PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK KARBON DAN VARIASI TEMPERATUR TUANG TERHADAP NILAI KEAUSAN, KEKERASAN, DAN POROSITAS HASIL PENGECORAN LOGAM MENGGUNAKAN CETAKAN PASIR

Skripsi

diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar

Sarjana Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Mesin

Oleh

David Putra Sanjaya

NIM.5201415072

PENDIDIKAN TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2019

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : David Putra Sanjaya

NIM : 5201415072

Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin

Judul : Pengaruh Penambahan Serbuk Karbon dan Variasi Temperatur Tuang Terhadap Nilai Keausan, Kekasaran dan Porositas Hasil Pengecoran Logam Menggunakan Cetakan Pasir

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian Skripsi Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

Semarang, Januari 2019

Pembimbing,

Drs. Sunyoto, M. Si.

NIP. 19651105 199102 1 001

PENGESAHAN KELULUSAN

Skripsi dengan judul "Pengaruh Penambahan Serbuk Karbon Dan Variasi Temperatur Tuang Terhadap Nilai Keausan, Kekerasan Dan Porositas Hasil Pengecoran Logam Menggunakan Cetakan Pasir" telah dipertahankan di depan sidang panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada tanggal 18 bulan Januari tahun 2019

Oleh

Nama : David Putra Sanjaya

NIM : 5201415072

Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin, S1

Panitia

Ketua

Rusiyanto, S.Pd., M.T
NIP.197403211999031002

Sekretaris

Dr. Rahmat Doni W., S.T., M.T.
NIP. 197509272006041002

Penguji 1

Dr. Wirawan Sumbodo, M.T
NIP. 196601051990021002

Penguji 2

Rusiyanto, S.Pd., M.T
NIP.197403211999031002

Penguji 3/Pembimbing

Drs. Sunyoto M.Si.
NIP. 196511051991021001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik UNNES

Dr. Nur Qudus, M.T.
NIP. 196911301994031001

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan:

1. Skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik Sarjana di Universitas Negeri Semarang (UNNES).
2. Skripsi ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan dari pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, Januari 2019

Yang membuat pernyataan,

David Putra Sanjaya

NIM. 5201415072

Motto :

"Barang siaapa keluar rumah untuk menuntut ilmu maka dia dalam jihad *fisabilah* hingga kembali." [HR. Bukhari]

"Bersemangatlah dalam hal yang bermanfaat bagimu. Mohonlah pertolongan kepada Allah dan janganlah merasa lemah." [HR. Muslim]

"Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagimu, dan boleh jadi (pula) kamu menyukai sesuatu oadahal ia amat buruk bagimu, Allah mengetahui sedang kamu tidak mengetahui." (Q.S 2:286)

"Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya." (Q.S. 2:286)

"Janganlah kamu bersikap lemah, dan janganlah (pula) kamu bersedih hati, padahal kamulah orang-orang yang paling tinggi (derajatnya), jika kamu orang-orang yang beriman (Q.S. 3:139)

"Dan janganlah kamu berputus asa dari rahmat Allah. Sesungguhnya tiada berputus asa dari rahmat Allah, melainkan kaum yang kafir." (Q.S. 12:87)

"Jadikanlah sabar dan shalat sebagai penolongmu. Dan sesungguhnya yang demikian itu sungguh berat, kecuali bagi orang-orang yang khusyu'." (Q.S. 2:45)

ABSTRAK

Sanjaya, David, Putra., 2019. Pengaruh Penambahan Serbuk Karbon dan Variasi Temperatur Tuang Terhadap Nilai Keausan, Kekerasan dan Porositas Hasil Pengecoran Logam Menggunakan Cetakan Pasir. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Drs. Sunyoto, M.Si.

Kata Kunci: Serbuk Karbon *(Dry Cell)*, Temperatur Tuang, Keausan, *Ogoshi* Kekerasan, Porositas.

Pengecoran adalah proses pencairan logam untuk mendapatkan produk lain dengan cara mencetak. Pada proses pengecoran tidak terlepas dari resiko cacat atas pengecoran, seperti cacat porositas. Selain itu terdapat kekurangan-kekurangan pada proses pengeocoran dengan cara *remelting* akan banyak terdapat kekuatan-kekuatan mekanis yang berkurang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menguji adanya pengaruh penambahan serbuk karbon dan temperatur tuang terhadap nilai keausan, kekerasan dan porositas hasil pengecoran logam dengan menggunakan cetakan pasir.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yang bertujuan untuk mengetahui akibat yang akan terjadi setelah diberikan perlakuan. Variasi yang digunakan adalah 0% 0,7% dan 1% serbuk karbon serta 700°C, 750°C dan 800°C. Bahan yang digunakan adalah piston motor bekas. Pengujian keausan dilakukan dengan metode *Ogoshi* dengan alat *Tokyo Testing Machine*, pengujian kekerasan dengan metode *Vickers* dengan alat *Microhardness Tester FM-800*, pengujian porositas dilakukan dengan mencari nilai densitas udara dibagi dengan densitas air serta dilengkapi dengan foto mikro untuk mendukung data porositas. Analisis data yang digunakan adalah analisis deskriptif, hasil penelitian disajikan dengan tabel dan grafik agar mudah dianalisis

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada pengaruh penambahan variasi serbuk karbon dan termperatur tuang terhadap nilai keausan, kekerasan dan porositas. Hasil nilai keausan terbaik diperoleh dengan penambahan serbuk karbon sebesar 0,7% dan temperatur tuang sebesar 700°C dengan nilai keausan sebesar 0,691x10^{-7}*mm^2/kg*. Hasil kekerasan terbaik pada variasi 1% serbuk karbon dan dengan temperatur tuang 800°C dengan nilai sebesar 118,63*VHN*. Untuk nilai porositas terbaik pada variasi serbuk karbon 0,7% dengan temperatur tuang 700°C dengan nilai porositas sebesar 1,32%

PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi/TA yang berjudul **"Pengaruh Penambahan Serbuk Karbon dan Variasi Temperatur Tuang Terhadap Nilai Keausan, Kekerasan, dan Porositas Hasil Pengecoran Logam Menggunakan Cetakan Pasir"** dengan baik. Skripsi/TA ini disusun sebagai salah satu persyaratan meraih gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi S1 Pendidikan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang. Shalawat dan salam disampaikan kepada Nabi Muhammad SAW, mudah mudahan semua mendapatkan syafaat-nya di yaumulakhir nanti. Amin.

