STUDI KOMPARASI KARAKTERISTIK PISTON SEPEDA MOTOR 4 TAK DAN 2 TAK

SKRIPSI

diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Mesin

Oleh

Nama : Dian Sabit Purnomo
NIM : 5201408017
Prodi : Pendidikan Teknik Mesin, S1
Jurusan : Teknik Mesin

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2015

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi ini telah disetujui oleh Pembimbing untuk diajukan ke panitia sidang ujian skripsi pada :

Hari : Rabu

Tanggal : 30 September 2015

	Mengetahui,
Pembimbing I	Ketua Jurusan Teknik Mesin
Drs. Sunyoto M.Si.	Dr. M. Khumaedi, M.Pd.
NIP. 196511051991021001	NIP. 19620913 199102 1 001

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama	: Dian Sabit Purnomo
NIM	: 5201408017
Program Studi	: Pendidikan Teknik Mesin, S1
Judul	: Studi Komparasi Karakteristik Piston Sepeda Motor 4 Tak Dan 2 Tak

Telah dipertahankan di depan dewan penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

Panitia Ujian,

Ketua	: Dr. M. Khumaedi, M.Pd. NIP. 196209131991021001	( )
Sekretaris	: Wahyudi, S.Pd. M.Eng. NIP. 198003192005011001	( )

Dewan Penguji,

Pembimbing I	: Drs. Sunyoto M.Si. NIP. 196511051991021001	( )
Penguji Utama	: Dr. Basyirun S.Pd., M.T. NIP. 196809241994031002	( )
Penguji II	: Rusiyanto S.Pd., M.T. NIP. 197403211999031002	( )
Penguji Pendamping I	: Drs. Sunyoto M.Si. NIP. 196511051991021001	( )

Ditetapkan di Semarang
Tanggal, 30 September 2015

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknik

Dr. Muhammad Harlanu, M.Pd.
NIP. 196602151991021001

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa penelitian yang saya lakukan adalah hasil karya saya sendiri. Tidak ada karya ilmiah atau sejenisnya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesajarnaan atau sejenisnya di Perguruan Tinggi mana pun seperti karya ilmiah yang saya susun.

Sepengetahuan saya tidak ada karya ilmiah atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah karya ilmiah yang saya susun ini dan disebutkan dalam daftar pustaka. Apabila pernyataan tersebut terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Semarang, 30 September 2015

Dian Sabit Purnomo
NIM. 5201408116

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO :

“Ubahlah hidupmu hari ini. Jangan bertaruh di masa depan, lakukan sekarang, tanpa penundaan” (Simone de Beauvoir)

“hai orang-orang yang beriman, jadikanlah sabar dan shalatmu sebagai penolongmu, sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar” (Al-Baqarah: 153)

Lebih baik terlambat daripada tidak wisuda sama sekali.

PERSEMBAHAN:

Untuk Ayah, Ibu, Kakak dan Adik yang senantiasa memberi semangat, mendoakan dan mencurahkan seluruh cinta kasihnya

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan karunia-Nya sehingga peneliti dapat menyusun skripsi dengan judul "Studi Komparasi Karakteristik Piston Sepeda Motor 4 Tak dan 2 Tak".

Dalam kesempatan ini peneliti ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum, selaku Rektor Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk mendapatkan pendidikan di bangku Perguruan Tinggi.
2. Dr. Muhammad Harlanu, M.Pd, selaku dekan Fakultas Teknik yang telah mendukung izin pelaksanaan penelitian untuk menyelesaikan skripsi ini.
3. Dr. M. Khumaedi, M.Pd, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin yang telah menyetujui usulan judul skripsi dari penulis.
4. Wahyudi, S.Pd, M.Eng, selaku Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Mesin yang telah membantu dalam pengurusan administrasi skripsi..
5. Drs. Sunyoto, M.Si. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan skripsi ini.
6. Keluarga tercinta (Daryono, Daryati, Dela dan DK) yang senantiasa memberikan dukungan, pengorbanan luar biasa yang begitu tulus, dan do'a yang selalu teriring demi kehidupan terbaik untuk penulis.
7. Elsyinta, Irna, Resi, Haryu, Septi, Tegar, dan Gesa, sahabat-sahabat terbaik yang telah memberikan semangat untuk penulis.

8. Teman-teman PTM angkatan 2008 yang telah menjadi teman seperjuangan dan memberikan semangat untuk penulis.
9. Semua pihak yang telah memberikan kontribusi kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Semoga Tuhan memberikan balasan yang lebih baik kepada segenap pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai. Akhir kata, besar harapan penulis skripsi ini dapat bermanfaat kepada pembaca dan dapat digunakan sebagai referensi penulisan skripsi selanjutnya.

Semarang, 30 September 2015

Penulis

ABSTRAK

Dian Sabit Purnomo. 2015. ***Studi Komparasi Karakteristik Piston Sepeda Motor 4 Tak dan 2 Tak*****.** Skripsi, Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang. Drs. Sunyoto, M.Si.

Kata kunci: Karakteristik, piston, sepeda motor

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendeskripsikan sifat fisis piston baru dengan piston yang sudah aus dan mendeskripsikan sifat mekanis piston baru dengan piston yang sudah aus milik sepeda motor 4 tak dan 2 tak.

Jenis metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif sedangkan teknik pengumpulan datanya menggunakan analisis deskriptif. Data yang diperoleh dari pengujian, merupakan data yang bersifat kualitatif berarti data berupa angka-angka yang memberikan penjelasan tentang perbandingan antara data Piston Baru dan Piston yang sudah aus.

Dari hasil penelitian diperoleh adanya: 1). Komposisi piston sepeda motor 4 tak dan 2 tak merupakan *hypereutectic* yaitu apabila komposisi silicon diatas 12% sehingga kaya akan silikon, hal ini menyebabkan piston mempunyai ketahanan aus yang baik, serta memiliki ekspansi termal yang rendah, 2). Struktur mikro pada 4 tak dan 2 tak yang bekas tidak jauh berbeda dengan struktur mikro 4 tak dan 2 tak yang baru dimana aluminium lebih dominan dibandingkan unsur yang lain. 3). Nilai kekerasan piston 4 tak baru lebih tinggi dibandingkan piston 2 tak baru, sedangkan untuk piston 4 tak lama mengalami kenaikan kekerasan, ini dimungkinkan akibat perlakuan panas pada saat piston itu bekerja.

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis dalam penelitian ini saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut: 1). Penelitian yang telah dilaksanakan masih belum maksimal, diperlukan penelitian lebih lanjut dengan memperbanyak titik uji kekerasan sehingga dapat diperoleh hasil yang lebih baik untuk mengetahui sifat fisis dari piston tersebut. 2). Perlu dilakukan pengujian dengan jenis yang lain untuk mendukung data-data yang ada dengan pengujian *impact* terhadap piston sepeda motor 4 tak dan 2 tak baik baru maupun bekas.

ABSTRACT

Dian Sabit Purnomo. 2015. Comparison Study between Piston Characteristic of 4 Stroke and 2 Stroke Motorcycle. Final Project, Mechanical Engineering. Faculty of Engineering. Semarang State University. Drs. Sunyoto, M.Si.

Keywords: characteristic, piston, motorcycle

The objectives of this study are to describe the physical character of new piston and used piston and describe the mechanical character of new piston and used piston of 4 stroke and 2 stroke motorcycle.

Type of research method used is descriptive while the data collection techniques using descriptive analysis. The data obtained from the testing, a qualitative data means that the data in the form of figures that give an explanation about the comparison between the data New Piston and Piston worn.

The result showed the presence of: 1). Composition motorcycle piston 4 stroke and 2-stroke is hypereutectic ie when the composition of the silicon above 12% so rich in silicon, it causes the piston to have good wear resistance, and has a low thermal expansion, 2). Microstructure on the 4 stroke and 2-stroke that the former is not much different from the microstructure 4 stroke and 2 stroke under which the aluminum is more dominant than the other elements. 3). The value of the new 4-stroke piston hardness is higher than the new 2-stroke piston, while the piston 4 shortly to increased violence, was made possible due to the heat treatment when the piston works.

Based on the result of the test and analysis of this study, there are some suggestions that can be given, they are as follows: 1). This study has not been maximal, it will be needed further study by increasing the number of strictness test point so it can be resulted good result to know the physical character of the piston. 2). It will be needed test for the other type to support the available data by impact test toward motorcycle piston of 4 stroke and 2 stroke whether it is new or used.

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL i

PERSETUJUAN PEMBIMBING ii

PENGESAHAN iii

PERNYATAAN iv

MOTTO DAN PERSEMBAHAN..... v

KATA PENGANTAR..... vi

ABSTRAK viii

DAFTAR ISI..... x

DAFTAR TABEL xiii

DAFTAR GAMBAR xiv

DAFTAR LAMPIRAN xv

BAB I PENDAHULUAN..... 1

1.1. Latar Belakang 1

1.2. Pembatasan Masalah 3

1.3. Rumusan Masalah 3

1.4. Tujuan Penelitian..... 4

1.5. Manfaat Penelitian..... 4

BAB II KAJIAN PUSTAKA..... 5

2.1. Landasan Teori 5

2.1.1. Piston..... 5

2.1.2. Aluminium 7
2.1.3. Pengamatan Struktur Mikro 13
2.1.4. Kekerasan Aluminium 19
2.2. Penelitian Terdahulu yang Relevan 20
2.3. Kerangka Berfikir 22
BAB III METODE PENELITIAN 23
3.1. Desain Penelitian 23
3.2. Bahan dan Alat 23
3.2.1. Bahan 23
3.2.2. Alat 23
3.3. Spesimen 24
3.4. Alur Penelitian 25
3.5. Pelaksanaan Penelitian 26
3.5.1. Proses Uji Komposisi 26
3.5.2. Pengamatan Struktur Mikro 27
3.5.3. Proses Uji Kekerasan 28
3.6. Teknik Analisis Data 29
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN 30
4.1. Komposisi Bahan Piston 30
4.1.1. Komposisi Piston Sepeda Motor 4 Tak 30
4.1.2. Komposisi Piston Sepeda Motor 2 Tak 31
4.2. Pengamatan Struktur Mikro 31
4.2.1. Struktur Piston Baru Sepeda Motor 4 Tak 32

