

ANALISIS PERBANDINGAN SIFAT MEKANIK DAN KOEFISIEN GESEK PIRINGAN CAKRAM BARU DAN BEKAS

Eko Prasetio K¹⁾, Margono Sugeng²⁾

Program Studi Teknik Mesin, Institut Sains dan Teknologi Nasional
Jl. Moh Kahfi II, Jagakarsa, Jakarta 12640, Indonesia

1)e-mail : ekoscream_emo@yahoo.com; margono.s@istn.ac.id

Abstract

The use of alloy steel as a material brake discs can not be separated from its properties according to the disc. Therefore, the research conducted to determine the comparative characteristics of mechanical properties and the microstructure of the material on both discs is a new original discs and original discs used. Tests performed include: chemical composition, hardness, wear and microstructure. Of all the test results can be known chemical composition of test results with the major alloying elements, a new original disc: 0.065% C, 0.320% Si, 1.80% Mn, 0.107% Ni, 11.3% Cr, and disc original ex: 0.109% C, 0.283% Si, 1.636% Mn, 0.094% Ni, 14.814% Cr. The results of Vickers hardness test method on the new disc original hardness value of 370.5 kg/mm², and the old original disc hardness values 363.6 kg/mm². Then the results of wear testing method Ogoshi on the original disc new average value of 0.19239 mm³/mm specific abrasion and former original discs for disc mm³/mm 0.19494. Then the results of the test micro-structures on both disc has a structure of bainite martensite with carbide granules evenly spread. Comparison between the original disc new with original used in the microstructure, hardness tests and wear tests were not significant. This is affected from the material and chemical composition on the disc that makes the dish remained resistant to loads received during braking.

Key words: *Material disc brakes, mechanical properties and coefficient of friction*

PENDAHULUAN

Rem Cakram (*Disc Brakes*) adalah perangkat pengereman yang digunakan pada kendaraan moderen. Rem ini bekerja dengan menjepit cakram yang biasanya dipasangkan pada roda kendaraan, untuk menjepit cakram menggunakan kaliper yang digerakkan oleh piston untuk mendorong sepatu rem (*brake pads*) ke cakram. Rem jenis ini juga digunakan pada kereta api, sepeda motor, dan sepeda.

Penggunaan baja paduan sebagai material rem cakram tidak lepas dari sifat-sifat yang dimilikinya sesuai untuk cakram. Sifat-sifat tersebut yaitu memiliki konduktifitas panas yang baik, kekerasan dan keuletan yang mencukupi, sifat gesekan yang baik, modulus elastisitas yang rendah untuk mengakomodasi tegangan akibat termal, bebas dari fasa-fasa yang tidak stabil terhadap temperatur dan kemampuan menyerap getaran. Pada operasionalnya rem cakram mengalami beban kejutan dan gesekan yang berlebih, sehingga cakram ini harus benar-benar memiliki kekuatan dan sifat

gesekan yang baik. Struktur mikro yang terdapat pada cakram akan terbentuk tergantung dari berapa besar gesekan yang terjadi. Karena perubahan struktur ini maka dengan sendirinya sifat-sifat mekanik yang dimiliki juga berubah. Koefisien gesek dilakukan untuk mengetahui berapa besar ketahanan cakram terhadap gesekan yang terjadi. Dalam tugas akhir ini penulis mencoba menganalisis berapa besar kekuatan, serta ketahanan material cakram terhadap gesekan. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian sehingga dapat diketahui besar nilai kekerasan dan keausan pada piringan cakram.

STUDI PUSTAKA

Baja

Baja adalah logam paduan dengan besi (gambar 1) sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Selain karbon pada besi dan baja terkandung kira-kira (0,25 %) Si, (0,3-1,5 %) Mn dan unsur pengotor lain seperti P, S, dsb.



Gambar 1. Contoh bentuk besi.

Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai penguat dengan mencegah dislokasi bergeser pada kisi kristal (*crystal lattice*) atom besi. Unsur paduan lain yang biasa ditambahkan selain karbon adalah mangan (*manganese*), krom (*chromium*), vanadium dan tungsten. Dengan memvariasikan kandungan karbon dan unsur paduan lainnya, berbagai jenis kualitas baja bisa ditetapkan.