Penyelesaian karya tulis ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih serta penghargaan kepada:

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum., Rektor Universitas Negeri Semarang atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menempuh studi di Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Nur Qudus, M.T., Dekan Fakultas Teknik, Rusyanto, S.Pd, M.T., Ketua Jurusan dan Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, atas fasilitas yang disediakan bagi mahasiswa.
3. Drs. Sunyoto, M. Si., sebagai Dosen Pembimbing yang penuh perhatian dan atas perkenaan memberi bimbingan dan dapat dihubungi sewaktu-waktu disertai kemudahan menunjukkan sumber-sumber yang relevan dengan penulisan karya ini.
4. Laboran Lab. Pemesinan FT UNNES yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian dalam karya tulis ini.
5. Semua dosen Jurusan Teknik Mesin FT. UNNES yang telah memberi bekal pengetahuan yang berharga.
6. Ayahanda Elfisri dan ibunda Ngatini tercinta. Kedua orang tua penulis yang senantiasa memberikan semangat moral, kasih sayang, ketulusan dan pengorbanan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan karya

tulis ini dengan baik. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat dan ridho-Nya kepada keduanya.

7. Teman-teman kelompok penelitian, Agus Jatmiko dan Anjar Priyatmojo yang telah mengizinkan penulis untuk bisa berkolaborasi bersama.
8. Teman-teman PTM UNNES 2015 Rombel 2 yang senantiasa membantu penulis untuk dapat melaksankan penelitian dalam karya tulis ini.
9. Teman-teman KKN Keilmuan UNNES 2018 Desa Sumberejo yang selalu memotivasi penulis untuk dapat melaksanakan karya tulis ini.
10. Berbagai pihak yang telah memberi bantuan untuk karya tulis ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu

Penulis berharap semoga karya tulis ini dapat bermanfaat dan membantu kelancaran penelitian-penelitian sejenis yang akan dilaksanakan dikemudian hari.

Semarang, Januari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i

PERSETUJUAN PEMBIMBING ii

PENGESAHAN KELULUSAN iii

PERNYATAAN KEASLIAN iv

MOTTO v

ABSTRAK vi

PRAKATA vii

DAFTAR ISI ix

DAFTAR TABEL xi

DAFTAR GAMBAR xiii

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Identifikasi Masalah 6

1.3 Batasan Masalah 6

1.4 Rumusan Masalah 7

1.5 Tujuan Penelitian 7

1.6 Manfaat Penelitian 8

BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI 9

2.1 Kajian Pustaka..... 9

2.2 Kajian Teori 12

2.3 Kerangka Berpikir 51

2.4 Hipotesis..... 52

BAB III METODE PENELITIAN 53

3.1 Desain penelitian 53

3.2 Waktu dan Tempat Pelaksanaan 53

3.3 Alat dan Bahan Penelitian 54

3.4 Parameter penelitian 56

3.5 Teknik Pengumpulan Data 57

3.6 Teknik Analisis Data 60

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 62

4.1 Hasil Penelitian 62

4.2 Pembahasan 75

4.3 Keterbatasan Penelitian 80

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN 81

5.1 Kesimpulan 81

5.2 Saran 83

DAFTAR PUSTAKA 84

LAMPIRAN 87

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Jumlah Kendaraan Bermotor 3

Tabel 2.1 Pengaruh kandungan Si terhadap Temperatur 17

Tabel 2.2 Tipe-tipe penyusutan pola pada material cetakan 21

Tabel 2.3 Karakteristik bahan pola 22

Tabel 2.4 Temperatur penuangan berbagai coran 29

Tabel 2.5 Waktu pembekuan pengecoran alumunium 29

Tabel 2.6 Kandungan serbuk karbon baterai bekas 31

Tabel 2.7 Skala pada metode uji kekerasan *Rockwell*..... 47

Tabel 3.1 Instrumen hasil pengukuran keausan 59

Tabel 3.2 Instrumen hasil pengukuran kekerasan 60

Tabel 3.3 Instrumen hasil pengukuran cacat porositas 60

Tabel 4.1 Unsur dari *Fluks* dan *Dry Cell* 62

Tabel 4.2 Unsur blok mesin Tipe FIXED STAR 36F..... 63

Tabel 4.3 Unsur dari piston bekas tanpa penambahan serbuk karbon 63

Tabel 4.4 Unsur dari piston bekas dengan penambahan 0,7%..... 64

Tabel 4.5 Unsur dari piston bekas dengan penambahan 1%..... 64

Tabel 4.6 Data pengukuran *Abration Groove Witdh* dengan *microscope* 66

Tabel 4.7 Data pengukuran *Spesific Abration*..... 67

Tabel 4.8 Data pengukuran uji kekerasan *Vickers Test* 69

Tabel 4.9 Data penimbangan berat di air bahan uji 71

Tabel 4.10 Data penimbangan berat di udara bahan uji..... 71

Tabel 4.11 Data perhitungan hasil cacat porositas 72

Tabel 4.12 Data perbandingan *Spesific Abration* tiap spesimen 75

Tabel 4.13 Data perbandingan komposisi tiap spesimen 76

Tabel 4.14 Data perbandingan nilai kekerasan tiap spesimen 77

Tabel 4.15 Data perbandingan nilai porositas tiap spesimen 78

Tabel 4.16 Data perbandingan hasil uji komposisi 79

Tabel 4.17 Data perbandingan hasil penelitian 79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Macam-macam Blok Silinder..... 13

