

IDENTIFIKASI BAHAN DAN PROPERTIESNYA PADA KARTER OLI EKS MESIN DIESEL MAN D 2842 LE201 PLTD IPUH BARU UNIT 1

Sahlan

STT-PLN

Jln. Lingkar Luar Barat, Duri Kosambi, Jakarta Barat

sahlan_1956@yahoo.com

Abstrak

Telah dilakukan kegiatan penelitian untuk mengidentifikasi bahan atau material untuk karter oli eks mesin Diesel MAN D 2842 LE 201 yang dioperasikan oleh PLTD Ipuh Baru pada unit 1 sejak tahun 2005. Dari hasil analisis kimia yang mempergunakan metoda uji Spark OES (optical Emission Spectroscopy), dapat diidentifikasi sebagai bahan logam berbasis aluminium. Analisis metalografi dengan standar uji ASTM E- 407-93 dapat diidentifikasi bahwa bahan karter mempunyai struktur mikro primary aluminium dan eutektik atau lebih dikenal dengan struktur mikro tunggal hypoeutektik, karena kandungan Si sekitar 8,92%. Dari analisis metalografi ini menunjukkan bahwa proses pembuatan karter dilakukan dengan proses pengecoran (casting). Sifat mekanisnya dari uji kekerasan bahan yang menggunakan metoda Brinell dengan 95,5 HBN (Hard Brinell Numbers) atau dengan tingkat kekerasan 95,5 kgf/mm. Hasil dari identifikasi ini, diharapkan, bilamana dipasaran sudah tidak dapat diperoleh lagi maka kita dapat melakukan upaya produk sendiri dengan cara pengecoran.

Kata Kunci: Identifikasi bahan, karter oli, Aluminium paduan Al-Si

Pendahuluan

Unit PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel) Ipuh Baru, PT PLN (Persero) Area Bengkulu Rayon Mukomuko, untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat Bengkulu Barat masih mengandalkan mesin Diesel. Unit PLTD Ipuh Baru memiliki empat unit mesin Diesel, masing-masing berkapasitas 2 MWatt.

Banyak kendala dalam pengoperasian dan perawatan mesin Diesel di Unit PLTD Ipuh Baru ini, terutama pengadaan suku cadangnya. Mesin Diesel MAN D 2842 LE 201 eks USA di produksi tahun 2005, praktis sudah beroperasi di Unit PLTD Ipuh Baru kurang lebih selama 9 tahun. Untuk suku cadang yang bergerak (*fast moving parts*) agen mitra pengadaan masih dapat memenuhinya, namun untuk komponen yang tetap sangat sulit untuk pengadaannya.

Dari informasi yang di peroleh dilapangan, saat terjadi trip (gangguan) karena disambar petir, mesin Diesel Unit 1 mengalami kerusakan fatal, mesin lepas kendali. Akibatnya batang torak patah dan torak jatuh menumbuk kebawah pada bak penyimpan (karter oli) minyak pelumas. Akibat musibah yang terjadi tersebut maka sampai saat ini mesin belum bisa beroperasi, karena kesulitan pengadaan karter oli yang baru. Dan telah dilakukan pengadaan untuk membuat sendiri melalui proses pengecoran di industri foundry.

Sebagai bahan masukkan pada pihak Unit PLTD Ipuh Baru dan industri foundry, di lakukan penelitian untuk menganalisis hal-hal yang berkenaan dengan prosedur pengecoran, yaitu menganalisis untuk mengidentifikasi komposisi kimia dan homogenitasnya struktur mikro pada karter oli. Homogenitas struktur mikro perlu dianalisis karena ada keterkaitannya dengan tata cara dan metoda pada proses pengecoran karter oli nantinya, terutama pada performa atau kekuatannya.