4.2.2. Struktur Piston Bekas Sepeda Motor 4 Tak 33

4.2.3. Struktur Piston Baru Sepeda Motor 2 Tak 33

4.2.4. Struktur Piston Baru Sepeda Motor 2 Tak 34

4.3. Pengujian Kekerasan 34

BAB V SIMPULAN DAN SARAN 37

5.1. Simpulan 37

5.2. Saran 38

DAFTAR PUSTAKA 40

LAMPIRAN 41

DAFTAR TABEL

Tabel Halaman

2.1 Komposisi paduan aluminium digunakan dalam bentuk cor..... 9

2.2 Sifat-Sifat Paduan Aluminium Cor..... 10

4.1 Komposisi Piston Sepeda Motor 4 Tak 30

4.2 Komposisi Piston Sepeda Motor 2 Tak 31

4.3 Nilai pengujian kekeraan Vickers Piston 4 Tak 35

4.4 Nilai pengujian kekeraan Vickers Piston 2 Tak 36

DAFTAR GAMBAR

Gambar Halaman

2.1 Bentuk Kepala Piston 7

2.2 *Ferrite* 14

2.3 *Pearlite* 15

2.4 *Austenite* 16

2.5 *Cementite* 17

2.6 *Martensite* 18

2.7 Indentasi dengan metode *Vickers* 20

3.1 Piston Sepeda Motor 4 Tak..... 24

3.2 Piston Sepeda Motor 2 Tak..... 24

3.3 Diagram Alir Penelitian..... 25

3.4 *Spectrometer* 26

3.5 Mikroskop Olympus 27

3.6 *Vickershardness tester* 29

4.1 Struktur Mikro Piston Sepeda motor 4 Tak Baru 32

4.2 Struktur Mikro Piston Sepeda Motor 4 Tak Bekas..... 33

4.3 Struktur Mikro Piston Baru Sepeda Motor 2 Tak..... 33

4.4 Struktur Mikro Piston Sepeda Motor 2 Tak Bekas..... 34

4.5 Grafik Pengujian Kekerasan Vickers Piston 4 Tak 35

4.6 Grafik Pengujian Kekerasan Vickers Piston 4 Tak 36

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran Halaman

1. Surat Tugas Dosen Pembimbing Skripsi 41
2. Surat Tugas Panitia Ujian Sarjana..... 42
3. Surat Keterangan Selesai Penelitian di UGM 43
4. Surat Hasil Uji Kekerasan dari UGM 44
5. Surat Hasil Uji Kekerasan dari UGM 45
6. Surat Keterangan Selesai Penelitian di POLMAN CEPER 46
7. Surat Hasil Uji Komposisi dari POLMAN CEPER..... 47
8. Surat Hasil Uji Komposisi dari POLMAN CEPER..... 48
9. Surat Hasil Uji Komposisi dari POLMAN CEPER..... 49
10. Surat Hasil Uji Komposisi dari POLMAN CEPER..... 50
11. Surat Hasil Uji Komposisi dari POLMAN CEPER..... 51
12. Surat Hasil Uji Komposisi dari POLMAN CEPER..... 52
13. Surat Hasil Uji Komposisi dari POLMAN CEPER..... 53
14. Surat Hasil Uji Komposisi dari POLMAN CEPER..... 54
15. Dokumentasi Penelitian 55

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Sepeda motor merupakan alat transportasi yang paling efektif untuk masyarakat Indonesia, selain harganya terjangkau sepeda motor dapat digunakan di berbagai medan jalan (Nugraha dan Sriyanto, 2007: 692). Menurut langkah kerjanya mesin sepeda motor dibedakan menjadi dua yaitu, mesin sepeda motor 4 tak, dan mesin sepeda motor 2 tak. Adapun mesin 2 tak, dalam satu kali putaran poros engkol (*crankshaft*) terjadi satu kali proses pembakaran sedangkan pada mesin empat tak, sekali proses pembakaran terjadi dalam dua kali putaran poros engkol. Pada mesin empat tak, memerlukan mekanisme katup (*valve mechanism*) dalam bekerja dengan fungsi membuka dan menutup lubang pemasukan dan lubang pembuangan, sedangkan pada mesin dua tak, piston dan ring piston berfungsi untuk menbuka dan menutup lubang pemasukan dan lubang pembuangan.

Perkembangan dunia otomotif yang semakin pesat juga diikuti oleh perkembangan berbagai komponen pendukungnya. Untuk penyempurnaan efisiensi mesin guna memperoleh daya dan torsi terbaik, banyak komponen-komponen sepeda motor dengan inofasi baru yang dikembangkan sebagai peralatan tambahan yang berguna untuk menyempurnakan kemampuan sebuah sepeda motor. Piston salah satu komponen penting dalam mesin yang berfungsi untuk menekan udara masuk dan penerima tekanan hasil pembakaran. Dimana

piston terbuat dari aluminium yang ringan akan tetapi piston dapat bertahan dari panas dan benturan secara *continues*.

Pada dunia balap motor membutuhkan tenaga yang besar, banyak dijumpai fenomena yang tidak seperti biasa, dimana piston sepeda motor 2 tak di aplikasikan pada sepeda motor 4 tak. Hal ini dilakukan karena pada piston 2 tak terdapat lubang di dinding pistonnya, mengakibatkan gesekan antara piston dengan dinding silinder akan berkurang, sehingga putaran tinggi pada mesin akan cepat tercapai. Namun kita tidak pernah tau daya tahan piston 2 tak ketika dipasang pada mesin 4 tak, karena antara piston 2 tak dengan 4 tak, memiliki karakteristik yang berbeda. Salah satu cara untuk mengetahui perbedaan karakteristik tersebut yaitu dengan melakukan uji struktur mikro dan uji komposisinya.

Struktur mikro material terbagi atas atom dan sel satuan, atom sendiri merupakan suatu unsur terkecil dari material yang tidak dapat dibagi lagi dengan reaksi kimia biasa sedangkan untuk sel atom merupakan susunan dari beberapa atom yang teratur dan mempunyai pola yang berulang. Sel satuan terdiri dari kubus (*BCC, FCC, dan HCP*), *hexagonal, tetragonal, triklin, monoklin*, dan sebagainya (Anrinal, 2013: 38).

Gejala kerusakan pada piston adalah tenaga motor menurun itu disebabkan piston bekerja tidak maksimal pada saat medorong bahan bakar di ruang bakar. Ada pula ujung piston yang meleleh karena temperatur yang tinggi, oleh karena itu perlu diadakan penelitian dengan judul "STUDI KOMPARASI KARAKTERISTIK PISTON SEPEDA MOTOR 4 TAK DAN 2 TAK" .Pada uji komposisi dan uji strktur mikro nantinya akan memberikan informasi

bahan dasar dari piston sepeda motor 4 tak dan sepeda motor 2 tak. Penelitian ini diharapkan memberikan informasi yang berguna dalam penggunaan bahan pembuatan piston untuk sepeda motor.

1.2 Pembatasan Masalah

Karena luasnya permasalahan yang berhubungan dengan piston, maka penelitian ini perlu dibatasi, sehingga hanya akan melakukan penelitian sebagai berikut :

1. Pengujian sifat fisis menggunakan pengamatan struktur mikro dan pengujian komposisi, sedangkan pengujian sifat mekanis menggunakan pengujian kekerasan
2. Material yang digunakan untuk penelitian menggunakan piston baru dan piston yang sudah aus milik sepeda motor 4 tak dengan 2 tak.
3. Melakukan studi komparasi karakteristik pada piston piston baru dengan piston yang sudah aus milik sepeda motor 4 tak dan 2 tak.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana perbedaan sifat fisis piston milik sepeda motor 4 tak dan sepeda motor 2 tak.
2. Bagamaina perbedaan sifat mekanis milik sepeda motor 4 tak dan sepeda motor 2 tak.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah tersebut maka tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk mendeskripsikan sifat fisis piston sepeda motor 4 tak dan sepeda motor 2 tak.

2. Untuk mendeskripsikan sifat mekanis sepeda motor 4 tak dan sepeda motor 2 tak.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memeberikan kontribusi pada dunia otomotif, khususnya sepeda motor, yang pada akhirnya dapat bermanfaat untuk kemajuan pada dunia industri dan sebagai perbandingan pada penelitian sejenisnya.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Piston

Piston merupakan material paduan Al-Si yang mempunyai karakteristik kekuatan dan kekerasan tinggi, tahan korosi, dan ringan. Tetapi setelah mengalami kerusakan akibat overheating maka beberapa sifat mekanik tadi akan mengalami penurunan (Rusnoto, 2013: 24) Piston bergerak ke atas dalam ruang silinder mengkompresikan campuran bahan bakar dan udara. Campuran bahan bakar dalam silinder terbakar, tekanan dan pengembangan gas bekerja pada permukaan atas piston. Tekanan dan pengembangan gas ini mendorong piston di dalam silinder sehingga bergerak ke bawah dengan gaya yang besar. Piston harus memindahkan tenaga hasil langkah pembakaran ke poros engkol.

Piston bergerak kembali ke atas di dalam silinder dan membuang gas bekas. Seluruh tugas yang dilakukan piston sangat berat. Piston mendapat panas yang tinggi dari hasil pembakaran. Piston berubah arah pada kecepatan tinggi. Piston bergesekan dengan dinding selinder. Hasil dari semua itu piston menerima tekanan yang tinggi, sehingga tekanan inilah yang diteruskan keputaran poros engkol.

Piston umumnya terbuat dari aluminium. Sering piston aluminium dilapisi dengan timah yang membuat pelayanan starting dapat dengan baik. Piston aluminium dapat ditempa tetapi umumnya adalah dituang. Piston aluminium adalah ringan dan penggunaan umumnya lebih menguntungkan dari jenis besi tuang. Piston berubah arah pada setiap akhir langkah. Dan kecepatan kadang-kadang empat ribu putaran per menit (*rpm*). Hal itu dapat dilakukan piston yang ringan dan efisiensi lebih baik. Besi tuang adalah bahan yang baik untuk piston pada mesin kecepatan lambat. Karakteristik keausannya baik dan penggunaannya sangat baik bagi mesin yang menggunakannya.

Piston yang akan dipasang kedalam selinder harus memenuhi persyaratan yang sesuai dengan spesifikasi hal ini untuk mencegahnya dari ketukan sisi ke sisi. Piston harus menerima proses pembakaran pada bagian atas dan cukup mampu membentuk vakum, pemampatan dan membuang gas bekas.

Piston akan memuai bila mendapat panas, kemudian celah harus cukup mengatasinya. Piston aluminium lebih besar pemukaannya dari besi tuang, piston aluminium celahnya cukup mencegah pemuaian dan tetap mempunyai celah untuk oli. Pemasangan ring baja pada piston juga dapat mengatasi hal yang sama. ring baja dipasang ke dalam piston aluminium.

Kepala piston terpengaruh langsung dari panas pembakaran bahan bakar. Panas ini dapat menaikkan temperatur puncak kepala piston (*crown*) sekitar di atas 6000°F. Temperatur akan turun bila piston bergerak ke bawah. Bagian bawah dinding piston temperaturnya sekitar 3000°F, Temperatur sangat sesuai pada perencanaan mesin dan usaha yang dilakukan.bagian bawah piston lebih dingin,

beberapa piston dinding bawahnya lebih lebar (besar) pada bagian bawahnya. Luas permukaan atas dinding piston diameternya sedikit lebih kecil.karena kepala piston lebih besar temperaturnya dibandingkan dengan bagian bawah piston.

Beberapa piston puncaknya bentuknya rata. Yang lain bentuknya setengah bulat. Ada lagi bentuknya tidak teratur (sisir piston) yang maksudnya untuk membantu pembuangan gas bekas dan juga untuk membantu membuat pusaran yang cepat untuk membentuk percampuran bahan bakar pada langkah kompresi. Salah satu jenis dari 16 bentuk ruang bakar pada kepala piston, kemudian memungkinkan penggunaan permukaan kepala silinder rata.