Gambar 2.2 Perbedaan Blok Silinder Mesin 2 tak dan 4 tak 13

Gambar 2.2 Perbedaan Blok Silinder Mesin 2 tak dan 4 tak 14

Gambar 2.4 Diagram fasa Al-Si..... 16

Gambar 2.4 Komponen-komponen dari material *duralumin* 18

Gambar 2.5 (a) Inti dengan *chaplet*, (b)*chaplet*, (c) hasil coran 24

Gambar 2.6 Tahapan Pengecoran dengan cetakan permanen..... 26

Gambar 2.7 Dua jenis ladel yang umum digunakan 28

Gambar 2.8 Keausan Adhesif 34

Gambar 2.9 Keausan Abrasif..... 36

Gambar 2.10 Keausan *fatigue*..... 37

Gambar 2.11 Keausan korosif..... 38

Gambar 2.12 Pengujian keausan dengan metode *Ogoshi* 39

Gambar 2.13 Pengujian Kekerasan dengan *Brinell Hardness Tester* 43

Gambar 2.14 Pengujian Kekerasan dengan metode *Vickers*..... 44

Gambar 2.15 Pengujian Kekerasan dengan metode *Rockwell*..... 46

Gambar 2.16 Cacat Porositas Gas..... 48

Gambar 2.17 Cacat porositas *shrinkage*..... 49

Gambar 2.18 Kerangka Berfikir..... 52

Gambar 3.1 Desain blok silinder mesin pemotong rumput 55

Gambar 3.2 Diagram alir penelitian 57

Gambar. 4.1 Hasil pengujian keausan dengan metode *Ogoshi* 65

Gambar. 4.2 Penggambaran hasil pengujian keausan grafik batang..... 67

Gambar. 4.3 Penggambaran hasil pengujian keausan grafik garis..... 68

Gambar. 4.4 Penggambaran hasil pengujian kekerasan *Vickers*..... 69

Gambar. 4.5 Penggambaran hasil pengujian kekerasan *Vickers*..... 70

Gambar. 4.6 Penggambaran hasil pengujian porositas grafik batang 72

Gambar. 4.7 Penggambaran hasil pengujian porositas grafik garis 73

Gambar. 4.8 Penggambaran hasil pengujian porositas 0% penambahan..... 73

Gambar. 4.9 Penggambaran hasil pengujian porositas 0,7% penambahan..... 74

Gambar. 4.10 Penggambaran hasil pengujian porositas 1% penambahan..... 74

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mesin pemotong rumput berfungsi sebagai alat bantu para pekerja kebun untuk mempercepat kerja mereka dalam hal memotong rumput. Penggunaan mesin potong rumput lebih efisien dalam hal waktu serta tenaga apabila dibandingkan dengan cara manual menggunakan alat gunting rumput. Namun dalam penggunaannya mesin ini juga sering digunakan dalam kegiatan lain seperti penggerak motor *mini trail*, sepeda, maupun alat penggerak lainnya. Motor ini juga sering digunakan untuk alat penggerak karena jenis motor bakar. Hal ini memunculkan ide dari Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang untuk memproduksi motor ini untuk memenuhi kebutuhan masyarakat maupun kebutuhan industri dengan kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan produk yang ada dipasaran (Siswanto, 2018:8).

Berdasarkan motor penggeraknya mesin pemotong rumput diklasifikasikan kedalam 2 macam yaitu mesin pemotong rumput dengan motor bakar dan motor listrik. Untuk motor bakar masih dapat diklasifikasikan dengan 2 jenis, yaitu motor bakar 2 langkah (tak) dan 4 langkah (tak). Masyarakat cenderung memilih motor bakar jenis 2 tak karena beberapa alasan, diantaranya tenaga yang dihasilkan tidak jauh berbeda dengan 4 tak dan harga yang relatif lebih murah. Pada segi perawatan motor bakar ada beberapa komponen yang perlu dirawat rutin yaitu blok silinder. Blok silinder

merupakan komponen motor bakar yang berfungsi sebagai tempat berlangsungnya proses kerja *engine*. Pada bagian ini terjadi proses hisap, kompresi, kerja dan buang. Oleh karena itu tidak boleh terjadi kebocoran yang disebabkan oleh gesekam antara ring piston dengan *liner* silinder. Blok silinder umumnya menggunakan besi atau aluminium. Blok silinder dengan bahan besi memiliki karakteristik bahan yang sangat tangguh dalam hal *overheating* karena besi adalah salah satu benda yang tahan panas dan gesekan, namun untuk blok silinder dengan bahan aluminium memiliki karakteristik bahan yang kuat, ringan, tidak beracun, penghantar panas yang baik, tahan korosi dan dapat didaur ulang.

Penggunaan paduan aluminium terus meningkat dari tahun ketahun terlihat dari urutan penggunaan logam paduan aluminium yang menempati urutan kedua setelah penggunaan logam besi atau baja, dan diurutan pertama untuk logam *non ferro* (Smith, 1995) dalam (Solechan, 2010:1) Indonesia memiliki pasokan aluminium mencapai lebih dari 500 ribu ton per tahun, namun PT Indonesia Asahan Aluminium sebagai produsen Aluminium tunggal di Indonesia hanya mampu memproduksi 255 ribu ton dari total kebutuhan untuk industri domestik yang mencapai 600-800 ribu ton (Kementrian Perindustrian Indonesia, 2016).

Pada industry otomotif penggunaan paduan material aluminium terus mengalamai peningkatan (Budinski, 2001) dalam (Solechan, 2010:1). Komponen-komponen pada otomotif yang terbuat dari paduan aluminium antara lain katup silinder, kepala silinder, blok mesin dan sebagainya.