Studi Pustaka

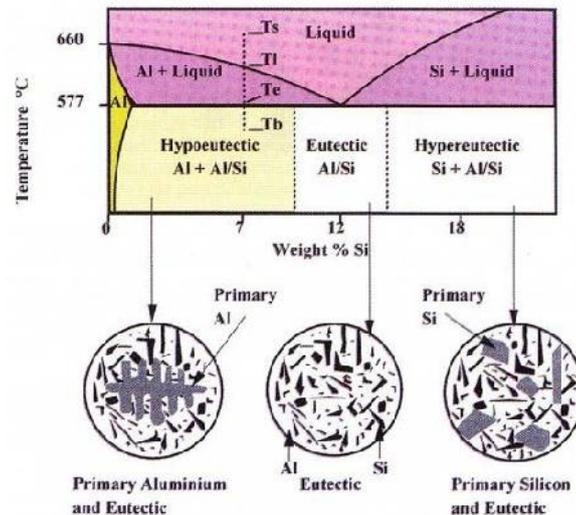
Aluminium banyak digunakan secara luas sebagai bahan industri untuk konstruksi. Aluminium merupakan non fero yang memiliki ketahanan korosi yang baik serta baik sebagai penghantar panas dan listrik. Tetapi dalam kelemahan aluminium adalah kekerasan, batas cair dan regangan yang rendah, sehingga menyebabkan aluminium murni tidak dapat dipakai sebagai bahan konstruksi tegangan tinggi. Pembuatan aluminium paduan merupakan salah satu solusi untuk mengurangi kelemahan tersebut. Unsur-unsur paduan aluminium adalah Cu, Si, Mg, Mn akan memperbaiki sifat-sifat mekanik aluminium. Dalam pemakain untuk konstruksi aluminium dapat dibuat melalui proses ekstrusi atau metal forming serta pengecoran.

Berikut uraian mengenai pengaruh unsur-unsur paduan aluminium:

1). Silikon (Si)

Penambahan silikon pada aluminum murni berpengaruh terhadap:

- Meningkatkan fluiditas atau keenceran atau mampu alir.
- Meningkatkan ketahanan terhadap hot tearing (sobekan)
- Meningkatkan karakteristik mampu cornya.
- Batas kandungan silikon ditentukan berdasarkan proses pengecoran, dimana 5-7% Si dipakai untuk proses kecepatan pendinginan lambat (seperti sand, investment dan plaster casting). 7-9% Si untuk permanen mould, dan 8-12% Si untuk proses kecepatan pendinginan tinggi (die casting). Dasarnya adalah hubungan antara laju pendinginan, fluiditas dan fasa eutektik pada paduan.



Gambar 1: Diagram fasa Al-Si

Berdasarkan diagram fasa (Gambar 1), daerah eutektik berada pada kandungan 12% Si dan kondisi eutektik pada proses casting sangat diinginkan karena dua hal:

- Kondisi Eutektik menghindari fasa lumpur, sehingga pada saat soliditas tidak ada material yang membeku terlebih dahulu, sehingga kita dapat menghindari kegagalan dan memiliki fluiditas yang baik.
- Kondisi Eutektik memiliki titik lebur yang terendah, jika kita mengacu pada diagram Al-Si, hal ini menguntungkan karena efisien dalam bahan bakar.

2). Tembaga (Cu)

Tembaga ditambahkan untuk meningkatkan kekuatan mekanis dengan membentuk endapan. Pengaruh tembaga pada paduan aluminum adalah:

- Meningkatkan kekuatan dan kekerasan pada produk hasil cor dan pada kondisi perlakuan panas.
- Mengurangi ketahanan terhadap korosi
- Mengurangi ketahanan retak panas dan menurunkan mampu cor.

3). Besi (Fe)

Pengaruh penambahan besi pada paduan aluminum adalah:

- Meningkatkan ketahanan terhadap retak panas
- Mengurangi kecenderungan soldering pada die casting
- Pada kadar yang tinggi akan menyebabkan kegetasan.

Sebetulnya, besi merupakan unsur pengotor (impuritas) yang sering ditemukan dalam paduan aluminum. Keberadaan besi dalam jumlah yang besar dari 0,05% akan membentuk fasa intermetalik seperti $FeAl_3$, $FeMnAl$ dan $\alpha AlFeSi$, karena kelarutannya yang rendah pada fasa padat.

4). Magnesium (Mg)

Magnesium dapat meningkatkan kekuatan dan kekerasan paduan aluminum silikon. Hal ini dikarenakan fasa $MgSi$ yang berfungsi sebagai penguat (*reinforcement*). Fasa ini memiliki batas kelarutan 0,7% Mg, dan jika melebihi yang terjadi adalah pelunakan pada matrik aluminum. Komposisi aluminum silikon yang memiliki kekuatan tinggi kadar magnesiumnya antara 0,4-07%.

5). Seng (Zn).

Seng tidak memiliki keuntungan teknis bila ditambahkan kedalam paduan aluminum silikon, akan tetapi digunakan dengan tembaga dan/atau magensium, menghasilkan komposisi heat-treatable dan ageing yang unik. Pada kandungan secondary alloy kandungan seng sampai 3% memungkinkan digunakannya scrap alumnum kelas rendah, sehingga biaya produksi menjadi berkurang.