Penambahan kandungan karbon dalam baja dapat meningkatkan kekerasan (*hardness*) dan kekuatan tariknya (*tensile strength*), namun disisi lain membuatnya menjadi getas (*brittle*) serta menurunkannya keuletannya (*ductility*).

Pengelompokan Baja Karbon

Baja karbon adalah paduan besi baja dengan elemen utama Fe dan C. Baja karbon memiliki kadar C dengan Mn (0,30 %-0,95 %). Baja dengan kadar karbon sangat rendah memiliki kekuatan yang relatif rendah tetapi memiliki keuletan yang relatif tinggi. Baja jenis ini umumnya digunakan untuk proses pembentukan logam lembaran. Dengan meningkatnya kadar karbon maka baja karbon menjadi semakin kuat tetapi berkurang keuletannya. Umumnya baja karbon (*Plain Carbon Steel*) diklasifikasikan menjadi Baja karbon rendah (*Low Carbon Steel*), Baja karbon menengah (*Medium Carbon Steel*), dan Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steel*) berdasarkan prosentase karbonnya. Baja AISI-SAE 1020-1040 (tabel 2.1), dengan kadar karbon (0,4%-0,4%), diklasifikasikan sebagai baja karbon menengah. Baja jenis ini digunakan secara luas sebagai bahan poros (*shaft*) dan roda gigi (*gear*). Baja dengan kadar karbon di atas 0,60% umumnya dikategorikan sebagai baja karbon tinggi. Aplikasi dari baja karbon tinggi misalnya untuk pembuatan cetakan-cetakan logam (*dies, punch, block*), kawat-kawat baja (kawat pegas, kawat musik, kawat kekuatan tinggi), dan alat-alat potong (*cutter, shear blade*).

Baja karbon rendah atau sangat rendah, seperti telah dijelaskan sebelumnya, banyak digunakan untuk proses pembentukan logam lembaran, misalnya untuk badan dan rangka kendaraan serta komponen-komponen otomotif lainnya. Baja jenis ini dibuat dan diaplikasikan dengan mengeksplorasi sifat-sifat ferrit.

Baja Paduan

Baja paduan adalah baja yang mengandung sebuah unsur lain atau lebih dengan kadar yang berlebih daripada karbon biasanya dalam baja karbon. Pada proses pembuatannya, komposisi kimia yang dibutuhkan diperoleh ketika baja dalam bentuk fasa cair pada suhu yang tinggi. Pada saat proses pendinginan dari suhu lelehnya, baja mulai berubah menjadi fasa padat pada suhu 723°C, pada fasa ini lah berlangsung perubahan struktur mikro. Menurut kadar unsur paduan, baja paduan dapat dibagi ke dalam dua golongan yaitu baja paduan rendah dan baja paduan tinggi. Baja paduan rendah unsur paduannya di bawah 10% sedangkan baja paduan tinggi di atas 10%.

Baja Khusus

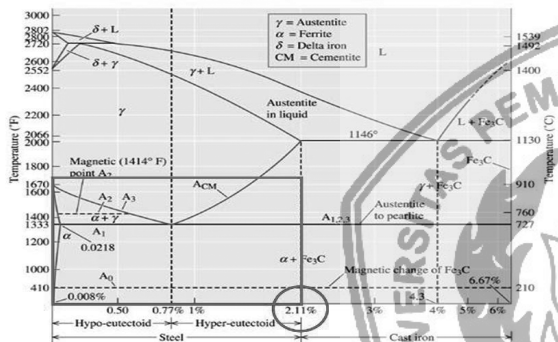
Baja khusus mempunyai unsur-unsur paduan yang tinggi karena pemakaian-pemakaian yang khusus. Baja khusus yaitu baja tahan karat, baja tahan panas, baja perkakas, baja listrik. Unsur utama dari baja tahan karat adalah Khrom sebagai unsur terpenting untuk memperoleh sifat tahan terhadap korosi. Baja tahan karat ada tiga macam menurut strukturnya yaitu baja tahan karat ferritis, baja tahan karat martensitas dan austenitis. Baja tahan panas, tahan terhadap korosi. Baja ini harus tahan korosi pada suhu lingkungan lebih tinggi atau oksidasi. Baja perkakas adalah baja yang dibuat tidak berukuran besar tetapi memegang peranan dalam industri-industri. Unsur-unsur paduan dalam karbitnya diperlukan untuk memperoleh sifat-sifat tersebut dan kuat pada temperatur tinggi. Baja listrik banyak dipakai dalam bidang elektronika.