Tabel 1.1 Jumlah Kendaraan Bermotor (Unit)

Jenis Kendaraan Bermotor	**Jumlah Kendaraan Bermotor (Unit)**				
	2012	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**
Mobil Penumpang	10432259	11484514	12599038	13480973	14580666
Mobil Bis	2273821	2286309	2398846	2420917	2486898
Mobil Barang	5286061	5615494	6235136	6611028	7063433
Sepeda motor	76381183	84732652	92976240	98881267	105150082
Jumlah	**94373324**	**104118969**	**114209260**	**121394185**	**129281079**

(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2017)

Hal ini dibuktikan dengan jumlah kendaraan di Indonesia tahun 2016 mencapai 129.281.079 yang terdiri dari kendaraan bermotor roda dua sebesar 105.150.082 dan kendaraan roda 4 atau lebih sebesar 24.130.997. Jika diansumsikan bahwa pergantian kasar kerusakan piston yang terbuat dari paduan Aluminuim Silikon setiap tahunnya sebesar 3% dikalikan jumlah kendaraan, maka jumlah piston sebesar 3.878.432 dikali 3 ons berat piston rata-rata, sehingga didapat berat piston yang diganti sebesar 11.635,297 ton. Jika satu ton aluminium dihargai sebesar US$ 3.000 berarti jumlah uang yang bisa dihemat adalah US$349.058.913, dimana US$ 1 = Rp12.000 dengan kata lain, bila Indonesia dapat memaksimalkan potensi daur ulang piston bekas, Indonesia dapat menghemat sebesar 42 Miliyar rupiah.

Piston merupakan salah satu komponen kendaraan bermotor yang digunakan sekali pakai. Limbah piston di Indonesia per tahun mencapai 6765.5ton dan terus mengalamu peningkatan seiring meningkatnya perkembangan dunia otomotif. Piston terbuat dari paduan aluminium silicon

(Al-Si). Paduan ini memiliki daya tahan terhadap korosi, abrasi/tahan aus, ringan koefisien muai rendah, dan juga mempunyai kekuatan tinggi (Cole, 1995:4-9). Pemanfaatan piston bekas dapat menggunakanan proses *remelting.* yaitu salah satu metode pengecoran daur ulang dengan meleburkan kembali material logam yang telah ada. Keuntungan *remelting* ini diantaranya harga yang relative murah dan dapat dilakukan oleh industry meskipun hanya skala *home industry*. Namun kendala yang sering terjadi dalam proses *remelting* adalah kecacatan (Porositas) (Darsono, *et al.*, 2013).

Tahapan proses untuk membuat dan pengerjaan blok silinder ada beberapa tahapan yaitu dimulai dari pembentukan blok silinder dengan cara pencetakan melalui proses pengecoran, pembentukan profil hingga *finishing* produk. Proses pengecoran merupakan proses pencairan logam yang selanjutnya dituang kedalam cetakan dan kemudian dibiarkan membeku, sehingga terbentuk suatu benda yang sesuai dengan bentuk model atau pola cetakan. Penggunaan jenis cetakan yang tepat dapat meningkatkan hasil produksi baik dari segi kualitas maupun kuantitas (Surdia, 1976). Jenis cetakan yang sering digunakan dalam industri pengecoran antara lain cetakan pasir dan cetakan logam.

Cetakan pasir merupakan jenis cetakan dengan menggunakan pasir sebagai bahan utama cetakan. Proses pengecoran menggunakan cetakan pasir ini adalah dengan cara menuangkan logam cair kedalam rongga dari cetakan pasir. Cetakan ini dibuat dengan jalan memadatkan pasir yang berupa pasir alam atau pasir buatan yang mengandung tanah lempung. Sedangkan cetakan

logam *(permanent)* adalah jenis cetakan dengan menggunakan logam sebagi bahan cetakan. Logam yang digunakan sebagai bahan cetakan adalah besi cor paduan.

Cacat yang umumnya terjadi pada hasil coran adalah inklusi pasir (*sand inclusion*). Inklusi merupakan problem yang serius dalam produksi hasil coran pada proses pengecoran. Inklusi yang dimaksud adalah hydrogen yang dapat larut pada Aluminium cair yang dapat menyebabkan porositas pada pengecoran (Neff, 2002:24-26) dalam (Solechan, 2010:7). Berdasarkan hasil pengamatan sebuah *home industry* pengecoran aluminium di Karanganyar, Jawa Tengah dijumpai penggunaan serbuk karbon bekas sebanyak 150*gram* pada 70*kilogram* atau sebesar 0,4667% dari total logam aluminium cair hasil *remelting.* Penambahan serbuk *serbuk karbon* menghasilkan hasil pengecoran dari terak (*slag*) sehingga produk coran yang diproduksi lebih bersih dan terlihat lebih halus. Telah ada penelitian-penelitian logam yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan serbuk karbon sebagai *degasser* terhadap beberapa nilai fisis dan mekanis, namun belum ada penelitian yang meneliti sifat karakteristik blok mesin pemotong rumput dengan penambahan serbuk karbon sebagai *degassing*.

1.2 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dari penelitian ini adalah:

1) Blok silinder merupakan tempat proses pembakaran. Hal ini membuat blok mesin memerlukan material khusus dengan spesifikasi khusus

2) Dari data yang didapatkan dari Badan Pusat Statistik, menunjukkan angka kendaraan bermotor yang sangat melimpah sehingga membuat penggunaan piston semakin meningkat. Namun limbah piston belum bisa dimanfaatkan secara maksimal oleh karena itu perlu dilakukan pemanfaatan ulang maupun pendauran ulang dari piston bekas.
3) Sampai saat ini penggunaan teknik *remelting* diterapkan pada industri-industri pengecoran kecil, dan biasanya menghasilkan produk-produk yang berkualitas rendah dan rentan terhadap kecacatan (porositas), pada industri yang besar lebih cenderung menggunakan biji aluminium sebagai bahan utama produknya dan biji aluminium ini termasuk kedalam bahan tambang yang terbatas. Untuk itu dibutuhkan penambahan unsur-unsur tertentu untuk meningkatkan hasil coran.