6). Mangan (Mn)

Mangan juga merupakan unsur pengotor yang sering hadir pada aluminum. Konsentrasi normal mangan biasanya antara 0,05 - 0,5% Mn. Kehadiran mangan akan menguragi resitivitas alumnum, namun disisi yang lain dapat meningkatkan kekuatan melalui mekanisme solid solution strengtning atau fasa intermetalik.

7). Nikel

Biasanya digunakan dengan tembaga untuk mempertahankan sifat-sifat paduan pada kenaikan temperatur, nikel memiliki kelarutan padat yang tidak mencapai 0,04%, selebihnya akan menghasilkan fasa intermetalik, yang umunya berkombinasi dengan unsur besi. Nikel sampai 2% akan meningkatkan kekuatan aluminum dan menurunkan keuletan, Umumnya nikel ditambahkan kedalam paduan alumnum silikon untuk meningkatkan kekerasan dan kekuatan pada temperatur tinggi dan mengurangi koefisien ekspansi thermal.

8). Timah (Sn).

Pengaruh penambahan timah pada paduan alumnum adalah:

- Meningkatkan sifat anti gesek
- Memperbaiki sifat mampu mesin (*machinability*)
- Dapat mempengaruhi respon terhadap precipitation hardening pada beberapa sistem paduan.

9). Titanium (Ti)

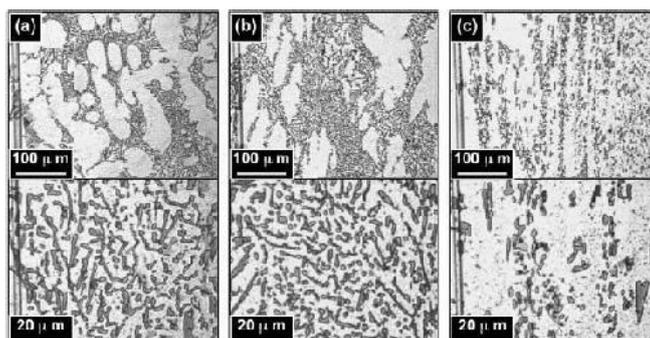
Titanium digunakan untuk memperluas butir paduan alumnum hasil pengecoran, bahkan sering dikombinasikan dengan sedikit unsur boron. Apabila digunakan tanpa kandungan boron pengaruhnya akan berkurang dengan meningkatnya waktu tahan aluminum cair, atau akibat prose peleburan kembali. Penambahan titanium 0,05 – 0,05% dibutuhkan untuk mengurangi kecenderungan terjadinya retak.

Pada Tabel 1, menunjukkan berbagai macam variasi komposisi unsur kimia dalam paduan aluminum cor paduan yang dapat dipergunakan sebagai acuan standar.

Tabel 1 : Komposisi Kimia Aluminum Cor Paduan

Komposisi Kimia												
Simbo l	Cu	Si	Mn	Zn	1-V	Mn	Ni	Ti	Pb	Sn	Cr	Al
AC1A	4.0 - 5.0	1.2 maks	0.15 maks	0.30 maks	0.50 maks	0.30 maks	0.05 maks	0.25 maks	0.05 maks	0.05 maks	0.05 maks	sisa
AC1B	4.07- 5.0	0.20 maks	0.15 - 0.35	0.10 maks	0.35 maks	0.10 maks	0.05 maks	0.05 - 0.30	0.05 maks	0.05 maks	0.05 maks	sisa
AC2A	3.0 - 4.5	4.0 - 6.0	0.25 maks	0.55 maks	0.8 maks	0.55 maks	0.30 maks	0.20 maks	0.15 maks	0.05 maks	0.45 maks	sisa
AC2B	2.0 - 4.0	5.0 - 7.0	0.50 maks	1.0 maks	1.0 maks	0.50 maks	0.35 maks	0.20 maks	0.20 maks	0.10 maks	0.20 maks	sisa
AC3A	0.25 maks	10.0 - 13.0	0.15 maks	0.30 maks	0.8 maks	0.35 maks	0.10 maks	0.20 maks	0.10 maks	0.10 maks	0.15 maks	sisa
AC4A	0.25 maks	8.0 - 10.0	0.30 - 0.6	0.25 maks	0.55 maks	0.30 - 0.6	0.10 maks	0.20 maks	0.10 maks	0.05 maks	0.15 maks	sisa
AC4B	2.0 - 4.0	7.0 - 10.0	0.50 maks	1.0 maks	1.0 maks	0.50 maks	0.35 maks	0.20 maks	0.20 maks	0.10 maks	0.20 maks	sisa
AC4C	0.25 maks	6.5 - 7.5	0.25 - 0.45	0.55 maks	0.55 maks	0.35 maks	0.10 maks	0.20 maks	0.10 maks	0.05 maks	0.10 maks	sisa
AC4H	0.25 maks	6.5 - 7.5	0.20 - 0.40	0.20 maks	0.20 maks	0.10 maks	0.05 maks	0.20 maks	0.05 maks	0.05m aks	0.05 maks	sisa