Diagram Fe-Fe₃C

Diagram kesetimbangan fasa Fe-Fe₃C (gambar 2), adalah alat penting untuk memahami struktur mikro dan sifat-sifat baja karbon, suatu jenis logam paduan besi (Fe) dan karbon (C). Karbon larut di dalam besi dalam bentuk larutan padat (*solid solution*) hingga 0,05% berat pada temperatur ruang. Baja dengan atom karbon terlarut

hingga jumlah tersebut memiliki alpha ferrit pada temperatur ruang. Pada kadar karbon lebih dari 0,05% akan terbentuk endapan karbon dalam bentuk *hard intermetallic stoichiometric compound* (Fe_3C) yang dikenal sebagai sementit atau karbida. Selain larutan padat *alpha-ferrite* yang dalam kesetimbangan dapat ditemukan pada temperatur ruang terdapat fase-fase penting lainnya, yaitu *delta-ferrite* dan *gamma-austenite*.

Logam Fe bersifat *polymorphism* yaitu memiliki struktur kristal berbeda pada temperatur berbeda. Pada Fe murni, misalnya, alpha-ferrit akan berubah menjadi gamma-austenit saat dipanaskan melewati temperature $910^{\circ}C$. Pada temperatur yang lebih tinggi, mendekati $1400^{\circ}C$ gamma-austenit akan kembali berubah menjadi delta-ferrit. (Alpha dan Delta) Ferrit dalam hal ini memiliki struktur kristal BCC sedangkan (Gamma) Austenit memiliki struktur kristal FCC.



Gambar 2. Diagram Kesetimbangan Fasa Fe-Fe₃C.

Ferrit

Ferrit adalah fase larutan padat yang memiliki struktur BCC (*body centered cubic*). Ferrit dalam keadaan setimbang dapat ditemukan pada temperature ruang, yaitu alpha-ferrit atau pada temperatur tinggi, yaitu *delta-ferrit*. Secara umum fase ini bersifat lunak (*soft*), ulet (*ductile*), dan magnetic (*magnetic*) hingga temperatur tertentu, yaitu *T curie*. Kelarutan karbon di dalam fase ini relatif lebih kecil dibandingkan dengan kelarutan karbon di dalam fase larutan padat lain di dalam baja, yaitu fase Austenit. Pada temperatur ruang, kelarutan karbon di dalam alpha-ferrit hanyalah sekitar 0,05 %.

Berbagai jenis baja dan besi tuang dibuat dengan mengeksploitasi sifat-sifat ferrit. Baja lembaran berkadar karbon rendah dengan fase tunggal ferrit misalnya, banyak diproduksi untuk proses pembentukan logam lembaran.

Dewasa ini bahkan telah dikembangkan baja

berkadar karbon ultra rendah untuk karakteristik mampu bentuk yang lebih baik. Kenaikan kadar karbon secara umum akan meningkatkan sifat-sifat mekanik ferrit sebagaimana telah dibahas sebelumnya. Untuk paduan baja dengan fase tunggal ferrit, faktor lain yang berpengaruh signifikan terhadap sifat-sifat mekanik adalah ukuran butir. Austenit

Fase Austenit memiliki struktur atom FCC (*Face Centered Cubic*). Dalam keadaan setimbang fase Austenit ditemukan pada temperatur tinggi. Fase ini bersifat non magnetik dan ulet (*ductile*) pada temperatur tinggi. Kelarutan atom karbon di dalam larutan padat Austenit lebih besar jika dibandingkan dengan kelarutan atom karbon pada fase Ferrit. Secara geometri, dapat dihitung perbandingan besarnya ruang intertisi di dalam fase *Austenit* (atau kristal FCC) dan fase Ferrit (atau kristal BCC). Perbedaan ini dapat digunakan untuk menjelaskan fenomena transformasi fase pada saat pendinginan Austenit yang berlangsung secara cepat.