1.3 Pembatasan Masalah

Batasan masalah studi pembuatan blok silinder mesin berbasis piston bekas dengan penambahan serbuk karbon dengan menggunakan cetakan pasir yaitu:

1) Bahan *remeting* yang digunakan adalah piston motor bekas
2) Serbuk karbon bekas yang digunakan berasal dari baterai bekas
3) Pengecoran blok silinder mesin menggunakan cetakan pasir
4) Suhu yang digunakan pada penuangan bervariasi, yaitu pada suhu $700^{o}C$, $750^{o}C$, dan $800^{o}C$.
5) Variasi serbuk karbon yang digunakan sebesar 0%, 0,70%, dan 0,1%

6) Pengujian material blok silinder mesin meliputi uji keausan, uji kekerasan dan porositas
7) Proses pengecoran tanpa proses *heat treatment*
8) Hasil pengecoran adalah blok silinder mesin

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan diatas, inti permasalahan yang diambil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1) Apakah ada pengaruh penambahan serbuk karbon dan variasi temperatur terhadap keausan hasil coran.
2) Apakah ada pengaruh penambahan serbuk karbon dan variasi temperatur terhadap kekerasan hasil coran.
3) Apakah ada pengaruh penambahan serbuk karbon dan variasi temperatur terhadap cacat porositas hasil coran.

1.5 Tujuan

Tujuan utama dari penelitian ini adalah bagaimana cara memanfaatkan piston bekas yang di daur ulang menjadi produk baru dengan penambahan serbuk karbon dan memvariasikan temperatur penuangan pada cetakan blok mesin tersebut. Beberapa hal yang ingin dicapai dalam penelitian ini yaitu:

1) Untuk mengetahui pengaruh penambahan serbuk karbon dan variasi temperatur terhadap keausan hasil coran.

2) Untuk mengetahui pengaruh penambahan serbuk karbon dan variasi temperatur terhadap kekerasan hasil coran.
3) Untuk mengetahui pengaruh penambahan serbuk karbon dan variasi temperatur terhadap cacat porositas hasil coran.

1.6 Manfaat

1) Teoritis

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah dapat menjadikan masukan bagi pengembangan ilmu pengetahuan khususnya pada bidang ilmu teknologi mekanik, meningkatkan pengetahuan serta wawasan dan juga memperkaya khasanah ilmu pengetahuan dan teknologi dibidang teknologi mekanik

2) Praktis

Memberikan masukan kepada industri-industri kecil maupun besar dalam pembuatan blok mesin berbasis piston bekas yang memiliki kualitas yang baik, yang memiliki nilai porositas yang rendah memiliki daya tahan yang baik terhadap abrasi/keausan, kekerasan yang tinggi dan memiliki nilai porositas yang rendah.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Kajian Pustaka

Penelitian tentang aluminium sebagai *spesimen* telah banyak dilakukan oleh peneliti-peneliti terdahulu, antara lain Surojo, E., *et al* (2009), melakukan penelitian tentang pengaruh *remelting* terhadap struktur mikro dan kekerasan paduan cor Al-Si, hasil penelitian menunjukkan hasil *remelting* dapat mengubah struktur mikro paduan aluminium silikon dan harga kekerasan *Brinell* (BHN) rata-rata mengalami peningkatan dengan perlakuan tiga kali *remelting.* Peningkatan kekerasan ini disebabkan karena adanya peningkatan jumlah fasa Si eutentik.

Suharno, D., *et al,* (2013) melakukan penelitian tentang pengaruh variasi jenis cetakan dan penambahan serbuk *dry cell* bekas terhadap porositas hasil *remelting* Al-9%Si berbasis piston bekas, hasil penelitian menunjukkan penambahan serbuk *dry cell* bekas yang menghasilkan coran dengan porositas tertinggi adalah penambahan sebanyak 0,50%, dan yang terendah adalah dengan menggunakan cetakan logam dengan penambahan *dry cell* bekas sebanyak 0,70% dari berat.

Aprilian, C., *et al,* (2016) melakukan penelitian tentang optimalisasi temperatur tuang terhadap kekerasan paduan Al-Si dengan menggunakan cetakan logam, hasil penelitian menunjukkan nilai kekerasan hasil pengecoran

pada temperatur penuangan 680°C, 705°C, 730 ^{o}C, 755 ^{o}C dan 780 ^{o}C berturut turut sebesar 104.57HV, 105.20HV, 106.73HV, 111.46HV dan 113.60 HV.

Ardiansyah, *et al.*, (2016) tentang penggunaan serbuk Dry Cell sebagai Pengikat terak pada pengecoran logam terhadap kualitas hasil coran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa unsur Mn pada *dry cell* dapat mengikat unsur H_2O yang mempengaruhi cacat porositas coran Al.

Ponco., *et al.,* (2016) tentang pengaruh unsur silikon pada aluminium alloy (Al-Si) terhadap sifat mekanis dan struktur mikro, hasil dari penelitian ini adalah adanya penambahan unsur silikon dapat meningkatkan nilai kekerasan dari paduan serta dapat mengingkatkan ketangguhan impak dari paduan aluminium.

Habibiy., *et al.,* (2014) tentang Analisa pengaruh penambahan titanium terhadap struktur mikro dan kekerasan pada produksi sepatu kampas rem daur ulang berbahan Al-Si dengan metode pengecoran *squeeze.* Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan unsur Ti dapat mempengaruhi nilai kekerasan yang berakibatkan nilai kekerasan hasil pengecoran kampas rem meningkat dan dapat menghaluskan butir dari aluminium, hal ini dapat dilihat pada pengukian struktur mikro yang dilakukan oleh peneliti.

Cholis., *et al* (2013) tentang pengaruh penambahan unsur magnesium terhadap kekerasan dan struktur mikro pada pengecoran aluminium. Hasil penelitian menunjukkan semakin banyak penambahan unsur Mg dapat meningkatkan nilai kekerasan hasil pengecoran aluminium dan semakin

banyak unsur Magnesium yang ditambahkan maka ukuran butir hasil pengecoran aluminium semakin kecil.

