kekerasan

Tabel 1. Data hasil pengujian kekerasan *vickers*

Titik	<i>Sprocket Genuine</i>	<i>Sprocket Imitasi</i>	Keterangan
1	330.40	228.88	Beban 200 gr Indenter 136°
2	330.40	212.72	
3	110.22	189.37	
4	139.80	179.10	
5	177.59	286.11	
Rata-rata	217.68	219.23	

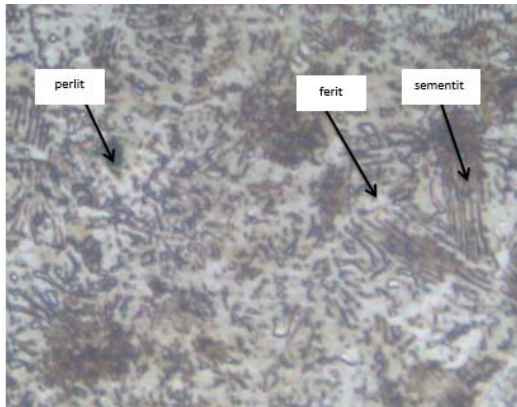
Pada pengujian kekerasan data hasil nilai kekerasan (pada tabel 1 dan gambar 7) dengan metode *Vickers*, untuk spesimens *sprocket genuine* nilai kekerasan rata-rata 217.68VHN, sedangkan *sprocket imitasi* nilai kekerasan rata-rata 219.23 VHN (dihitung menggunakan persamaan 1 dan 2). Jadi nilai kekerasan pada *gearsprocket imitasi* lebih tinggi setelah mengalami perlakuan panas, dibandingkan dengan *sprocket genuine* tanpa perlakuan panas, dikarenakan pada *sprocket imitasi* terdapat kandungan kadar karbon dan silikonnya lebih besar setelah dilakukan *carburizing* dibandingkan dengan *gearsprocket genuine*. Kadar karbon yang tinggi pada baja dapat menaikkan kekuatan dan kekerasan material. Sedangkan unsur silikon mempunyai sifat ketahanan aus, dan ketahanan terhadap panas dan karat.



Gambar 7. Diagram Hasil Pengujian Kekerasan *Vickers*

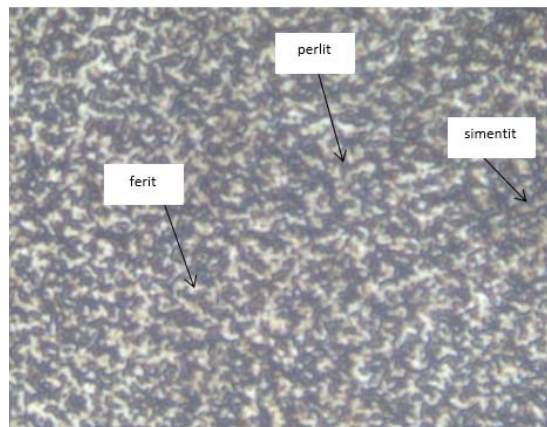
3.2 Pengujian Struktur Mikro

Pada pengujian struktur mikro (*metalografi*) dimaksudkan untuk mengetahui fasa-fasa yang terdapat pada *gear sprocket genuine* dan *gear sprocket imitasi* yang sudah di etsa dengan menggunakan mikroskop optik dengan pembesaran 200 x.



Gambar 8. Struktur Mikro Sprocket Genuine

Pada foto struktur mikro *sprocket genuine* seperti terlihat pada gambar 8, terlihat struktur yang terbentuk adalah struktur ferrit (berwarna agak terang atau putih) dengan butiran yang besar dan paling dominan. Struktur perlit (berwarna agak gelap) juga terlihat dalam struktur ini, dengan butiran-butiran yang agak besar dan sedikit. Kemudian struktur sementit (berwarna kecoklatan agak terang) juga terbentuk dalam fasa ini, dengan butiran-butiran yang besar dan banyak, tetapi tidak begitu dominan.



Gambar 9. Struktur Mikro Sprocket Imitasi dengan Carburizing

Pada gambar 9 tentang hasil uji struktur mikro diatas, struktur ferrit terbentuk karena, terbentuk dari proses pendinginan yang lambat dari austenit (*baja hypoeutectoid*) dan mempunyai konduktivitas panas yang tinggi yang sangat banyak dan struktur ini bersifat lunak serta ulet. Berikutnya pada fasa struktur perlit terbentuk Campuran antara ferit dan sementit Pada 0,8% karbon perlit yang tampak seperti pelat-pelat yang tersusun secara bergantian oleh perpaduan struktur antara struktur ferrit dan sementit, serta fasa struktur ini memiliki yang ulet dan kekerasan yang cukup kuat. Kemudian struktur mikro sementit Senyawa besi dan karbon (Fe_3C) Bersifat keras pada pendinginan lambat bentuknya lamellar pada struktur diatas bersifat keras.

4. KESIMPULAN

- 1) Pada proses *carburizing* dengan menggunakan suhu 900° C kenaikan suhu 10°C/menit dengan penahan selama 1 jam dan dilakukan pendinginan cepat media air (*Quenching liquid*) pada spesimen *sprocket* dapat meningkatkan kualitas bahannya.
- 2) Uji kekerasan (*Vickers*) pada *gear sprocket* imitasi lebih tinggi dibandingkan dengan, *sprocket asli* dikarenakan pada *sprocket* imitasi telah diberikan perlakuan panas 900° dengan penaikan suhu

10°C/menit penahanan 1 jam, kekerasan *sprocket* imitasi 219.23VHN, sedangkan *sprocket* asli tanpa mengalami perlakuan panas 217.68 VHN.

- 3) Pada pengujian struktur mikro didapatkan data bahwa struktur ferrit terbentuk dari proses pendinginan yang lambat dari austenit (*baja hypoeutectoid*) dan mempunyai konduktivitas panas yang tinggi yang sangat banyak dan struktur ini bersifat lunak serta ulet.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Amin dan Ahmadil, (2012), *Pengaruh Besar Arus Temper Bead Welding Terhadap Ketangguhan Hasil Las Smaw Pada Baja St37*, Vol. 4, ISSN, 2085-354
- [2] Abrianto, (2007) Analisa keausan *sprocket* pada rantai. Univesitas Muhammadiyah Semarang.
- [3] Amin dan Ahmadil, (2012), *Pengaruh Besar Arus Temper Bead Welding Terhadap Ketangguhan Hasil Las Smaw Pada Baja St37*, Vol. 4, ISSN, 2085-3548.
- [4] Amanto, Hari. (1999), ilmu bahan Jakarta: Bumi Angkasa. Palallo, Frederick. 1995. *Perlakuan Panas Logam*. Bandung: PPPG Teknologi Bandung.
- [5] Budinski (2001), " *Engineering Materials Properties and Selection*," PHI New Delhi, pp. 517–536.
- [6] Callister, W. (2001), *Fundamental, of Materials Science and Engineering "Jhon Wiley And Son, Inc.*
- [7] Monden, Y., 1993. *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-in-Time*, 2nd ed., Industrial Engineering and Management Press, Norcross, GA.
- [8] Rusyanto, E., 2012. "Edo Rusyanto's Traffic" <https://edorusyanto.wordpress.com/2012/12/26/amanah-mubes-rsa-2012/>
- [9] Smith, F. William. (1995), *Material Science and engineering. (second edition)*. New York: Mc GrawHill inc.
- [10] Surdia, T. dan Shinroku, (1982), *Pengetahuan Bahan Teknik*, PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- [11] Handbook ASM Internasional The Materials, Vol 1 : 329, Jakarta, 1995.