Selain pada temperatur tinggi, Austenit pada sistem Ferrous dapat pula direkayasa agar stabil pada temperatur ruang. Elemen-elemen seperti Mangan dan Nickel misalnya dapat menurunkan laju transformasi dari gamma-austenit menjadi alpha-ferrit. Dalam jumlah tertentu elemen-elemen tersebut akan menyebabkan Austenit stabil pada temperatur ruang. Contoh baja paduan dengan fase Austenit pada temperatur ruang misalnya adalah Baja Hadfield (12 % Mangan) dan Baja Stainless 18-8 (8 % Ni).

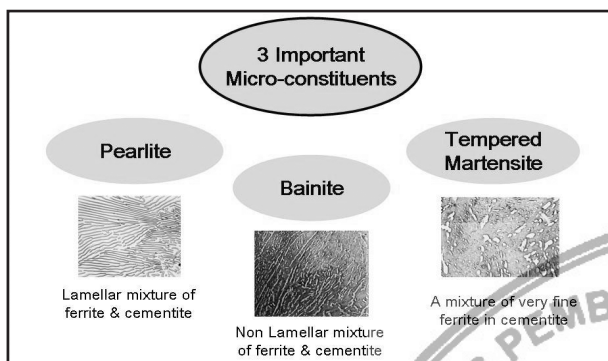
Sementit

Sementit atau karbida dalam sistem paduan berbasis besi adalah *stoichiometric inter-metallic compound* Fe_3C yang keras (*hard*) dan getas (*brittle*). Nama sementit berasal dari kata *caementum* yang berarti *stone chip* atau lempengan batu. Sementit sebenarnya dapat terurai menjadi bentuk yang lebih stabil yaitu Fe dan C sehingga sering disebut sebagai fase metastabil. Namun, untuk keperluan praktis, fase ini dapat dianggap sebagai fase stabil. Sementit sangat penting perannya di dalam membentuk sifat-sifat mekanik akhir baja. sementit dapat berada di dalam sistem besi baja dalam berbagai bentuk seperti: bentuk bola (*sphere*), bentuk lembaran (berselang seling dengan alpha-ferrit), atau partikel-partikel karbida kecil. Bentuk, ukuran, dan distribusi karbon dapat direkayasa melalui siklus pemanasan dan pendinginan. Jarak rata-rata antar karbida,

dikenal sebagai lintasan Ferrit rata-rata (*Ferrite Mean Path*), adalah parameter penting yang dapat menjelaskan variasi sifat-sifat besi baja. Variasi sifat luluh baja diketahui berbanding lurus dengan logaritmik lintasan ferrit rata-rata.

Proses Perlakuan Panas Baja Karbon

Telah dijelaskan sebelumnya bahwa reaksi eutektoid sangat penting di dalam mengendalikan struktur mikro baja. Dengan mengendalikan reaksi eutektoid, dapat diperoleh 3 konstituen mikro penting yaitu pearlit, bainit, dan (*tempered*) martensit (gambar 3).



Gambar 3 Tiga Konstituen Mikro Penting dari Baja Karbon.

Pearlit adalah suatu campuran lamellar dari ferrit dan sementit. Konstituen ini terbentuk dari dekomposisi Austenit melalui reaksi eutektoid pada keadaan setimbang, di mana lapisan ferrit dan sementit terbentuk secara bergantian untuk menjaga keadaan kesetimbangan komposisi eutektoid.

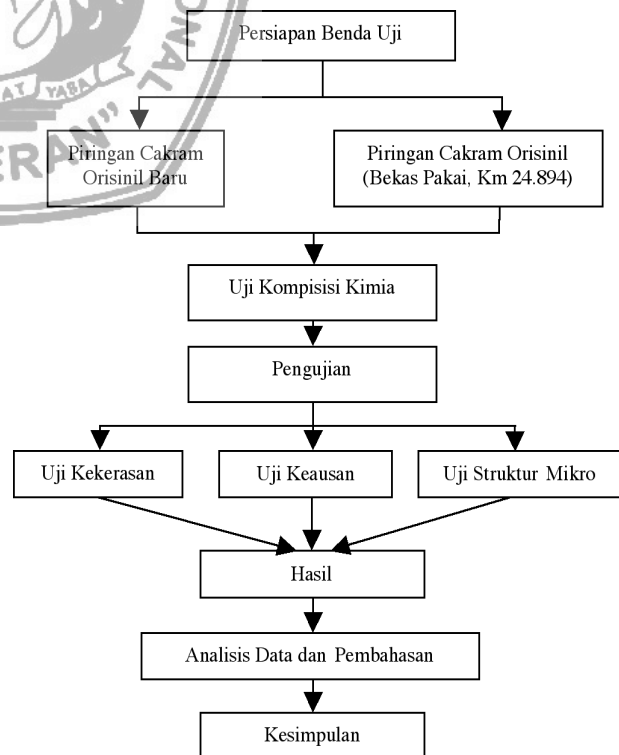
Pearlit memiliki struktur yang lebih keras daripada ferrit, yang terutama disebabkan oleh adanya fase sementit atau karbida dalam bentuk lamel-lamel.