Gambar 2.1 Bentuk Kepala Piston

2.1.2 Aluminium

Aluminium merupakan logam ringan mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik dan sifat-sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam. Sebagai tambahan terhadap, kekuatan mekaniknya yang sangat meningkat dengan penambahan Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni, dsb, secara satu persatu atau

bersama-sama, memberikan juga sifat-sifat baik lainnya seperti ketahanan korosi, ketahanan aus, koefisien pemuaian rendah dsb. Material ini digunakan di dalam bidang yang luas bukan hanya untuk peralatan rumah tangga saja tetapi juga dipakai untuk keperluan material pesawat terbang, mobil, kapal laut, konstruksi dsb (Surdia dan Saito, 1999:130).

Penggunaan Al meningkat setiap tahun dan menempati urutan kedua setelah logam ferro (besi dan baja). Penggunaan Al merupakan terbanyak diantara logam non-ferro. Hal ini disebabkan oleh sifat-sifat Al antara lain :

1) Kekuatan
2) Ringan
3) Tahan korosi
4) Mudah dibentuk
5) Konduktifitas panas dan listrik yang tinggi
6) Dan lain-lain.

Aluminium digunakan sebagai piston, kepala silinder dan bak endapan. Paduan cor Al-Si seri 3XX.X digunakan untuk blok mesin dan Al-Si dengan lapis silinder dari besi cor untuk ketahanan aus. Konduktifitas termal yang sangat baik mengurangi volume pendingin didalam system (Smallman dan Bishop, 2000: 348) Masing-masing paduan ini identik dengan kandungan yang mendominasi tetapi berkurang batas penggunaan karena impuritinya, khususnya kandungan besi. Batas komposisi berdasarkan *Aluminum Association* (AA) telah terdaftar pada paduan cor aluminium yang ditunjukan pada Tabel 2.1 tidak meliputi paduan cor bentuk ingot.

Tabel 2.1 Komposisi paduan aluminium digunakan dalam bentuk cor
(ASM Handbook vol 15, 1998)

Paduan	Produk	Komposisi, %											
		Al	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Sn	Ti	Paduan lain	
												Lain	Total
328.0	S	7.5-8.5	1.0	0.20-0.6	0.20-0.6	0.20-0.7	0.35	0.25	1.5	....	0.25	0.25	0.50
332.0	P	8.5-10.5	1.2	2.0-4.0	0.5	0.50-1.5	....	0.50	1.0	....	0.25	....	0.50
333.0	P	8.5-10.5	1.0	3.0-4.0	0.5	0.05-0.50	....	0.50	1.0	....	0.25	....	0.50
A333.0	P	8.5-10.0	1.0	3.0-4.0	0.5	0.05-0.50	....	0.50	3.0	....	0.25	....	0.50
336.0	P	11.0-13.00	1.2	0.50-1.5	0.35	0.7-1.3	....	2.0-3.0	0.35	....	0.25	0.05	....
339.0	P	11.0-13.00	1.2	1.5-3.0	0.5	0.50-1.5	....	0.50-1.5	1.0	....	0.25	....	0.35
343.0	D	6.7-7.7	1.2	0.50-0.9	0.5	0.10	0.10	....	1.2-2.0	....	....	0.10	0.15
354.0	P	8.6-9.4	0.2	1.6-2.0	0.1	0.40-0.6	....	....	0.1	....	0.2	0.05	

a. Klasifikasi Paduan Aluminium

Paduan aluminium diklasifikasikan dalam berbagai standart oleh berbagai Negara. Paduan aluminium diklarsifikasikan menjadi dua yaitu paduan aluminium tuang/cor (*cost aluminium iron*) dan paduan aluminium tempa (*wrought aluminium alloys*).

b. Paduan Aluminium Cor

Struktur mikro paduan aluminium cor (berhubungan erat dengan sifat-sifat mekanisnya) terutama tergantung pada laju pendinginan saat pengecoran dilakukan. Laju pendinginan ini tergantung pada jenis cetakan yang digunakan. Dengan cetakan logam, pendinginan akan berlangsung lebih cepat dibandingkan dengan cetakan pasir sehingga struktur logam cor yang dihasilkan akan lebih halus dan menyebabkan peningkatan sifat mekanisnya. Table dibawah ini memperlihatkan sifat-sifat mekanis beberapa paduan aluminium cor.

Tabel 2.2 Sifat-Sifat Paduan Aluminium Cor

Paduan	Komposisi rata-rata (%)	Proses pembuatan	Perlakuan Panas	$\sigma yo, 2$ (MPa)	σu (MPa)	Regangan (%)
295.0	4.5 Cu – 1 Si	Cetakan Pasir	T6	165	250	5
308.0	5.5 Si – 4.5 Cu	Cetakan Pasir	F	90	150	1
365.0	7 Si – 0.3 Mg	Cetakan Pasir	T6	160	230	1.5
390.0	17 Si – 4.5 Cu – 0.6 Mg 12	Cetakan Pasir	T6	270	280	<0.5
		Tekanan	T5	290	310	1
413.0			F	160	280	3
712.0	Si – 1.3 Fe 5.8 Zn – 0.6 Mg – 0.5 Cr – 0.2 Ti	Cetakan Pasir	F	130	200	5

c. Paduan Al-Cu

Paduan Al-Cu cor sangat jarang digunakan karena tingkat kecairannya jelek. Sifat ini dapat diperbaiki dengan menambah unsur Si. Bahan ini memiliki sifat cukup baik pada suhu tinggi dengan menambah unsur Bi dan Mg.

Paduan Al-Cu dengan kadar Cu 4,5% memiliki sifat-sifat mekanis dan mampu mesin yang baik sedangkan mampu cor bahan ini agak jelek. Paduan Al-Cu Si dengan 4-5% Si pada paduan dapat memperbaiki mampu cornya. Paduan ini dapat dipakai untuk rangka utama katup-katup. Komposisi paduannya Si 4,58%, Cu 4,20%, Fe 0,14% dan Al sisanya.

d. Paduan Al-Si, Al-Si-Mg dan Al-Si-Cu

Paduan Al-Si merupakan paduan alumunium yang paling banyak digunakan dengan kadar Si bervariasi antara 5-20%. Kebanyakan paduan ini mempunyai struktur mikro eutektik atau hypo eutektik (komposisi eutetik pada 12,7% Si). Paduan ini mempunyai viskositas yang baik dan tahan terhadap korosi, dan memiliki mampu cor yang baik, terutama dipakai dalam elemen-elemen

mesin.paduan ini relative ringan, koefisien pemuaian rendah, penghantar panas dan listrik yang baik. Bila paduan ini dicor, akan mempunyai sifat mekanis rendah karena butir-butir Si cukup besar, sehingga pada pengecoran perlu ditambahkan natrium untuk membuat Kristal halus dan memperbaiki sifat-sifat mekanisnya. Tapi cara ini tidak efektif untuk coran tebal.

Sifat-sifat mekanis paduan Al-Si dapat diperbaiki dengan menambahkan Mg, Cu atau Mn dan selanjutnya diperbaiki dengan perlakuan panas. Penambahan unsur Mg (0,3-1%) pada paduan Al-Si akan menghasilkan peningkatan cukup besar terhadap sifat-sifat mekanisnya. Dalam hal ini unsur Mg meningkatkan respon terhadap perlakuan panasbahan. Peningkatan tersebut terjadi karena adanya presitipasi Mg_2Si. Paduan 5053, 6063 dan 6061 merupakan paduan dari sistem ini yang mempunyai kekuatan kurang baik sebagai paduan tempa dibandingkan dengan paduan-paduan lainnya tetapi sangat liat, sangat baik mampu bentuknya pada temperatur kamar serta tahan korosi.

e. Pengaruh Unsur Paduan Dalam Alumunium

Untuk mendapatkan hasil cor paduan alumunium berkualitas baik, perlu diketahui berat jenis dan titik cair masing-masing unsur paduan dalam paduan tersebut.pada saat proses pembekuan berlangsung, terjadi pemisahan bertahap dari unsur-unsur yang memiliki berat jenis berbeda. Unsur dengan berat jenis lebih rendah akan terapung di daerah permukaan dan membentuk jaringan struktur kristal tersendiri. Unsur dengan berat lebih besar akan terikat bersama dengan unsur larutan padat yang berada di bawah, membentuk ikatan logam atau struktur kristal utama. Agar memperoleh keseragaman unsur yang terdistribusi secara

merata pada bahan, maka diperlukan tambahan unsur sebagai katalisator untuk mempermudah terjadinya ikatan dari berbagai jenis unsur yang berlainan berat jenis. Apabila unsur-unsur dari berat jenis berbeda membentuk ikatan sendiri, maka akan didapatkan sifat bahan yang tidak homogen. Ketidak homogenan bahan akibat perbedaan berat jenis unsur-unsur penyusunnya dapat menimbulkan cacat segregasi gravitasi.

Perbedaan titik cair masing-masing unsur akan mempengaruhi sifat kekuatan bahan. Saat proses pembekuan berlangsung, perlu keseragaman pembekuan untuk menghindari adanya cairan logam sisa yang terlambat membeku. Pembekuan tidak seragam dapat menimbulkan rongga penyusutan dalam karena ada cairan sisa yang terlambat membeku.

Proses pembentukan logam paduan (termasuk alumunium), ada tiga kemungkinan yang terjadi dan berpengaruh terhadap hubungan antar unsur dalam paduan tersebut, yaitu unsur tidak saling mempengaruhi, unsur saling tolak-menolak, dan unsur tarik-menarik.

Atom yang tidak dapat membentuk ikatan yang baik dengan alumunium akan terdispersi secara acak dalam struktur kristal berupa larutan padat substitusi atau larutan padat interisti. Hal ini akan berpengaruh terhadap struktur paduan, sifat mekanis dan sifat lainnya. Apabila terdapat unsur tidak saling mempengaruhi, baik diakibatkan perbedaan ukuran atom dan struktur elektron terlalu besar maupun oleh ketidakmampuan unsur tersebut membentuk ikatan baik dengan alumunium.

Atom unsur-unsur paduan cenderung tolak-menolak, pembentukan larutan padat akan sulit terjadi. Tiap atom unsur akan membentuk agregat dengan bentuk kristal tersendiri dalam bahan. Agregat atom ini biasanya cukup besar dan dapat dilihat dengan bantuan mikroskop optic dan merupakan unsur tersendiri dalam struktur mikro.

Bila atom unsur-unsur paduan menimbulkan gaya tarik-menarik, berbagai susunan dapat terbentuk. Gaya tarik-menarik besar menyebabkan ikatan ion atau ikatan kovalen menghasilkan ikatan kimia non-logam. Pada kasus demikian, hampir seluruh unsur tambahan yang bergabung dalam unsur utama membentuk senyawa tersendiri dalam struktur mikro bahan dalam bentuk partikel-partikel. Senyawa kimia terbentuk dengan cara ini merupakan unsur pengeras penting dalam paduan tersebut. Ikatan-ikatan ini stabil karena daya tarik-menarik antar atom pembentukan sangat kuat.