Sampurno, *et al.,* (2016) pengaruh penambahan unsur tembaga terhadap sifat fisis dan mekanis material *chasis* berbahan dasar limbah aluminium hasil pengecoran HPDC. Hasil penelitian menunjukkan nilai kekerasan meningkat setelah penambahan unsur tembaga, hal ini terjadi karena ukuran butir lebih kecil, semakin rapat dan tidak mudah terjadi dislokasi yang berakibat nilai kekerasan yang meningkat. hasil porositas menurun seiring dengan penambahan unsur tembaga, namun pada tegangan Tarik mengalami penurunan semakin banyak nilai tembaga maka akan mengurangi kekuatan Tarik benda.

Sowiyk P, H., *et al.,* (2016) tentang Pengaruh penambahan Timah terhadap sifat fisis dan mekanis pada material *bearing* berbahan dasar aluminium hasil pengecoran HPDC. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin bertambahnya nilai Sn maka semakin turun nilai dari densistas benda coran. Semakin bertambahnya nilai Sn dalam hasil pengecoran maka akan semakin besar pula nilai porositasnya. Semakin bertambahnya nilai Sn pada pengecoran juga dapat mempengaruhi nilai kekerasan benda. Penambahan unsur Sn yang terlalu besar dapat menurunkan nilai dari kekuatan tekan benda hasil coran.

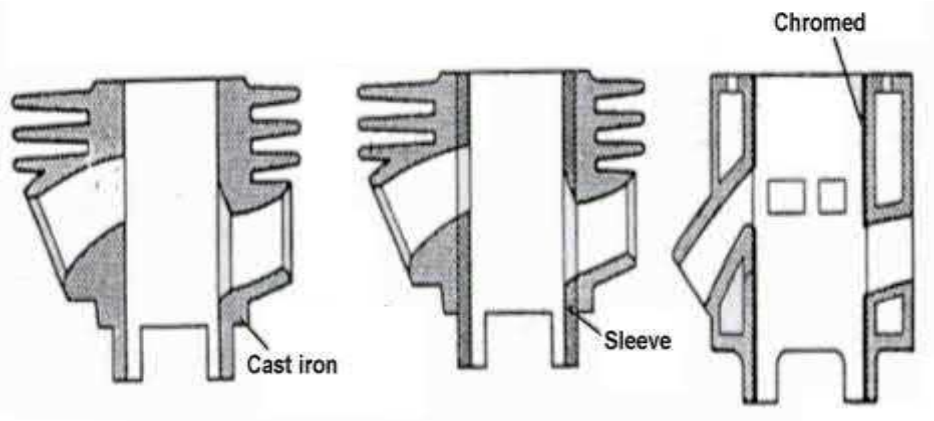
Nurani, S., J., *et al,* (2015) melakukan penelitian terhadap *mechanical properties and wear stregths of piston alloy-alumina composites,* dari hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kekerasan meningkat karena penambahan

partake *alumina,* namun *tensile strength* menurun sebanyak 5% karena terjadinya porositas.

2.2 Kajian Teori

2.2.1 Blok Silinder Mesin

Blok Silinder Mesin merupakan tempat diman piston bekerja. Blok silinder, piston, ring piston dan kepala silinder membentuk suatu ruangan tertutup tempat proses kerja motor terjadi, yaitu proses hisap, kompresi, usaha dan buang. Blok silinder harus mempunyai tahanan gesek yang kecil, pemuaian kecil, tahan panas dan penghantar panas yang baik. Terdapat 3 macam blok silinder mesin ditinjau dari bahannya, yaitu:

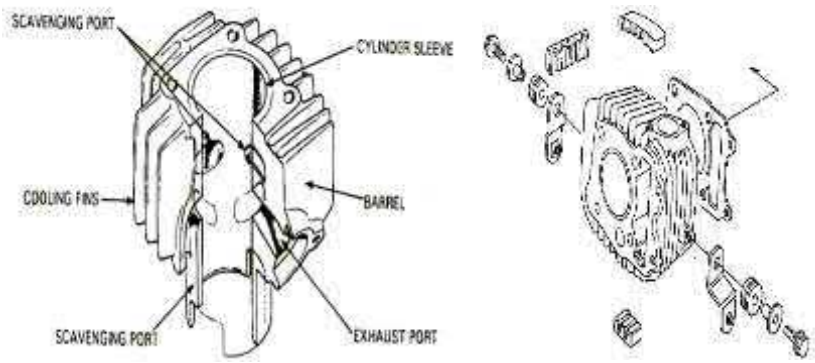


Gambar 2.1 Macam-macam Blok Silinder

(Sumber: Komponen Utama Motor, 2010)

1) Cast Iron. Blok silinder dengan bahan besi tuang (Cast Iron). Blok jenis ini proses pembuatan lebih mudah, berat mesin bertambah berat.

2) Sleeve. Blok silinder terbuat dari paduan aluminium dengan Teknik pengecoran, kemudian disisikan besi tuang dengan suaian sesak. Kelebihannya proses pendinginan lebih baik.
3) Pelaspisan *Chrome*. blok silinder model ini terbuat dari paduan aluminium dengan Teknik tuang. Pada dinding silinder dikeraskan menggunakan *chrome* dan *electroplating.* Kelebihan model ini adalah bobot lebih ringan, dan proses pendinginan yang lebih baik.



Gambar 2.2 Perbedaan Blok Silinder Mesin 2 tak dan 4 tak

(Sumber: Komponen Utama Motor, 2010)

Konstruksi blok silinder mesin 2 tak berbeda dengan mesin 4 tak. Perbedaan tersebut antara lain pada motor 4 tak tidak ada lubang pada dinding silinder, sendangkan motor 2 tak pada dinding silinder terdapat lubang, yaitu lubang bilas (*scavenging prot*) dan lubang buang (*exhaust port*). Adalnya lubang pada silinder mesin 2 tak menyebabkan peluang ring piston mesin 2 tak dilengkapi dengan nok, yang berfungsi mencegah ring piston berputar saat mesin bekerja sehingga ujung ring piston bergerak melintasi lubang bilas maupun lubang buang.