Konstituen mikro lain yang dapat diperoleh dengan mengendalikan reaksi eutektoid adalah *Bainite*. *Bainite* adalah suatu campuran non-lamellar dari ferrit dan sementit yang terbentuk pada dekomposisi Austenit melalui reaksi *eutectoid*. Berbeda dengan pearlite yang terbentuk pada laju transformasi atau pendinginan sedang strukturnya adalah *acicular*, terdiri atas ferrit lewat jenuh dengan partikel-partikel karbida terdispersi secara diskontinu. Dispersi dari *bainite* tergantung pada temperatur pembentukannya.

Martensit adalah mikro konstituen yang terbentuk tanpa melalui proses difusi. Konstituen ini terbentuk saat Austenit didinginkan secara sangat cepat, misalnya melalui proses quenching pada

medium air. Transformasi berlangsung pada kecepatan sangat cepat, mendekati orde kecepatan suara, sehingga tidak memungkinkan terjadi proses difusi karbon. Transformasi martensit diklasifikasikan sebagai proses transformasi tanpa difusi yang tidak tergantung waktu (*diffusionless time-independent transformation*). Martensit yang terbentuk berbentuk seperti jarum yang bersifat sangat keras (*hard*) dan getas (*brittle*). Fase martensit adalah fase metastabil yang akan membentuk fase yang lebih stabil apabila diberikan perlakuan panas. Martensit yang keras dan getas diduga terjadi karena proses transformasi secara mekanik (geser) akibat adanya atom karbon yang terperangkap pada struktur kristal pada saat terjadi transformasi polimorf dari FCC ke BCC. Hal ini dapat dipahami dengan membandingkan batas kelarutan atom karbon di dalam FCC dan BCC serta ruang intertisi maksimum pada kedua struktur kristal tersebut. Akibatnya terjadi distorsi kisi kristal BCC menjadi BCT atau *body centered tetragonal*. Distorsi kisi akibat transformasi pada proses pendinginan secara cepat tersebut berbanding lurus dengan jumlah atom karbon terlarut sebagaimana diilustrasikan pada gambar 2.10.

METODOLOGI PENELITIAN DAN HASIL PENGUJIAN



Gambar 4. Diagram Alir Pengujian

Penelitian dimulai dengan persiapan benda uji, kemudian dilakukan uji komposisi kimia. Setelah itu dilanjutkan dengan uji kekerasan dan keausan lalu foto struktur mikro sehingga didapatkan hasil pengujian. Hasil pengujian dianalisis sehingga dapat ditarik suatu kesimpulan.

Benda Uji

Material yang digunakan untuk proses pengujian terdiri dari 2 macam, yaitu piringan cakram orisinil baru dan piringan cakram orisinil bekas pakai. Dimensi piringan : diameter = 219 mm dan tebal piringan = 3,5 mm seperti terlihat pada gambar 5.



Gambar 5. Benda Uji

Hasil Uji Komposisi Kimia

Pada pengujian ini menggunakan metode OES (*Optical Emission Spectrometer*). Setelah melakukan uji komposisi kimia pada piringan cakram orisinil baru dan piringan cakram orisinil bekas pakai maka hasilnya dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Hasil Pengujian Komposisi Kimia