2.1.3 Pengamatan Struktur Mikro

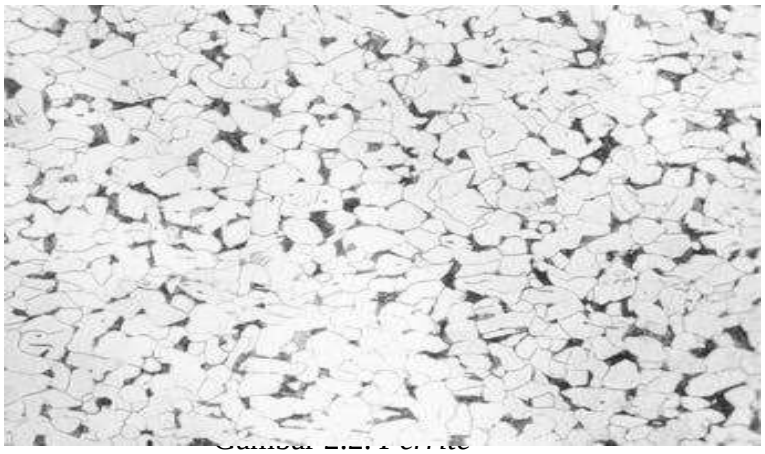
Struktur mikro logam merupakan penggabungan dari satu atau lebih struktur kristal. Pada umumnya logam terdiri dari banyak kristal (majemuk), walaupun ada diantaranya hanya terdiri dari satu kristal saja (tunggal). Tetapi logam dengan kristal majemuk memungkinkan pengembangan berbagai sifat-sifat yang dapat memperluas ruang lingkup pemakaiannya. Dalam logam, kristal sering disebut sebagai butiran (Edy, 2007).

Sifat – sifat fisis dan mekanik dari material tergantung dari struktur mikro material tersebut. Struktur mikro dalam logam (paduan) di tunjukan dengan besar, bentuk dan orientasi butirnya, jumlah fasa, proporsi dan kelakuan dimana mereka

tersusun atau terdistribusi. Struktur mikro dari paduan tergantung dari beberapa faktor seperti elemen paduan, konsentrasi dan perlakuan panas yang diberikan.

Berikut ini bermacam jenis struktur mikro berdasarkan besar, bentuk dan orientasi butirnya, jumlah fasa, proporsi, dan kelakuan dimana mereka tersusun atau terdistribusi.

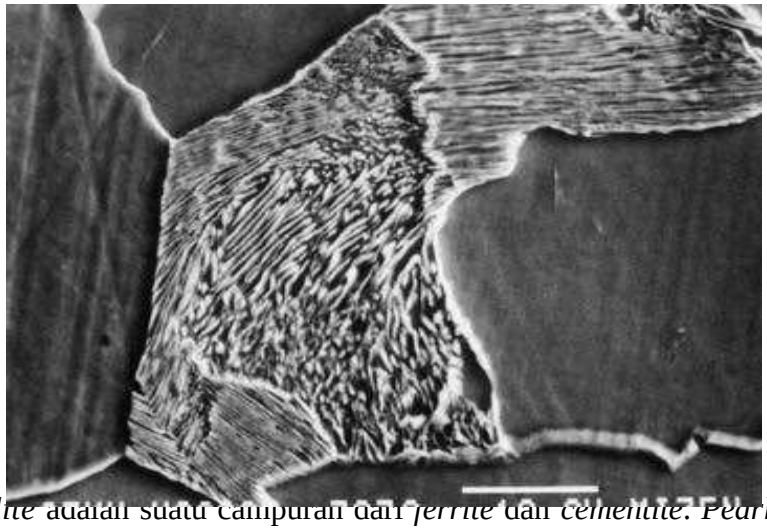
a. *Ferrite*



Gambar 2.2. Ferrite

Ferrite adalah fase larutan padat yang memiliki struktur BCC (*Body Centered Cubic*). *Ferrite* dalam keadaan setimbang dapat ditemukan pada temperatur ruang yaitu *alpha-ferrite* atau pada temperatur tinggi yaitu *delta-ferrite*. Secara umum fase ini bersifat lunak (*soft*), ulet (*ductile*), dan magnetik (*magnetic*) hingga temperatur tertentu, yaitu *tcurie*. Kelarutan karbon di dalam fase ini relatif lebih kecil dibandingkan dengan kelarutan karbon di dalam fase larutan padat lain di dalam baja, yaitu fase *austenite*. Pada temperatur ruang, kelarutan karbon di dalam *alpha-ferrite* hanyalah sekitar 0,05%. Berbagai jenis baja dan besi tuang dibuat dengan mengeksploitasi sifat-sifat *ferrite*. Baja lembaran berkadar karbon rendah dengan fase tunggal *ferrite* misalnya, banyak diproduksi untuk proses pembentukan logam lembaran.

b. *Pearlite*



Pearlite adalah suatu campuran dari *ferrite* dan *cementite*. *Pearlite* memiliki struktur yang lebih keras daripada *ferrite*. *Pearlite* ini terbentuk dari dekomposisi *austenite* melalui reaksi *eutectoid* pada keadaan setimbang, dimana lapisan *ferrite* dan *cementite* terbentuk secara bergantian untuk menjaga keadaan kesetimbangan komposisi *eutectoid*.

c. *Austenite*

Fase *austenite* memiliki struktur atom FCC (*Face Centered Cubic*). Dalam keadaan setimbang fase *austenite* ditemukan pada temperatur tinggi. Fase ini bersifat non magnetik dan ulet *(ductile)* pada temperatur tinggi. Selain pada temperatur tinggi, *austenite* pada sistem *ferrous* dapat pula direkayasa agar stabil pada temperatur ruang. Elemen-elemen seperti mangan dan nikel misalnya dapat menurunkan laju transformasi dari *gamma-austenite* menjadi *alpha-ferrite*. Dalam jumlah tertentu elemen-elemen tersebut akan menyebabkan *austenite* stabil pada temperatur ruang.

Gambar 2.4. *Austenite*

d. *Cementite*

Cementite dalam sistem paduan berbasis besi adalah *stoichiometric inter-metallic compund* Fe3C yang keras (*hard*) dan getas (*brittle*). *Cementite* berasal dari kata *caementum* yang berarti *stone chip* atau lempengan batu. *Cementite* 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. *Cementite* sangat penting perannya di dalam membentuk sifat-sifat mekanik akhir baja. *Cementite* dapat berada di dalam sistem besi baja dalam berbagai bentuk seperti: bentuk bola (*sphere*), bentuk lembaran (berselang seling dengan *alpha-Ferrite*), atau partikel-partikel *carbide* kecil. Bentuk, ukuran, dan distribusi karbon dapat direkayasa melalui siklus pemanasan dan pendinginan. Jarak rata-rata antar karbida, dikenal sebagai lintasan *ferrite* 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 *ferrite* rata-rata.

Gambar 2.5. *Cementite*

e. *Martensite*

Martensite adalah mikro konstituen yang terbentuk tanpa melalui proses difusi. Konstituen ini terbentuk saat *austenite* 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 *martensite* diklasifikasikan sebagai proses transformasi tanpa difusi yang tidak tergantung waktu (*diffusionless time-independent transformation*). *Martensite* yang terbentuk berbentuk seperti jarum yang bersifat sangat keras (*hard*) dan getas (*brittle*). Fase *martensite* adalah fase metastabil yang akan membentuk fase yang lebih stabil apabila diberikan perlakuan panas. *Martensite* 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.

Gambar 2.6. *Martensite*

Adapun beberapa tahap yang perlu dilakukan sebelum melakukan pengujian struktur mikro adalah:

a. Pemotongan (*Sectioning*)

Pemotongan ini dipilih sesuai dengan bagian yang akan diamati struktur mikronya. Spesimen uji dipotong dengan ukuran seperlunya.

b. Pengamplasan (*Grinding*)

Pengamplasan dilakukan untuk menghaluskan dan meratakan permukaan spesimen uji yang ditujukan untuk menghilangkan retak dan goresan. Pengamplasan atau *grinding* dilakukan secara bertahap menggunakan kertas amplas yang bertingkat kekasarannya.

c. Pemolesan (*Polishing*)

Tahap ini bertujuan untuk menghasilkan permukaan spesimen yang mengkilap, tidak boleh ada goresan. Pada tahap ini dilakukan dengan menggunakan kain yang telah olesi pasta aluminia.

d. Pengetsaan (*Etching*)

Hasil dari proses pemolesan akan berupa permukaan yang mengkilap seperti cermin. Agar struktur terlihat jelas maka permukaan tersebut dietsa.

e. Pemotretan

Pemotretan dimaksudkan untuk mendapatkan gambar dari struktur mikro dari spesimen uji setelah difokuskan dengan mikroskop.

2.1.4 Kekerasan Aluminium

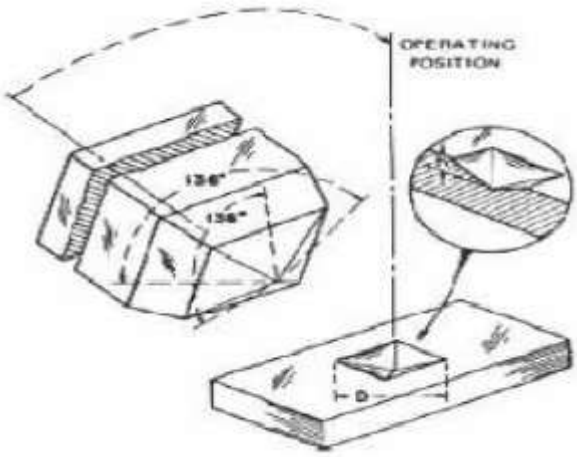
Kekerasan aluminium dapat didefinisikan sebagai ketahanan logam terhadap indentasi. Nilai kekerasan berkaitan dengan kekuatan luluh logam karena selama identasi logam mengalami deformasi plastis. Luluh merupakan proses slip, luncur atau kembaran. Pada proses slip, struktur kisi antara daerah slip dan daerah tanpa slip terdislokasi. Batas antara daerah slip dan daerah tanpa slip disebut garis lokasi.

Pengujian kekerasan adalah satu pengujian dari sekian banyak pengujian yang dipakai, karena dapat dilaksanakan pada benda uji yang relatif kecil tanpa kesukaran. Mengenai spesifikasi benda uji. Pengujian yang banyak dipakai adalah dengan cara menekankan identer tertentu kepada benda uji dengan beban tertentu dan mengukur bekas hasil penekanan yang terbentuk diatasnya.