Hubungan antara struktur mikro dengan sifat mekanik logam dipengaruhi oleh kuantitas fasa, ukuran fasa dan pengaruh bentuk fasa. Pada paduan Al-Si memiliki kombinasi karakteristik yang baik antara lain castability, ketahanan korosi yang baik (*good corrosion resistance*), ketahanan aus (*wear resistance*), dan mampu mesin yang baik (*machinability*) dan Gambar 1 menunjukkan hubungan struktur mikro dari paduan Al-Si terhadap sifat fasanya.



Gambar 2: Struktur mikro paduan Al-Si

Bahan dan Metoda. Serpihan atau pecahan dari karter oli yang diperoleh dari Unit PLTD Ipuh Barat dipergunakan sebagai bahan penelitian, dan dipergunakan sebagai bakuan standar hasil penelitian nantinya. Ada tiga sasaran dalam penelitian ini, yaitu:

- 1) Apakah kita mampu untuk membuat duplikat karter oli terutama dari segi kelayakan pakai dan K3 (Keselamatan dan Keamanan Kerja).
- 2) Mengetahui komposisi kimia.
- 3) Homogenitasnya, yaitu homogenitas pada struktur mikro dan kekuatannya.

Dalam pelaksanaan penelitian dilakukan pengamatan dan analisis di laboratorium yang mencakup pada:

- 1) Analisis komposisi kimia,
 Dalam analisis kimia bertujuan untuk mengetahui kandungan unsur-unsur dari karter oli, dimana setiap unsur yang terkandung dalam karter oli secara langsung memberikan pengaruh struktur mikro dan kekuatannya. Pengujian komposisi kimia menggunakan Spark OES Spectrometer, dan dari analisis komposisi kimia juga akan diketahui bahan dasar (based materials) dan jenisnya yang dipergunakan didalam karter oli.
- 2) Analisis Struktur mikro.
 Dengan menggunakan metoda uji struktur mikro ASTM E 407-93 yang umum dipergunakan dalam analisis struktur mikro untuk bahan dasar aluminum, akan diketahui jenis struktur mikronya dan larutan fasanya. Ini perlu dianalisis berkenaan dengan apakah fasa yang dimiliki didalam karter oli memang sesuai peruntukannya. Tentunya kita percaya bahwa pabrikan sudah merancang bahan untuk karter oli sudah tentu sesuai peruntukannya.
- 3) Analisis kekuatan mekanisnya, yang dalam hal ini dilakukan uji kekerasan bahan dengan metoda Brinell. Idealnya, metoda uji kekerasan Brinell bagi material yang memiliki nilai kekerasan sampai 400 HBN, jika lebih dari nilai tersebut maka disarankan menggunakan metoda uji kekerasan Rockwell ataupun Vickers. Angka kekerasan Brinell (HB) didefinisikan sebagai hasil bagi (koefisien) dari beban uji (F) dalam Newton yang dikalikan dengan angka faktor 0,102 dan luas permukaan bekas luka (penetrasi) bola baja (A) dalam milimeter persegi. Dari pengamatan visual bahwa bahan sampel pecahan karter oli dari bahan dasar aluminum maka tentunya metoda uji kekerasan Brinell yang relevan dipertimbangkan untuk digunakan.
- 4) Membuat rekonstruksi karter oli.
 Untuk analisis komposisi kimia dan homogenitas struktur mikro dan kekuatannya, rekonstruksi model karter oli praktis diperlukan. Ini menyangkut pada bentuk dan letak beban kritisnya, karena disana, desain karter oli ada yang mempunyai ketebalan yang berbeda-beda sesuai dengan model beban kritis tentunya.