Saat motor bekerja piston bergerak dan bergesekan terus menerus dengan dinding silinder, untuk mengurangi gesekan diperlukan pelumas yang baik, bila sistem pelumas kurang baik maka keausan pada silinder, ring piston dan piston akan cepat terjadi, yang berakibat pada motor yang sulit dihidupkan, tenaga yang lemah, oli mesin cepat rusak, bahan bakar boros dan polusi, dan suara mesin yang kasar

Gambar 2.3 pengujian kekerasan (*Brinell*) dan keausan (*Ogoshi*) pada silinder liner bahan Aluminium Silikon

(Sumber: Kirono dan Julianto (2008:1-2))

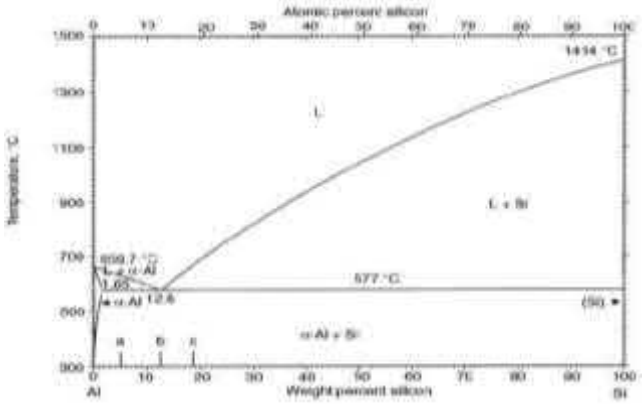
Menurut Kirono dan Julianto (2014:10) yang meneliti kekerasan *brinell* dan keausan (*Ogoshi*) dari blok silinder mesin didapat nilai rata-rata kekerasan sebesar $151.5\ HB$ dan $1{,}2134729 \times 10^{-6}\ mm^3/mm$. Agar tidak terjadi kompresi yang disebabkan oleh gesekan antara ring piston dan dinding liner silinder, diperlukan dinding liner yang mempunyai nilai kekerasan yang tinggi dan nilai keausan yang rendah. Karena apabila terjadi kebocoran kompresi diruang bakar hal ini dapat berakibat pada tenaga yang dikeluarkan motor menjadi berkurang dan juga selain itu sistem pembakaran diruang bakar tidak sempurna dimana pelumas atau oli mesin juga ikut terbakar

2.2.2 Paduan Aluminium

Aluminium dipakai sebagai paduan berbagai logam murni, sebab tidak kehilangan sifat ringan, sifat-sifat mekanisnya, sifat mampu cornya yang dapat diperbaiki dengan menambah unsur-unsur lain, unsur-unsur paduan itu adalah tembaga, silisium, magnesium, mangan, nikel, dan sebagainya yang dapat merubah sifat paduan aluminium. Macam-macam unsur paduan aluminium dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1) Paduan Al-Si

Paduan Al-Si ditemukan oleh A. Pacz tahun 1921. Paduan Al-Si yang telah diperlakukan panas dinamakan *silumin.* Sifat-sifat *silumin* sangat diperbaiki oleh perlakuan panas dan sedikit diperbaiki oleh unsur paduan. Paduan Al-Si umumnya dipakai dengan 0,15% – 0,4%Mn dan 0,5 % Mg. Paduan yang diberi perlakuan pelarutan (*solution heat treatment*), *quenching*, dan *aging* dinamakan *silumin* γ, dan yang hanya mendapat perlakuan aging saja dinamakan *silumin* β. Paduan Al-Si yang memerlukan perlakuan panas ditambah dengan Mg juga Cu serta Ni untuk memberikan kekerasan pada saat panas. Bahan paduan ini biasa dipakai untuk torak motor. (Surdia, 1992).



Gambar 2.4 Diagram fasa Al-Si

(Sumber: ASM International, 2004)

Pada diagram fasa Al-Si (Gambar 2.4) dapat dibagi tiga daerah yaitu:

a. Daerah *Hippoeutektik*

Pada daerah ini terdapat kandungan silikon <11,7% dimana struktur mikro akhir yang terbentuk pada fasa ini adalah fasa α – aluminium dan eutektik (gelap) yang kaya aluminium yang memiliki kekerasan 90 HB.

b. Daerah *Eutektik*

Pada komposisi ini paduan Al-Si dapat membeku secara langsung (dari fase cair ke padat). Kandungan silikon yang terkandung didalamnya sekitar 11.7% sampai 12.2% untuk struktur mikro eutektik bisa dilihat pada gambar 2.3b. Material ini memiliki kekerasan 105 HB dan uji tarik 248 MPa sehingga banyak diaplikasikan pada komponen dengan tekanan yang

tinggi, seperti: *crank case, wheel hub, cylinder barrel.* (ASM Handbook vol 15, 1998)

c. Daerah *Hypereutectic*

Struktur mikro *hypereutectic* pada gambar 2.3c menunjukan Komposisi silikon diatas 12.2% sehingga kaya akan silikon dengan fasa *eutektik* sebagai fasa tambahan dan memiliki kekerasan 110 HB. Contoh *aluminium alloy* jenis AC8H, A.339

Tabel 2.1 Pengaruh kandungan Si terhadap Temperatur titik beku paduan Aluminium

Alloy	***Si Content***	***BS Alloy***	***Typical Freezing Range (°C)***
Low Silicon	4 - 6 %	LM4	625-525
Medium Silicon	7,5 - 9,5 %	LM25	615-550
Eutectic Alloys	10 - 13 %	LM6	575-565
Spesial Hypereutectic Alloys	>16 %	LM30	650-505

(Sumber: ASM International, 2004)

Presentase kandungan silicon pada aluminium akan berpengaruh terhadap titik beku (*freezing point*) yang dipakai pada saat proses pengecoran aluminium yang bisa dilihat pada tabel 2.1

2) Paduan Al-Cu dan Al-Cu-Mg

Paduan Al-Cu dan Al-Cu-Mg ditemukan oleh A. Wilm dalam usaha mengembangkan paduan aluminium yang kuat yang dinamakan *duralumin*. Paduan Al-Cu-Mg adalah paduan yang mengandung 4% Cu dan 0,5% Mg serta dapat mengeras dengan sangat dalam beberapa hari oleh penuaan dalam temperatur biasa atau *natural aging* setalah *solution heat treatment* dan *quenching*.