Banyak masalah metalurgi yang membutuhkan penentuan kekerasan pada permukaan yang sangat kecil misalnya penentuan kekerasan pada permukaan terkarburasi, daerah difusi dua material yang berbeda dan penentuan kekerasan pada komponen jam tangan. Untuk pengujian spesimen-spesimen sangat kecil ini, metode yang paling digunakan adalah *Vickershardness test* untuk prosedur pengujian menggunakan referensi ASTM E 92. Pada metode ini digunakan indentor intan berbentuk piramida dengan sudut 136$_{o}$, seperti diperlihatkan oleh Gambar 2.7. Prinsip pengujian adalah sama dengan metode Brinell, walaupun jejak yang dihasilkan berbentuk bujur sangkar berdiagonal. Panjang diagonal diukur dengan skala pada mikroskop pengukur jejak. Menghitung nilai kekerasan suatu material menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{VHN} = \frac{1.854\ P}{d2}$$

Dimana VHN = Vickers Hardness Number
P = Besar Beban (Gr)
d = Rata-rata diameter pijakan identer d1 dan d2



Gambar 2.7 Indentasi dengan metode Vickers (Fauzan: 2013)

2.2 Penelitian Terdahulu Yang Relevan

Dasar atau acuan yang berupa teori-teori atau temuan-temuan melalui hasil berbagai penelitian sebelumnya merupakan hal yang sangat perlu dan dapat dijadikan sebagai data pendukung. Salah satu data pendukung yang perlu dijadikan bagian tersendiri adalah penelitian terdahulu yang relevan dengan permasalahan yang sedang dibahas dalam penelitian ini. Dalam hal ini, fokus penelitian terdahulu yang dijadikan acuan adalah terkait dengan masalah piston, struktur mikro, uji komposisi dan uji kekerasan. Oleh karena itu perlu dilakukan langkah kajian terhadap beberapa hasil penelitian berupa skripsi, tesis dan jurnal-jurnal.

Beberapa penelitian terdahulu yang relevan seperti yang dilakukan oleh Radimin dan Abdillah (2014: 200-201) menunjukan bahwa: 1). Meningkatnya kandungan magnesium dan penguat SiC dapat meningkatkan kekerasan spesimen piston komposit dan ikatan antarmuka yang optimal, 2). Bertambahnya tekanan

squeece casting mampu meningkatkan kekerasan spesimen piston komposit, 3). Komposisi campuran K3 dan tekanan 800 MPa untuk kekerasan menyamai kekerasan piston Daihatsu Hijet-1000 yang berfungsi sebagai kontrol.mengalami perubahan yang signifikan.

Penelitian yang lain tentang uji komposisi telah dilakukan oleh Kirono dan Julianto (2008: 4) menunjukan bahwa: 1). Dari hasil uji dan struktur mikro dan komposisi kimia pada blok liner silinder bahan Al-Si terlihat bahwa penyebaran butir jumlah silikon tersebar merata. Serta mengandung unsur silikon <12,6 % dan menempatkannya pada fasa *hypereutectic* silikon dimana fasa ini memiliki sifat mekanis kehanan aus yang sangat baik, 2). Dari hasil pengujian kekerasan brinell dan keausan (ogoshi) didapat nilai rata-rata kekerasan sebesar 151.5 HB dan 1,2134729 × 10-6 mm3/mm. Tingginya nilai kekerasan dikarenakan proses perlakuan panas didaerah dinding liner silinder yang menghasilkan presipitat yang cukup banyak sehingga bertindak sebagai penghalang dislokasi. Dan diketahui juga bahwa jarak terdekat dari dinding liner mempunyai kekerasan lebih dibanding dengan jarak terjauh dari dinding liner blok. Hal ini dimaksudkan agar daerah sekitar dinding liner blok Al-Si mempunyai ketahanan keausan yang tinggi, dan daerah terjauh dari dinding liner blok Al-Si dapat membantu melepas panas lebih cepat. Dari hasil pengujian kekerasan ini bisa dipastikan bahwa blok silinder Al-Si dapat dipaki dengan usia penggunaan yang cukup lama.

2.3 Kerangka Berfikir

Piston adalah komponen yang paling penting pada mesin sepeda motor, maka dari itu piston harus terbuat dari bahan yang ringan dan juga tahan terhadap

benturan dan temperature tinggi, pada umumnya piston terbuat dari Aluminium dan paduannya.

Berdasarkan langkah kerja sepeda motor dibedakan menjadi 2, yaitu 4 tak dengan 2 tak, pada keduannya piston menjadi komponen penting pada system pembakaran yang berfungsi untuk memampatkan campuran udara dan bahan bakar di ruang bakar.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang perbedaan bahan dasar pembutan piston pada sepeda motor 4 tak dengan 2 tak, serta untuk mengetahui struktur mikro pada kedua komponen tersebut. Setelah mengetahui adanya perbedaan baik itu bahan dasar maupun struktur mikro pada kedua piston ini dapat menjadikan informasi yang berguna bagi dunia otomotif.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Desain Penelitian

Metode penelitian adalah cara yang digunakan oleh peneliti dalam mengumpulkan data penelitiannya (Arikunto, 2010: 203). Jenis metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif sedangkan teknik pengumpulan datanya menggunakan observasi, tes dan dokumentasi. Teknik analisis datanya menggunakan analisis deskriptif.

Spesimen dalam penelitian ini adalah piston sepeda motor 4 tak dan piston sepeda motor 2 tak baik baru maupun bekas. Penelitian ini menggunakan pengujian yang sama kepada kelompok subjek yang sama untuk mengetahui komposisi, struktur mikro dan tingkat kekerasan dari tiap-tiap benda spesimen.

3.2. Bahan dan Alat

3.2.1. Bahan

Piston sepeda motor Yamaha Byson baru maupun bekas dan piston sepeda motor Yamaha RX King baru maupun bekas. Dengan diameter 58mm sebanyak 8 spesimen.

3.2.2. Alat

1. Gerinda potong
2. Mikroskop Olympus BX 41M
3. Mesin uji komposisi Spectrometer
4. Vickershardness tester model HVS-1000S

3.3. Spesimen

3.3.1. Material Piston Sepeda Motor 4 Tak

Material piston sepeda motor 4 tak yang digunakan untuk penelitian ini menggunkan piston sepeda motor Yamaha Byson, baik yang baru maupun sudah aus.

Gambar 3.1 Piston Sepeda Motor 4 Tak

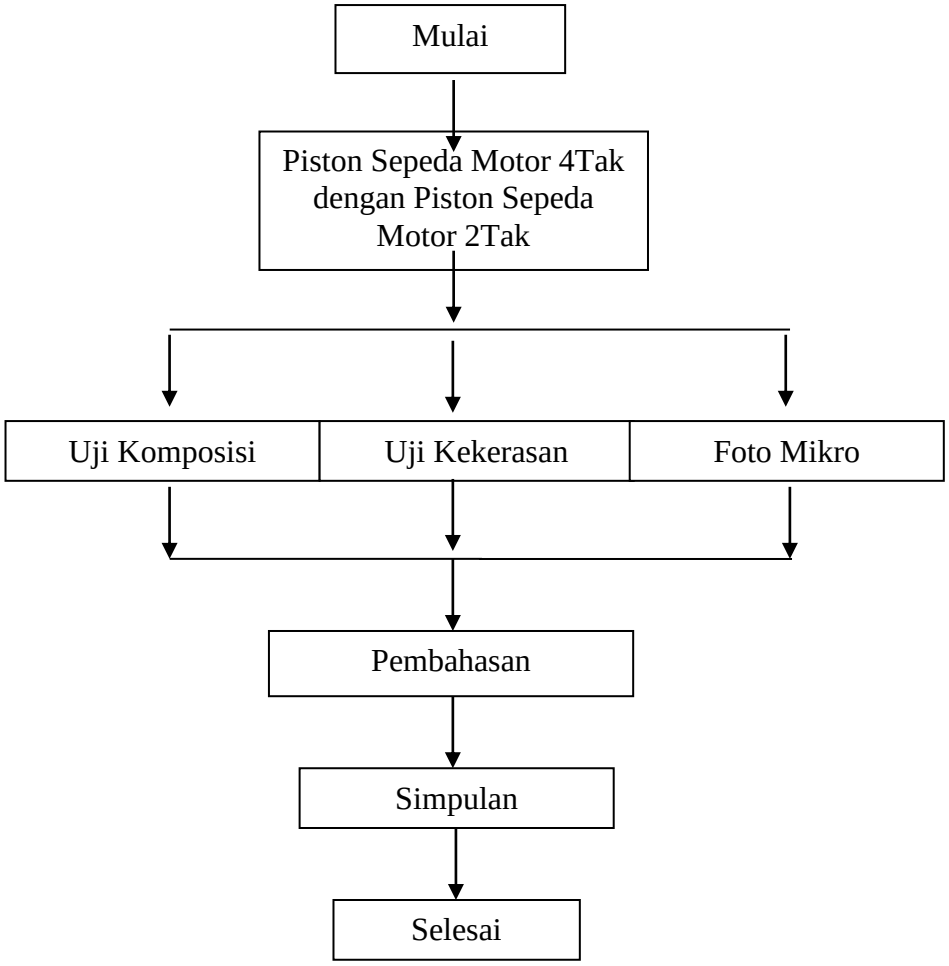
3.3.2. Material Piston Sepeda Motor 2 Tak

Material piston sepeda motor 2 tak yang digunakan untuk penelitian ini menggunkan piston sepeda motor Yamaha RX King, baik yang baru maupun sudah aus.

Gambar 3.2 Piston Sepeda Motor 2 Tak

3.4. Alur Penelitian

Untuk mempermudah pemahaman tentang alur dari penelitian yang dilakukan maka dibuatlah diagram alir sebagai berikut:



Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian

3.5. Pelaksanaan Penelitian

3.5.1. Proses Uji Komposisi

Uji komposisi dilakukan untuk mengetahui komposisi kimia yang terkandung dalam bahan spesimen atau persentase dari tiap unsur pembentukan bahan spesimen misalnya Al.- Si dan unsur lainnya. Langkah pengujian komposisi adalah sebagai berikut :

1) Potong spesimen terlebih dahulu minimal 15mm
2) Bersihkan permukaannya dengan dibubut muka terlebiih dahulu sampai halus dan rata
3) Spesimen diletakan pada tempat yang telah disediakan
4) Leburkan spesimen
5) Alat uji komposisi akan menangkap warna cahaya hasil dari proses rekritalisasi dan diteruskan kedalam program computer untuk dicatat hasilnya.

Gambar 3.4 *Spectrometer* (Alat Uji Komposisi)

3.5.2. Pengamatan Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro dilakukan untuk mengetahui pencitraan yang ada pada spesimen, seperti letak ferit, perlit, dan grafit. Langkah sebelum melakukan pencitraan terhadap specimen adalah pemolesan, pemolesan dilakukan pada specimen dengan menggunakan ampelas no. 800 sampai 1500 kemudian diberi autosol agar lebih halus dan mengkilap setelah pemolesan.