No.	Unsur	Piringan Cakram Baru Nilai Kandungan Unsur (%)	Piringan Cakram Baru Nilai Kandungan Unsur (%)
1	Carbon (C)	0,065	0,109
2	Silicon (Si)	0,320	0,283
3	Sulfur (S)	0,017	<0,0001
4	Phosphorus (P)	>0,060	0,013
5	Manganese (Mn)	1,80	1,636
6	Nickel (Ni)	0,107	0,094
7	Chromium (Cr)	11,3	14,814
8	Molybdenum (Mo)	<0,005	0,078
9	Titanium (Ti)	<0,002	0,005
10	Copper (Cu)	0,012	0,032
11	Niobium (Nb)	0,028	0,023
12	Vanadium (V)	0,024	0,069
13	Aluminium (Al)	0,0004	0,017
14	Iron (Fe)	88,065	82,78
15	W	-	0,016
16	Sn	-	0,003
17	Pb	-	0,003
18	Zr	-	0,009
19	Zn	-	0,017

Hasil Uji Sifat Mekanik Kekerasan

Pada pengujian ini menggunakan metode kekerasan Vickers, dimana indenter pengujian kekerasan Vickers yang digunakan adalah intan dengan sudut indenter 136° dan beban penekanannya adalah 5 kg. Pengujian kekerasan Vickers dilakukan 6 kali pada setiap benda uji kemudian dirata-rata, hasil rata-rata dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Nilai Kekerasan Pada Piringan Cakram.

NILAI KEKERASAN, HV	
Disc Brake Baru 370,5 Kg/mm ²	Disc Brake Ex-pakai 363,6 Kg/mm ²

Hasil Uji Sifat Mekanik Keausan

Pada oengujian ini menggunakan metode Ogoshi, data hasil pengujian keausan dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Nilai Keausan Pada Piringan Cakram.

NILAI KEAUSAN	
Disc Brake Baru 0,19239 mm ³ /mm	Disc Brake Ex-pakai 0,19494 mm ³ /mm

PEMBAHASAN Komposisi Kimia

Setelah dilakukan uji komposisi kimia pada piringan cakram, dapat diketahui piringan cakram termasuk dalam golongan baja karbon rendah dan unsur paduan utamanya adalah silikon dan mangan serta krom.

Kadar karbon yang rendah yaitu hanya 0,065% (piringan cakram baru) dan 0,109 (piringan cakram bekas), namun tidak membuat kekerasannya menurun karena terdapat silikon dan mangan sebagai unsur pemadu yang membuatnya tetap keras sehingga tahan terhadap gesekan. Kadar silikon 0,320% pada piringan cakram baru dan 0,283% pada piringan cakram bekas sebagai paduan utama berfungsi sebagai de-oksidasi. Disamping itu, silikon menguatkan fasa ferit dan juga berfungsi sebagai penyetabil sementit.

Sedangkan dengan kadar mangan 1,80% pada piringan cakram baru dan 1,636% pada piringan cakram bekas, berfungsi sebagai de-oksidasi dari besi selain itu berfungsi sebagai penyetabil sementit dan larut didalamnya. Ia membuat butir-butir halus yang perlitis dan mencegah pengendapan ferit. Dengan penambahan unsur mangan akan didapatkan struktur perlit yang

dapat menguletkan dan menguatkan besi. Lalu terdapat unsur kromium sebesar 11,3% pada piringan cakram baru dan 14,814% pada piringan cakram bekas, sebagaimana diketahui unsur tersebut dapat meningkatkan ketahanan creep dan korosi.

Sifat Mekanik Kekerasan

Setelah dilakukan pengujian kekerasan pada kedua piringan cakram akan menghasilkan perbandingan harga kekerasan, baik pada piringan cakram orisinil baru maupun piringan cakram orisinil bekas pakai. Pada piringan cakram baru mempunyai nilai kekerasannya 370,5 kg/mm², berbeda dengan piringan cakram bekas pakai yang mempunyai nilai kekerasan lebih rendah 363,6 kg/mm². Penambahan unsur krom mampu meningkatkan stabilitas pearlit dan akan meningkatkan kekuatan matriks. Selain itu, dapat menaikkan ketahanan korosi dan oksidasi, juga meningkatkan kekuatan pada suhu tinggi dan sifat-sifat creep.