Hasil Dan Pembahasan

Dalam penelitian disiapkan sepuluh buah sample dengan pengambilan sampel sesuai dengan daerah beban kritisnya, yang dianggap sudah memakilinya. Dari setiap sample diambil tiga titik pengamatan, sehingga praktis telah dilakukan analisis kimia di tiga puluh titik yang menyebar merata. Tiap sampel yang diambil tiga titik pengamatan hasilnya merupakan harga rata-rata sampel, dan dari kesepuluh sampel diambil harga rata-rata untuk menunjukkan nilai dari keseluruhan komposisi karter oli. Tabel 2 menunjukkan hasil rata-rata tiga titik pengamatan setiap sampel dan hasil keseluruhan komposisi karter oli. Ini diambil dengan pertimbangan, secara analisis visualnya menunjukkan perbedaan nilai komposisi yang tidak jauh berbeda antara satu titik pengamatan dengan titik pengamatan yang lainnya.

Tabel 2: Hasil analisis rata-rata komposisi kimia pada setiap sampel

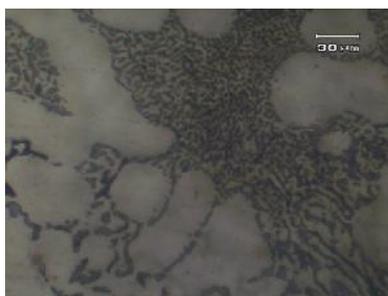
No.	Unsur	No.Urut Sampel										Rata2 Seluruh Sampel
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1.	Si	7,88	7,78	7,82	7,88	7,85	7,85	7,88	7,85	7,82	7,84	7,854
2.	Fe	0,61	0,58	0,58	0,58	0,60	0,61	0,58	0,58	0,61	0,62	0,596
3.	Cu	2,57	2,55	2,56	2,54	2,54	2,45	2,54	2,57	2,55	2,56	2,543
4.	Mn	0,26	0,21	0,28	0,28	0,26	0,26	0,26	0,28	0,26	0,26	0,261
5.	Mg	0,15	0,12	0,12	0,12	0,15	0,12	0,15	0,15	0,15	0,14	0,137
6.	Zn	0,68	0,68	0,60	0,64	0,64	0,68	0,68	0,66	0,66	0,68	0,660
7.	Ti	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,069
8.	Cr	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,028
9.	Ni	0,06	0,06	0,06	0,03	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,057
10.	Pb	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
11.	Sn	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
12.	Al	87,6	88,4	87,8	87,7	87,7	87,8	87,7	87,6	87,7	87,67	87,77

Tabel 2 mempunyai makna, prosentase unsur-unsur kimia pada setiap sudut, bagian, atau setiap titik pengamatan sampel, unsur-unsur yang dikandung mempunyai prosentase yang hampir sama dan homogen. Adapun perbedaan setiap titik pengamatan tidak terlalu jauh antara titik satu terhadap lainnya. Ini mengindikasikan terjadi kelarutan yang sempurna.

Unsur logam dasar (*metal based*) yang dominan dalam hal ini adalah Al (aluminium), yaitu berkisar 87,77% dan unsur dominan kedua adalah Si yang besarnya 7,854%, dan kemudian disusul Cu (tembaga) sebesar 2,543%. Dan kemudian dimasukkan kedalam Gambar 1, maka karter oli adalah paduan AL-Si hipoeutektik, artinya bahwa kandungan Si kurang dari 12% dapat dipastikan Si terlarut sempurna dalam paduan Al-Si. Keuntungan dari aluminium yang memiliki kondisi hipoeutektik adalah machinability dan ketangguhan lebih baik. Sedang kerugiannya adalah kekuatan dan kekerasan lebih rendah. Dan sesuai dengan Tabel 1, karter oli merupakan paduan AL-Si dengan standar AC24B dengan indikasi standar, mempunyai kelebihan sifat mampu cor yang sangat baik (karena fluiditasnya tinggi), tahan terhadap hot cracking dan tahan terhadap penyusutan, maka sangat sesuai untuk karter oli. Dan juga memiliki kekuatan tarik maksimal 235 Mpa, sehingga jika terjadi pembebanan lebih karter oli akan pecah.

Tembaga (Cu) sekitar 2,543% artinya karter oli mempunyai kekuatan mekanis yang baik dengan terbentuknya presipitat. Namun mengurangi ketahanan korosi dan ketahanan retak panas dan menurunkan mampu cornya. Dan produsen karter oli menambahkan besi (Fe) sekitar 0,596% kedalamnya tentunya dengan maksud untuk meningkatkan ketahanan terhadap retak panas karena terbentuknya membentuk intermetalik FeMnAl dan α AlFeSi.