Langkah-langkah melakukan pengamatan struktur mikro adalah sebagai berikut:

1. Meletakan spesimen pada landasan mikroskop optik, aktifkan mesin, dekatkan lensa pembesar untuk melihat permukaan spesimen
2. Usahakan pada saat pengambilan foto tidak ada hal apapun yang membuat mikroskop optic bergerak.
3. Letakan spesimen pada landasan.
4. Pastikan spesimen rata dengan bidang ukur
5. Aktifkan mikroskop
6. Dekatkan lensa dan lakukan perbesaran 100X
7. Amati hasil pencitraan

Gambar 3.5 Mikroskop Olympus BX 41M

3.5.3. Proses Uji Kekerasan

Uji kekerasan vickers menggunakan indentor piramida intan, besar sudut antar permukaan piramida intan yang saling berhadapan adalah 136 derajat . Ada dua rentang kekuatan yang berbeda, yaitu micro (10g – 1000g) dan macro (1kg – 100kg). ASTM E 384 – Rentang micro (10g – 1000g).

Langkah-langkah melakukan pengamatan struktur mikro adalah sebagai berikut:

A. Persiapkan alat dan bahan pengujian
   a. Mesin uji kekerasan Vickers (Vickers Hardness Test)
   b. Indentor piramida intan (diamond pyramid)
   c. Benda uji yang sudah di gerinda
   d. Amplas halus
   e. Stop watch
   f. Mikroskop pengukur (biasanya satu set dengan alatnya)
B. Indentor di tekankan ke benda uji/material dengan gaya tertentu. rentang micro 10g – 1000g (disini menggunakan 100g)
C. Tunggu hingga 10 – 20 detik (biasanya 15 detik)
D. Bebaskan gaya dan lepaskan indentor dari benda uji
E. Ukur 2 diagonal lekukan persegi (belah ketupat) yang terjadi menggunakan mikroskop pengukur. (ukur dengan teliti dan cari rata-ratanya)
F. Masukkan data-data tersebut ke rumus

Gambar 3.6 *Vickershardness tester*

$$VHN = \frac{1{,}854 \times P}{d^2}$$

Dimana : VHN = Vickers Hardness Number
P = Beban yang diberikan (kgf)
d = Panjang diagonal rata-rata hasil

3.6. Teknik Analisis Data

Metode analisa data yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik analisis deskriptif yang bertujuan untuk memeberikan deskripsi mengenai subjek penelitian berdasarkan data hasil dari penelitian.

Data yang diperoleh merupakan data yang bersifat kuantitatif berarti data berupa angka-angka yang memberikan penjelasan tentang perbandingan antara data piston sepeda motor 4 tak dan sepeda motor 2 tak.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis dalam penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

5.1.1. Sifat fisis piston sepeda motor 4 tak dan 2 tak, yaitu:

5.1.1.1. Piston sepeda motor 4 tak baru komposisi Al mencapai 84.47% sedangkan untuk Si 13.4% dengan demikian piston sepeda motor 4 tak baru termasuk dalam *hypereutectic*. Struktur mikro dari piston sepeda motor 4 tak sendiri terlihat aluminium lebih dominan dibanding unsur silikon. Unsur silikon disini memanjang seperti jarum, ini dikarenakan penambahan unsur Fe. Piston sepeda motor 4 tak yang bekas Al mengalami kenaikan sedangkan Si mengalami penurunan, ini dimungkinkan piston bekas sudah mengalami perlakuan selama bekerja didalam mesin. Struktur mikro dari piston bekas 4 tak warna terang lebih dominan dibandingkan warna gelap dimana warna terang merupakan aluminium dan warna gelap merupakan paduan lain didominasi silikon.

5.1.1.2. Piston sepeda motor 2 tak yang baru komposisi Al sebesar 71,29% dengan Si 27.10%, berbeda dengan piston sepeda motor 4 tak, piston ini Si lebih tinggi dibanding Si pada piston sepeda motor 4 tak yang hanya 13.4%. Struktur mikro pada piston 2 tak baru Al warna terang lebih dominan dibandingkan warna gelap, akan tetapi

pada warna terang terdapat titik-titik warna gelap didalamnya, itu sesuai dengan uji komposisi bahwa persentase Si disini cukup banyak. Piston sepeda motor 2 tak yang bekas untuk komposisinya Al mengalami penurunan sekitar 0.38%, sedangkan Si mengalami kenaikan 0.533%. Struktur mikro untuk piston 2 tak bekas sendiri terlihat lebih didominasi warna gelap dibandingkan warna terang, yang artinya Si lebih mendominasi di permukaan piston dibanding Al.

5.1.2. Sifat mekanis piston sepeda motor 4 tak dan sepeda motor 2 tak, yaitu:

5.1.2.1. Piston sepeda motor 4 tak baru memiliki VHN 133.70 pada bagian kepala, pada bagian badan VHN 83.50, sedangkan piston sepeda motor yang lama pada bagian kepala rata-rata mengalami penurunan ini dimungkinkan karena perlakuan panas pada saat piston bekerja.

5.1.2.2. Piston sepeda motor 2 tak yang baru memiliki VHN 126.75 pada baian kepala sedangkan badan VHN 47.5, sedangkan pada piston lama menunjukan bahwa kekerasan pada kepala piston mengalami penurunan setelah digunakan, akan tetapi pada badan piston sepeda motor 2 tak terjadi peningkatan. Data tersebut menunjukan bahwa setelah dipakai piston 2 tak bagian badan mengalami kenaikan kekerasan.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis dalam penelitian ini saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut

5.2.1 Penelitian yang telah dilaksanakan masih belum maksimal, diperlukan penelitian lebih lanjut dengan memperbanyak titik uji kekerasan sehingga dapat diperoleh hasil yang lebih baik untuk mengetahui sifat mekanis dari piston tersebut.

5.2.2 Perlu dilakukan pengujian dengan jenis yang lain untuk mendukung data-data yang ada dengan pengujian *impact* terhadap piston sepeda motor 4 tak dan 2 tak baik baru maupun bekas.

5.2.3 Dalam penggunaan piston sepeda motor 2 tak yang dipakai pada mesin sepeda motor 4 tak sebaiknya tidak digunakan, karena tekanan kompresi dan kekerasan yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

Anrinal. 2013. *Metalurgi Fisik*. Yogyakarta: CV. Andi Offset.

Arikunto, Suharsimi. 2010. *Prosedur Penelitian.* Jakarta. PT Rineka Cipta

Fauzan.2013 *Pengujian Keras (Brinell, Vickers, Rockwell, Shore / Ekuotip)* *http://kalogueloe.blogspot.co.id/2013/03/pengujian-keras-brinell-vickers.html* Januari 2015 (22.45).

Kirono, Sasi dan Agung Julianto. Analisa Sifat Karakteristik Blok Silinder Liner Bahan Aluminium Silikon. *Artikel* Universitas Muhammadiyah Surakarta:1.

Edy. 2007. *Struktur Kristal Logam*. http://edy-metalurgi.blogspot.com/2007/12/struktur-kristallogam.html. Januari 2015 (22.38).

Nugraha, Beni Setya dan Joko Sriyanto. 2007. Aplikasi Teknologi Injeksi Bahan Bakar Elektronik (EFI) Untuk Mengurangi Emisi Gas Buang Sepeda Motor, *Jurnal Teknik Mesin* Vol. 5 No. 2: 692 – 706.

Nurhadi., 2010., Studi Karakterisasi Material Piston dan Pengembangan Prototipe Piston Berbasis Limbah Piston Bekas., Jurnal RETII 4., Vol 4, No1, 201-207.

Radimin dan Fuad Abdillah. 2014. Studi Pengaruh Tekanan Dan Komposisi Campuran Pada Prototipe Piston Komposit dengan Penguat Silikon Karbida (Sic) Menggunakan Metode Squeeze Casting. *Prosiding* SNATIF Ke-1:197.

Rusnoto. 2013. Studi Kekuatan Impak Pada Pengecoran Padual Al-Si (Piston Bekas) dengan Penambahan Unsur Mg. *Jurnal Foundry* Vol. 3 No.2: 24.

Smallman, R.E. dan R.J. Bishop. 2000. *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material.* Jakarta: Erlangga.

Surdia, Tata dan, Shinroku Saito. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*.. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.

Yudiono, Heri. 2000. *Teknologi Bahan.* Semarang: Bahan Ajar

LAMPIRAN

Lampiran 1: Surat Tugas Dosen Pembimbing Skripsi

KEPUTUSAN
DEKAN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
Nomor: 536/FT-UNNES/2015
Tentang
PENETAPAN DOSEN PEMBIMBING SKRIPSI/TUGAS AKHIR SEMESTER GASAL/GENAP
TAHUN AKADEMIK 2011/2012

Menimbang : Bahwa untuk memperlancar mahasiswa Jurusan/Prodi Teknik Mesin/Pend. Teknik Mesin Fakultas Teknik membuat Skripsi/Tugas Akhir, maka perlu menetapkan Dosen-dosen Jurusan/Prodi Teknik Mesin/Pend. Teknik Mesin Fakultas Teknik UNNES untuk menjadi pembimbing.

Mengingat :
1. Undang-undang No.20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional (Tambahan Lembaran Negara RI No.4301, penjelasan atas Lembaran Negara RI Tahun 2003, Nomor 78)
2. Peraturan Rektor No. 21 Tahun 2011 tentang Sistem Informasi Skripsi UNNES
3. SK. Rektor UNNES No. 164/O/2004 tentang Pedoman penyusunan Skripsi/Tugas Akhir Mahasiswa Strata Satu (S1) UNNES;
4. SK Rektor UNNES No.162/O/2004 tentang penyelenggaraan Pendidikan UNNES;

Menimbang : Usulan Ketua Jurusan/Prodi Teknik Mesin/Pend. Teknik Mesin Tanggal 4 Juni 2012

MEMUTUSKAN

Menetapkan :

PERTAMA : Menunjuk dan menugaskan kepada:

Nama	: Drs. Sunyoto, M.Si
NIP	: 196511051991021001
Pangkat/Golongan	: IV/B
Jabatan Akademik	: Lektor Kepala

Sebagai Pembimbing

Untuk membimbing mahasiswa penyusun skripsi/Tugas Akhir :

Nama	: DIAN SABIT PURNOMO
NIM	: 5201408017
Jurusan/Prodi	: Teknik Mesin/Pend. Teknik Mesin
Topik	: STUDI KOMPARASI KOMPOSISI DAN STRUKTUR MIKRO PISTON SEPEDA MOTOR 4TAK DENGAN SEPEDA MOTOR 2TAK

KEDUA : Keputusan ini mulai berlaku sejak tanggal ditetapkan.

DITETAPKAN DI : SEMARANG
PADA TANGGAL : 5 Juni 2012
DEKAN

Drs. Muhammad Harlanu, M.Pd.
NIP 196602151991021001

Tembusan
1. Pembantu Dekan Bidang Akademik
2. Ketua Jurusan
3. Petinggal

5201408017
FM-03-AKD-24/Rev. 00

Lampiran 2: Surat Tugas Panitia Ujian Sarjana

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
FAKULTAS TEKNIK
Gedung E9 Lt. 2, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229
Telepon: 024 8508103
Laman: mesin.unnes.ac.id, surel: mesin_ftunnes@yahoo.com

No. : 9725/UN37.1.5/DT/2015
Lamp. :
Hal : Surat Tugas Panitia Ujian Sarjana

Dengan ini kami tetapkan bahwa ujian Sarjana Fakultas Teknik UNNES untuk jurusan Teknik Mesin adalah sebagai berikut:

I. Susunan Panitia Ujian:
   a. Ketua : Dr. Muhammad Khumaedi, M.Pd.
   b. Sekretaris : Wahyudi, S.Pd, M.Eng
   c. Pembimbing Utama : Drs. Sunyoto, M.Si.
   d. Penguji : 1. Dr. Basyirun, S.Pd., M.T.
   : 2. RUSIYANTO, S.Pd., M.T.