Sifat Mekanik Keausan

Pengujian keausan yang telah dilakukan pada piringan cakram baru dan piringan cakram bekas pakai, bertujuan untuk mengetahui nilai ketahanan terhadap keausan dari material tersebut. Pada piringan cakram orisinil baru nilai rata-rata keausan sebesar 0,19239 mm³/mm, sedangkan nilai rata-rata keausan pada piringan cakram orisinil bekas pakai lebih besar yaitu 0,19494 mm³/mm. Tidak ada perbandingan yang signifikan pada kedua piringan cakram tersebut.

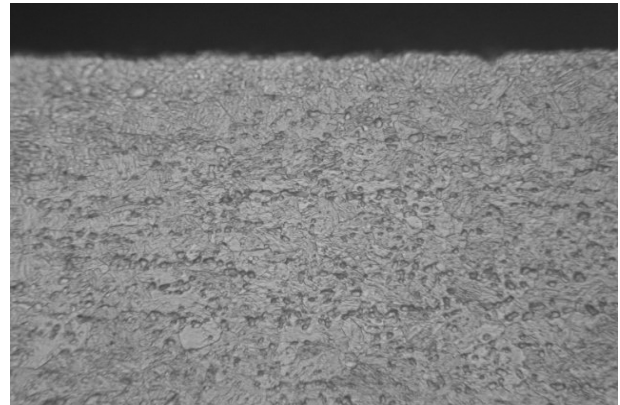
Metallografi

Pengamatan hasil foto metallografi piringan cakram orisinil baru dan piringan cakram bekas pakai dilakukan pada dua sisi, yaitu pada bagian sisi yang bergesekan dengan kampas dan bagian sisi dalam piringan cakram.

Pada bagian sisi dalam piringan cakram akan terlihat struktur berupa bainit-martensit dengan butiran karbida menyebar merata, dimana tipe ini hasil dari struktur eutektoid yang terurai sempurna. Pada bagian sisi gesek piringan cakram akan terlihat struktur berupa bainit-martensit dengan butiran karbida menyebar merata.

Hasil foto metallografi pada piringan cakram bekas pakai tidak jauh berbeda dengan piringan cakram orisinil baru. Pada bagian sisi dalam piringan cakram akan terlihat struktur berupa bainit-martensit dengan butiran karbida yang menyebar

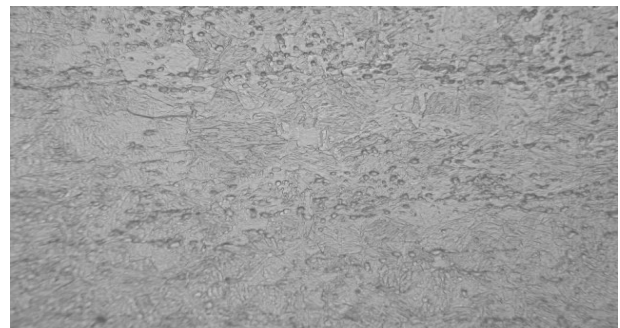
merata, juga pada bagian sisi gesek piringan cakram bekas pakai akan terlihat struktur berupa bainit-martensit dengan butiran karbida menyebar merata. Pada gambar 6 – 10 memperlihatkan struktur mikro kedua piringan cakram dengan perbesaran 500x.



Gambar 6. Hasil metallografi piringan cakram baru. Struktur mikro daerah tepi/bidang gesek dengan kampas rem berupa bainit-martensit dengan butiran karbida menyebar merata. Etsa : nital 2%.



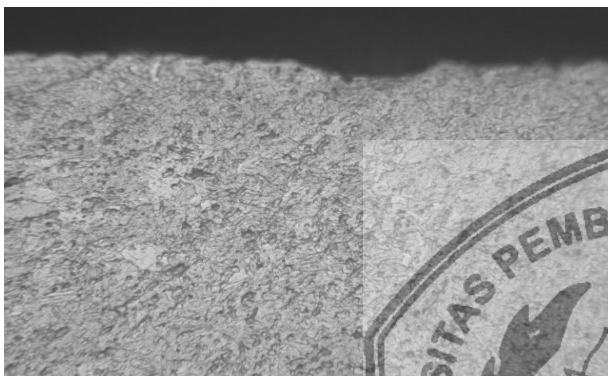
Gambar 7. Hasil metallografi piringan cakram bekas pakai. Struktur mikro daerah tepi/bidang gesek dengan kampas rem berupa bainit-martensit dengan butiran karbida menyebar merata. Etsa : nital 2%.