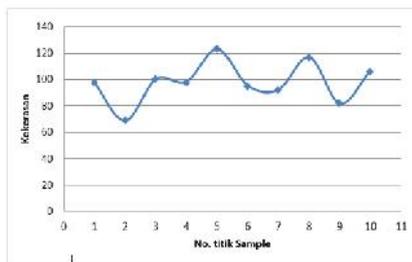
Adapun kandungan Magnesium (Mg) sekitar 0,137% relatif tidak berpengaruh, karena kurang dari 0,4% Mg. Dan Seng (Zn) yang besarnya 0,660% relatif tidak berpengaruh pada paduan Al-Si pada karter karena kurang dari 3%. Penambahan 0,261% Mn pada paduan dengan harapan karter kekuataya menjadi bertambah karena terbentuknya mekanisme solid solution strenghtening atau fasa intermetalik. 0,057% Ni didalam paduannya dianggap tidak memberi pengaruh terbentuknya fasa intermetalik. Demikian pula 0,06% Pb sangat tidak berpengaruh baik fasa maupun sifat mekanisnya. Dan terakhir 0,02% Sn secara kualitatif juga tidak memberi pengaruh apapun.



Gambar 3: Struktur mikro dengan pembesaran 30 μ m

Gambar 3 adalah hasil foto metalografi dari struktur mikro sampel dengan pembesaran 30 μ m dan kemudian di padankan dengan Gambar 2 menunjukkan kesamaan gambar dengan 2 (b), artinya bahwa fasa paduan

Al-Si untuk karter oli merupakan paduan Al-Si dengan perlakuan thermal pada proses akhirnya, sehingga membentuk fasa α AlSi yang sempurna.



Gambar 4: Kurva kekerasan material uji

Hasil analisis kekerasan seperti pada Gambar 4, memperoleh bukti bahwa nilai kekerasan sebesar 95,0 – 97,94 HBN atau bila dikonversikan kedalam tegangan tarik setara dengan 230 Mpa. Artinya, seperti pada buku referensi 4, menunjukkan harga tegangan tarik yang tinggi untuk paduan Al-Si bilamana dipergunakan untuk Karter oli.

Kesimpulan

- Unsur logam dasar (*metal based*) yang dominan dalam hal ini adalah Al (aluminum), yaitu berkisar 87,77% dan unsur dominan kedua adalah Si yang besarnya 7,854%, dan kemudian disusul Cu (tembaga) sebesar 2,543%. maka karter oli adalah merupakan paduan AL-Si hipoeutektik, artinya bahwa kandung Si kurang dari 12% dapat dipastikan Si terlarut sempurna dalam paduan Al-Si. Keuntungan dari aluminium yang memiliki kondisi hipoeutektik adalah machineability dan ketangguhan lebih baik. Dan merupakan paduan AL-Si dengan standar AC24B dengan indikasi standar, mempunyai kelebihan sifat mampu cor yang sangat baik (karena fluiditasnya tinggi), tahan terhadap hot cracking dan tahan terhadap penyusutan, maka sangat sesuai untuk karter oli. Dan juga memiliki kekuatan tarik maksimal 235 Mpa, sehingga jika terjadi pembebanan lebih karter oli akan pecah.
- Foto metalografi dari struktur mikro sampel dengan pembesaran 90 μ m dan kemudian di padankan dengan Gambar 2 menunjukkan kesamaan gambar dengan 2 (b), artinya bahwa paduan Al-Si untuk karter oli merupakan paduan Al-Si dengan perlakuan thermal pada proses akhirnya, sehingga membentuk fasa α AlSi yang sempurna.
- Hasil analisis kekerasan seperti pada Gambar 4, memperoleh bukti nilai kekerasan sebesar 95,0 – 97,94 HBN atau bila dikonversikan kedalam tegangan tarik setara dengan 230 Mpa. Artinya, seperti pada buku referensi 4, menunjukkan harga tinggi untuk paduan Al-Si bilamana dipergunakan untuk Karter oli.

Daftar Pustaka

- ASM Speciality Handbook, (1993), Aluminum and Aluminum Alloys, USA: ASM International,
- Hatch, John E. (1984), Aluminum Properties and Physical Metallurgy, Ohio: Asm, Metal Park,.
- Petunjuk Praktis Pengecoran Alumium Coran, Badan Standar Nasional, Jakarta, 2007
- Surdia Tata dan Shenji, Chijiwa, (2009), Teknik Pengecoran Logam, Jakarta: PT Pradnya Paramita,