II. Calon yang diuji:
   Nama : DIAN SABIT PURNOMO
   NIM/Jurusan/Program Studi : 5201408017/Teknik Mesin /Pendidikan Teknik Mesin, S1
   Judul Skripsi : STUDI KOMPARASI KARAKTERISTIK PISTON SEPEDA MOTOR 4 TAK DAN 2 TAK

II. Waktu dan Tempat Ujian:
   Hari/Tanggal : Rabu / 30 September 2015
   Jam : 16:00:00
   Tempat : Ruang Ujian
   Pakaian : .....

Semarang, 25 September 2015
Dekan

Dr. Muhammad Harlanu, M.Pd.
NIP 196602151991021001

Tembusan
1. Ketua Jurusan Teknik Mesin
2. Calon yang diuji

5201408017

Lampiran 3: Surat Keterangan Selesai Penelitian di UGM

LABORATORIUM BAHAN TEKNIK
PROGRAM DIPLOMA TEKNIK MESIN
UNIVERSITAS GADJAH MADA

SURAT KETERANGAN PENGUJIAN
No. 083 / SK / BT.DTM / 2015

Dengan ini kami menerangkan bahwa mahasiswa dengan identitas :

N a m a	: DIAN SABIT PURNOMO
No. Induk Mahasiswa	: 5201408017
Program Studi	: Pendidikan Teknik Mesin
Jenjang Studi	: Strata-1
Fakultas	: Teknik
Instansi Pendidikan	: Universitas Negeri Semarang

Telah melakukan pengujian **Analisa Struktur Mikro menggunakan alat Metallurgical Microscop With Inverted** pada tanggal 7 September 2015 dan pengujian **Kekerasan Vickers menggunakan alat Micro Hardness Tester** pada tanggal 8 September 2015 di Laboratorium Bahan Teknik, Teknik Mesin SV UGM untuk topik Skripsi :

"Studi Komparasi Karakteristik Piston Sepeda Motor 4 Tak dan 2 Tak".

Semoga surat keterangan ini dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 9 September 2015
Staf Lab Bahan

Puji Priyana, SST
NIP. 196704101999031002

Lembar asli, tidak untuk digandakan

Kampus : Jl. Grafika 2A Yogyakarta 55281 Telepon : (0274) 7475432, 548637, 6492269 Fax. (0274) 546400
E-mail: lab.bahanteknik@yahoo.co.id

Lampiran 4: Surat Hasil Uji Kekerasan dari UGM

LABORATORIUM BAHAN TEKNIK
PROGRAM DIPLOMA TEKNIK MESIN
UNIVERSITAS GADJAH MADA

HASIL PENGUJIAN KEKERASAN

No. 082 / P.Kkr / BT.DTM / 2015

Spesimen Piston 4 Langkah

No	Kode	Posisi titik uji	d_1 (μm)	d_2 (mm) (μm)	$d_{rata\text{-}rata}$ (μm)	Kekerasan (VHN)
1	A	Kepala	37.0	38.0	37.50	131.9
			37.0	37.0	37.00	135.5
		Badan	47.0	46.5	46.75	84.8
			48.0	47.0	47.50	82.2
2	B	Kepala	61.5	63.0	62.25	47.9
			61.0	62.0	61.50	49.0
		Badan	46.0	47.0	46.50	85.8
			47.0	46.5	46.75	84.8
3	C	Kepala	54.0	52.5	53.25	65.4
			53.0	52.5	52.75	66.6
		Badan	38.0	39.0	38.50	125.1
			40.0	38.0	39.00	121.9
4	D	Kepala	46.0	46.5	46.25	86.7
			47.0	48.0	47.50	82.2
		Badan	41.0	39.0	40.00	115.9
			40.0	39.0	39.50	118.9

Lembar asli, tidak untuk digandakan

Keterangan :

1. Kode A : Piston belum terpakai
2. Kode B, C, D : Piston sudah terpakai
3. Menggunakan metode uji Vikers dengan pembebanan 100 gf
4. Satuan pengukuran diagonal jejak indentor dalam mm
5. Pengujian dilakukan pada tanggal 8 September 2015

Lembar 1 dari 2

Kampus : Jl. Grafika 2A Yogyakarta 55281 Telepon : (0274) 7476432, 548637, 6492269 Fax. (0274) 546400
E-mail: lab.bahanteknik@yahoo.co.id

Lampiran 5: Surat Hasil Uji Kekerasan dari UGM

LABORATORIUM BAHAN TEKNIK
PROGRAM DIPLOMA TEKNIK MESIN
UNIVERSITAS GADJAH MADA

Spesimen Piston 2 Langkah

No	Kode	Posisi titik uji	d_1 (μm)	d_2 (mm) (μm)	$d_{rata-rata}$ (μm)	Kekerasan (VHN)
1	1	Kepala	39.0	38.0	38.50	125.1
			38.0	38.0	38.00	128.4
		Badan	65.0	62.0	63.50	46.0
			63.0	60.0	61.50	49.0
2	2	Kepala	47.0	43.0	45.00	91.6
			43.0	45.0	44.00	95.8
		Badan	45.0	46.5	45.75	88.6
			47.0	46.0	46.50	85.8
3	3	Kepala	53.0	52.0	52.50	67.3
			53.0	54.0	53.50	64.8
		Badan	54.0	52.0	53.00	66.0
			51.0	52.0	51.50	69.9
4	4	Kepala	52.0	51.5	51.75	69.2
			50.0	53.0	51.50	69.9
		Badan	60.0	61.0	60.50	50.7
			60.0	60.0	60.00	51.5

Lembar asli, tidak untuk digandakan

Keterangan :

1. Kode 1 : Piston belum terpakai
2. Kode 2, 3, 4 : Piston sudah terpakai
3. Menggunakan metode uji Vikers dengan pembebanan 100 gf
4. Satuan pengukuran diagonal jejak indentor dalam mm
5. Pengujian dilakukan pada tanggal 8 September 2015

Yogyakarta, 8 September 2015
Staf Laboratorium Bahan Teknik

Pengujian & Analisa Material
Lab. Bahan Teknik Diploma Teknik Mesin Sekolah Vokasi UGM

Puji Priyana SST
NIP. 196704101999031002

Lembar 2 dari 2

Kampus : Jl. Grafika 2A Yogyakarta 55281 Telepon : (0274) 7476432, 548837, 6492269. Fax. (0274) 546400
E-mail: lab.bahanteknik@yahoo.co.id

Lampiran 6: Surat Keterangan Selesai Penelitian di POLMAN CEPER

YAYASAN INDONESIA BARU KLATEN - YAYASAN PEMBINA MANUFAKTUR SWADAYA

POLITEKNIK MANUFAKTUR CEPER

Batur, Tegalrejo, Ceper, Klaten 57465 Jawa Tengah Tlp./Fax. (0272) 552068 E-mail : polmanceper@gmail.com Website : www.polmanceper.ac.id

SURAT KETERANGAN
No.: 324/Plc.03/IX/2015

Politeknik Manufaktur Ceper menerangkan bahwa :

Nama : **Dian Sabit Purnomo**
NIM 5201408017
Universitas Negeri Semarang
Alamat : Sekaran, Gunung Pati, Semarang

Menyatakan bahwa mahasiswa tersebut diatas telah melaksanakan pengujian Komposisi Kimia material Aluminium di Laboratorium Politeknik Manufaktur Ceper.

Demikian surat keterangan ini dibuat agar dapat digunakan seperlunya.

Klaten, 15 September 2015
Manajer Teknik

Lutfiatmi, ST.

Menguasai logam menguasai dunia

Lampiran 7: Surat Hasil Uji Komposisi dari POLMAN CEPER

POLITEKNIK MANUFAKTUR CEPER
LABORATORIUM LOGAM CEPER
Batur, Tegalrejo, Ceper, Klaten 57465 - Jawa Tengah, Telp./Fax. (0272) 552968
Website : www.polmanceper.ac.id; E-mail : lab_polmanceper@yahoo.co.id

LAPORAN PENGUJIAN

Nomor : 457.1/UJI/SPMS/IX/2015
Pelanggan : **Dian Sabit Purnomo**
UNNES Semarang
Ket.Sampel : Langsung Produk
Kode Piston 4 Tak Baru
Hasil :

Jenis Pengujian : Komposisi Kimia
Tanggal Diterima : 31 Agustus 2015
Tanggal Pengujian : 03 September 2015
Program : Aluminium

UNSUR	SAMPEL UJI	
	15/S-1709 (%)	Deviasi
Al	84,47	0,1756
Si	13,4	0,1000
Fe	0,528	0,0748
Cu	0,110	0,0020
Mn	<0,0200	<0,0000
Mg	<0,0500	<0,0000
Cr	<0,0150	<0,0000
Ni	<0,0200	<0,0000
Zn	0,0196	0,0166
Sn	<0,0500	<0,0000
Ti	*0,503	*0,0329
Pb	<0,0300	<0,0000
Be	0,0001	0,0000
Ca	0,0026	0,0002
Sr	<0,0005	<0,0000
V	0,0100	0,0002
Zr	*0,826	*0,0548

Laporan ini tidak boleh digandakan sebagian
Laporan pengujian ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji

Klaten , 08 September 2015
Manajer Teknik

Lutiyatmi, ST.

Menguasai Logam Menguasai Dunia

Lampiran 8: Surat Hasil Uji Komposisi dari POLMAN CEPER

POLITEKNIK MANUFAKTUR CEPER
LABORATORIUM LOGAM CEPER
Batur, Tegalrejo, Ceper, Klaten 57465 - Jawa Tengah, Telp./Fax. (0272) 552968
Website : www.polmanceper.ac.id; E-mail : lab_polmanceper@yahoo.co.id

LAPORAN PENGUJIAN

Nomor : 457.2/UJI/SPMS/IX/2015
Pelanggan : **Dian Sabit Purnomo**
UNNES Semarang
Ket.Sampel : Langsung Produk
Kode Piston 4 Tak
Hasil :

Jenis Pengujian : Komposisi Kimia
Tanggal Diterima : 31 Agustus 2015
Tanggal Pengujian : 03 September 2015
Program : Aluminium

UNSUR	SAMPEL UJI	
	15/S-1710 (%)	Deviasi
Al	86,54	0,1223
Si	12,4	0,158
Fe	0,639	0,0282
Cu	0,130	0,0007
Mn	0,132	0,0040
Mg	<0,0500	<0,0000
Cr	<0,0150	<0,0000
Ni	<0,0200	<0,0000
Zn	<0,0100	<0,0000
Sn	0,0502	0,0002
Ti	0,0185	0,0077
Pb	<0,0300	<0,0000
Be	0,0001	0,0000
Ca	0,0025	0,0001
Sr	<0,0005	<0,0000
V	<0,0100	<0,0000
Zr	<0,0030	<0,0000

Laporan ini tidak boleh digandakan sebagian
Laporan pengujian ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji

Klaten, 08 September 2015
Manajer Teknik

Lutiyatmi, ST.