Gambar 8. Hasil metallografi piringan cakram baru bagian tengah. Struktur mikro berupa bainit-martensit dengan butiran karbida menyebar merata. Etsa : kalling reagent.



Gambar 9. Hasil metallografi piringan cakram bekas pakai bagian tengah. Struktur mikro daerah tengah berupa bainit-martensit dengan butir karbida menyebar merata. Etsa : nital 2% waktu 10 detik.



Gambar 10. Hasil metallografi piringan cakram bekas pakai daerah lubang pendingin. Struktur mikro bainit-martensit dengan butir karbida menyebar merata. Etsa : nital 2%.

Telah diketahui bahwa struktur mikro pada kedua sampel yaitu bainit-martensit dengan butir karbida, yang berarti pada proses pembuatannya telah mengalami pemanasan (*hardening*), kemudian didinginkan dengan cepat sekali (dicelup) sehingga sifat yang didapat yaitu keras (*hard*), namun karena kandungan karbon yang begitu rendah (0,065 %) menjadikannya tetap ulet atau tidak getas serta tahan terhadap perlakuan panas dan gesek karena mengandung unsur kromium.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian, pengujian spesimen dan pembahasan data maka dapat ditarik suatu kesimpulan, yaitu :

Hasil komposisi kimia unsur-unsur pepadu utama pada piringan cakram orisinil baru : 0,065% C; 0,320% Si; 1,80% Mn; 11,3% Cr dan pada piringan orisinil bekas : 0,109% C; 0,283% Si; 1,63% Mn; 14,814% Cr. Unsur Cr yang cukup

tinggi dapat meningkatkan ketahanan korosi dan menghasilkan besi kuat, juga mampu meningkatkan stabilitas pearlit dan akan meningkatkan kekuatan matriks.

Hasil uji struktur mikro pada kedua material piringan cakram orisinil memiliki struktur yang sama yaitu berupa matrik bainit-martensit dengan butiran karbida menyebar merata.

Hasil pengujian sifat mekanik pada kedua jenis piringan cakram orisinil mempunyai nilai kekerasan berkisar 367-376 HV untuk piringan cakram orisinil baru dan pada piringan cakram orisinil kondisi bekas pakai berkisar 353-371 HV. Sedangkan nilai keausan pada piringan cakram orisinil baru 0,19239 mm³/mm dan piringan cakram orisinil bekas pakai 0,19494 mm³/mm.

Jadi perbandingan antara piringan cakram orisinil baru dengan piringan cakram orisinil bekas pakai secara struktur mikro, uji kekerasan dan uji keausan tidak signifikan, selisih nilai kekerasan dan keausan tidak banyak berubah hanya pada daerah tepi yang terpengaruh oleh pemakaian/gesekan operasi mengalami sedikit penurunan, sehingga piringan cakram tersebut dapat dikatakan awet dan tahan lama.

DAFTAR PUSTAKA

- Tata Surdia, Prof. Ir. M.S. Met.E. dan Shinroku Saito, Prof. Dr. 1999. Pengetahuan Bahan Teknik. Pengelompokan Baja, Garispandang Blog. <http://garispandang.blogspot.com/2011/03/pengelompokan-baja.html>
- Rahmat Saptono. 2007. Pengetahuan Bahan Bab Ketiga. Universitas Indonesia. <http://staff.ui.ac.id/internal/132128628/material/PengetahuanBahanBabKetiga.pdf>
- Dieter, George E. 1988. *Metalurgi Mekanik*, Diterjemahkan oleh Sriati Djaprie, Edisi ketiga, Jilid 1 dan 2.
- Foto-foto Unsur Muka Bumi, Kaskus. <http://www.kaskus.us/showthread.php?t=7119387>
- Van Vlack, H Lawrence. 1995. *Ilmu dan Teknologi Bahan*, Diterjemahkan oleh Sriati Djaprie, Edisi kelima.
- Muhammad Andriyamin. 2010. Analisa Perbandingan Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Tromol Rem Orisinil (Baru Dan Ex-Pakai). *Skripsi*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Industri, Institut Sains dan Teknologi Nasional.
- Avner, Sidney H. 1974. *Introduction To Physical Metallurgy*. Second Edition. Singapore: McGraw-Hill, Inc