Halaman 1 dari 2

Menguasai Logam Menguasai Dunia

Lampiran 9: Surat Hasil Uji Komposisi dari POLMAN CEPER

POLITEKNIK MANUFAKTUR CEPER
LABORATORIUM LOGAM CEPER
Batur, Tegalrejo, Ceper, Klaten 57465 - Jawa Tengah, Telp./Fax. (0272) 552968
Website : www.polmanceper.ac.id; E-mail : lab_polmanceper@yahoo.co.id

LAPORAN PENGUJIAN

Nomor : 457.3/UJI/SPMS/IX/2015
Pelanggan : **Dian Sabit Purnomo**
UNNES Semarang
Ket.Sampel : Langsung Produk
Kode Piston 4 Tak

Jenis Pengujian : Komposisi Kimia
Tanggal Diterima : 31 Agustus 2015
Tanggal Pengujian : 03 September 2015
Program : Aluminium

Hasil :

UNSUR	SAMPEL UJI	
	15/S-1711 (%)	Deviasi
Al	85,72	0,2358
Si	12,4	0,354
Fe	0,288	0,0340
Cu	0,109	0,0017
Mn	<0,0200	<0,0000
Mg	<0,0500	<0,0000
Cr	<0,0150	<0,0000
Ni	0,0238	0,0065
Zn	<0,0100	<0,0000
Sn	<0,0500	<0,0000
Ti	*0,516	*0,0350
Pb	<0,0300	<0,0000
Be	0,0001	0,0000
Ca	0,0034	0,0002
Sr	<0,0005	<0,0000
V	<0,0100	<0,0000
Zr	*0,833	*0,0413

Laporan ini tidak boleh digandakan sebagian
Laporan pengujian ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji

Klaten, 08 September 2015
Manajer Teknik

Lutiyatmi, ST.

Menguasai Logam Menguasai Dunia

Lampiran 10: Surat Hasil Uji Komposisi dari POLMAN CEPER

POLITEKNIK MANUFAKTUR CEPER
LABORATORIUM LOGAM CEPER
Batur, Tegalrejo, Ceper, Klaten 57465 - Jawa Tengah,Telp./Fax. (0272) 552968
Website : www.polmanceper.ac.id; E-mail : lab_polmanceper@yahoo.co.id

LAPORAN PENGUJIAN

Nomor : 457.4/UJI/SPMS/IX/2015
Pelanggan : **Dian Sabit Purnomo**
UNNES Semarang
Ket.Sampel : Langsung Produk
Kode Piston 4 Tak
Hasil :

Jenis Pengujian : Komposisi Kimia
Tanggal Diterima : 31 Agustus 2015
Tanggal Pengujian : 03 September 2015
Program : Aluminium

UNSUR	SAMPEL UJI	
	15/S-1712 (%)	Deviasi
Al	85,93	0,1823
Si	12,1	0,200
Fe	0,372	0,0161
Cu	0,111	0,0015
Mn	0,0334	0,0005
Mg	<0,0500	<0,0000
Cr	<0,0150	<0,0000
Ni	<0,0200	<0,0000
Zn	<0,0100	<0,0000
Sn	0,0561	0,0049
Ti	*0,483	*0,0025
Pb	<0,0300	<0,0000
Be	0,0002	0,0000
Ca	0,0031	0,0003
Sr	<0,0005	<0,0000
V	<0,0100	<0,0000
Zr	*0,778	*0,0233

Laporan ini tidak boleh digandakan sebagian
Laporan pengujian ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji

Klaten, 08 September 2015
Manajer Teknik

Lutiyatmi, ST.

Menguasai Logam Menguasai Dunia

Lampiran 11: Surat Hasil Uji Komposisi dari POLMAN CEPER

POLITEKNIK MANUFAKTUR CEPER
LABORATORIUM LOGAM CEPER
Batur, Tegalrejo, Ceper, Klaten 57465 - Jawa Tengah,Telp./Fax. (0272) 552968
Website : www.polmanceper.ac.id; E-mail : lab_polmanceper@yahoo.co.id

LAPORAN PENGUJIAN

Nomor : 458.1/UJI/SPMS/IX/2015
Pelanggan : **Dian Sabit Purnomo**
UNNES Semarang
Ket.Sampel : Langsung Produk
Kode Piston 2 Tak Baru
Hasil :

Jenis Pengujian : Komposisi Kimia
Tanggal Diterima : 31 Agustus 2015
Tanggal Pengujian : 03 September 2015
Program : Aluminium

UNSUR	SAMPEL UJI	
	15/S-1713 (%)	Deviasi
Al	71,29	0,9352
Si	*27,1	*0,946
Fe	0,286	0,0246
Cu	0,0929	0,0001
Mn	0,0281	0,0007
Mg	<0,0500	<0,0000
Cr	<0,0150	<0,0000
Ni	0,0238	0,0065
Zn	<0,0100	<0,0000
Sn	<0,0500	<0,0000
Ti	*0,411	*0,0110
Pb	<0,0300	<0,0000
Be	0,0001	0,0000
Ca	0,0024	0,0000
Sr	<0,0005	<0,0000
V	<0,0100	<0,0000
Zr	*0,667	*0,0286

Laporan ini tidak boleh digandakan sebagian
Laporan pengujian ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji

Klaten, 08 September 2015
Manajer Teknik

Lutiyatmi, ST.

Menguasai Logam Menguasai Dunia

Lampiran 12: Surat Hasil Uji Komposisi dari POLMAN CEPER

POLITEKNIK MANUFAKTUR CEPER
LABORATORIUM LOGAM CEPER
Batur, Tegalrejo, Ceper, Klaten 57465 - Jawa Tengah,Telp./Fax. (0272) 552968
Website : www.polmanceper.ac.id; E-mail : lab_polmanceper@yahoo.co.id

LAPORAN PENGUJIAN

Nomor : 458.2/UJI/SPMS/IX/2015
Pelanggan : **Dian Sabit Purnomo**
UNNES Semarang
Ket.Sampel : Langsung Produk
Kode Piston 2 Tak
Hasil :

Jenis Pengujian : Komposisi Kimia
Tanggal Diterima : 31 Agustus 2015
Tanggal Pengujian : 03 September 2015
Program : Aluminium

UNSUR	SAMPEL UJI	
	15/S-1714 (%)	Deviasi
Al	75,16	0,3971
Si	*24,0	*0,381
Fe	0,496	0,0335
Cu	0,111	0,0007
Mn	0,104	0,0007
Mg	<0,0500	<0,0000
Cr	<0,0150	<0,0000
Ni	0,0213	0,0023
Zn	<0,0100	<0,0000
Sn	0,0463	0,0026
Ti	0,0108	0,0014
Pb	<0,0300	<0,0000
Be	0,0001	0,0000
Ca	0,0023	0,0001
Sr	<0,0005	<0,0000
V	<0,0100	<0,0000
Zr	<0,0030	<0,0000

Laporan ini tidak boleh digandakan sebagian
Laporan pengujian ini berlaku untuk sampel yang diuji

Klaten, 08 September 2015
Manajer Teknik

Lutiyatmi, ST.

Menguasai Logam Menguasai Dunia

Lampiran 13: Surat Hasil Uji Komposisi dari POLMAN CEPER

POLITEKNIK MANUFAKTUR CEPER
LABORATORIUM LOGAM CEPER
Batur, Tegalrejo, Ceper, Klaten 57465 - Jawa Tengah,Telp./Fax. (0272) 552968
Website : www.polmanceper.ac.id; E-mail : lab_polmanceper@yahoo.co.id

LAPORAN PENGUJIAN

Nomor : 458.3/UJI/SPMS/IX/2015
Pelanggan : **Dian Sabit Purnomo**
UNNES Semarang
Ket.Sampel : Langsung Produk
Kode Piston 2 Tak
Hasil :

Jenis Pengujian : Komposisi Kimia
Tanggal Diterima : 31 Agustus 2015
Tanggal Pengujian : 03 September 2015
Program : Aluminium

UNSUR	SAMPEL UJI	
	15/S-1715 (%)	Deviasi
Al	67,32	0,6846
Si	*31,0	*0,693
Fe	0,350	0,0145
Cu	0,0845	0,0018
Mn	<0,0200	<0,0000
Mg	<0,0500	<0,0000
Cr	<0,0150	<0,0000
Ni	<0,0200	<0,0000
Zn	<0,0100	<0,0000
Sn	0,110	0,0020
Ti	*0,329	*0,0126
Pb	<0,0300	<0,0000
Be	0,0001	0,0000
Ca	0,0030	0,0001
Sr	<0,0005	<0,0000
V	0,0092	0,0011
Zr	*0,698	*0,0017

Laporan ini tidak boleh digandakan sebagian
Laporan pengujian ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji

Klaten, 08 September 2015
Manajer Teknik

Lutfiatmi, ST.

Menguasai Logam Menguasai Dunia

Lampiran 14: Surat Hasil Uji Komposisi dari POLMAN CEPER

POLITEKNIK MANUFAKTUR CEPER
LABORATORIUM LOGAM CEPER
Batur, Tegalrejo, Ceper, Klaten 57465 - Jawa Tengah,Telp./Fax. (0272) 552968
Website : www.polmanceper.ac.id; E-mail : lab_polmanceper@yahoo.co.id

LAPORAN PENGUJIAN

Nomor : 458.4/UJI/SPMS/IX/2015
Pelanggan : **Dian Sabit Purnomo**
UNNES Semarang
Ket.Sampel : Langsung Produk
Kode Piston 2 Tak
Hasil :

Jenis Pengujian : Komposisi Kimia
Tanggal Diterima : 31 Agustus 2015
Tanggal Pengujian : 03 September 2015
Program : Aluminium

UNSUR	SAMPEL UJI	
	15/S-1716 (%)	Deviasi
Al	70,24	2,102
Si	*27,9	*2,16
Fe	0,464	0,0161
Cu	0,0890	0,0021
Mn	<0,0200	<0,0000
Mg	<0,0500	<0,0000
Cr	<0,0150	<0,0000
Ni	<0,0200	<0,0000
Zn	<0,0100	<0,0000
Sn	0,105	0,0030
Ti	*0,374	*0,0298
Pb	<0,0300	<0,0000
Be	0,0001	0,0000
Ca	0,0025	0,0000
Sr	<0,0005	<0,0000
V	<0,0100	<0,0000
Zr	*0,711	*0,0317

Laporan ini tidak boleh digandakan sebagian
Laporan pengujian ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji

Klaten, 08 September 2015
Manajer Teknik

Lutiyatmi, ST.

Menguasai Logam Menguasai Dunia

Lampiran 15: Dokumentasi Penelitian