Gambar 2.4 Komponen-komponen dari material *duralumin*

(Sumber: Surdia, 1992)

Studi tentang logam paduan ini telah banyak dilakukan salah satunya adalah Nishimura yang telah berhasil dalam menemukan senyawa *terner* yang berada dalam keseimbangan dengan Al, yang kemudian dinamakan senyawa S dan T. Ternyata senyawa S (AL_2CuMg) mempunyai kemampuan penuaan pada temperatur biasa. Paduan Al-Cu dan Al-Cu-Mg dipakai sebagai bahan dalam industri pesawat terbang (Surdia, 1992)

3) Paduan Al-Mn

Mangan (Mn) adalah unsur yang memperkuat aluminium tanpa mengurangi ketahanan korosi dan dipakai untuk membuat paduan yang

tahan terhadap korosi. Paduan Al-Mn dalam penamaan standar *AA* adalah paduan Al 3003 dan Al 3004. Komposisi standar dari paduan Al 3003 adalah Al, 1,2 % Mn, sedangkan komposisi standar Al 3004 adalah Al, 1,2 % Mn, 1,0 % Mg. Paduan Al 3003 dan Al 3004 digunakan sebagai paduan tahan korosi tanpa perlakuan panas (Surdia, 1992)

4) Paduan Al-Mg

Paduan dengan 2 – 3 % Mg dapat mudah ditempa, dirol dan diekstrusi, paduan Al 5052 adalah paduan yang biasa dipakai sebagai bahan tempaan. Paduan Al 5052 adalah paduan yang paling kuat dalam sistem ini, dipakai setelah dikeraskan oleh pengerasan regangan apabila diperlukan kekerasan tinggi. Paduan Al 5083 yang dianil adalah paduan antara (4,5 % Mg) kuat dan mudah dilas oleh karena itu sekarang dipakai sebagai bahan untuk tangki LNG (Surdia, 1992)

5) Paduan Al-Mg-Si

Sebagai paduan Al-Mg-Si dalam sistem klasifikasi *AA* dapat diperoleh paduan Al 6063 dan Al 6061. Paduan dalam sistem ini mempunyai kekuatan kurang sebagai bahan tempaan dibandingkan dengan paduan – paduan lainnya, tetapi sangat liat, sangat baik mampu bentuknya untuk penempaan, ekstrusi dan sebagainya. Paduan 6063 dipergunakan untuk rangka – rangka konstruksi , karena paduan dalam sistem ini mempunyai kekuatan yang cukup baik tanpa mengurangi hantaran listrik, maka selain dipergunakan untuk rangka konstruksi juga digunakan untuk kabel tenaga (Surdia,1992)

6) Paduan Al-Mn-Zn

Di Jepang pada permulaan tahun 1940 Iragashi dan kawan-kawan mengadakan studi dan berhasil dalam pengembangan suatu paduan dengan penambahan kira – kira 0,3 % Mn atau Cr dimana butir kristal padat diperhalus dan mengubah bentuk presipitasi serta retakan korosi tegangan tidak terjadi. Pada saat itu paduan tersebut dinamakan *ESD* atau *duralumin super ekstra*. Selama perang dunia ke dua di Amerika serikat dengan maksud yang hampir sama telah dikembangkan pula suatu paduan yaitu suatu paduan yang terdiri dari: Al, 5,5 % Zn, 2,5 % Mn, 1,5% Cu, 0,3 % Cr, 0,2 % Mn sekarang dinamakan paduan Al7075. Paduan ini mempunyai kekuatan tertinggi diantara paduan Pengggunaan paduan ini paling besar adalah untuk bahan konstruksi pesawat udara, disamping itu juga digunakan dalam bidang konstruksi (Surdia, 1992)

2.2.3 Pengecoran

Pengecoran merupakan proses tertua yang dikenal dalam pembuatan benda logam. Proses pengecoran dengan menggunakan cetakan logam yang terbuat dari baja perkakas atau H13 (John, 1994:120) meliputi: pembuatan cetakan, persiapan dan peleburan logam, penuangan logam cair kedalam cetakan, pembersihan coran dan proses perakitan cetakan.

1) Pembuatan pola

Pola merupakan bagian yang penting dalam proses pembuatan benda cor, karena itu yang akan menentukan bentuk dan ukuran dari benda cor. Pola yang digunakan untuk benda cor biasanya terbuat dari kayu, resin, lilin dan logam. Kayu dapat dipakai untuk membuat pola karena bahan tersebut harganya murah dan mudah dibuat dibandingkan pola logam. Oleh karena itu pola kayu umumnya dipakai untuk cetakan pasir. Biasanya kayu yang dipakai adalah kayu seru, kayu aras, kayu mahoni, kayu jati dan lain-lain (Surdi, 1982).

Tabel 2.2 Tipe-tipe penyusutan pola pada material cetakan

Alloy Being Cast	***allowance***	***Approximate Shrinkage, %***	***Shrinkage Allowance***	
			mm/m	***in/ft***
Steel	1 in 64	1,6	55/7	3/16
Gray Cast Iron	2 in 100	1	2	1/10
Ductile Cast Iron	3 in 120	0,8	7/8	3/32
Aluminium	4 in 77	1,3	13/1	5/32
Brass	5 in 70	1,4	14/1	11/64

(Sumber: ASM International, 2004)

Sementara itu pola bisa dikatakan sebuah tiruan benda kerja yang akan diproduksi dengan teknik pengecoran, dengan toleransi atau suaian ukuran sesuai perhitungan pengecoran. Ukuran pola,

biasanya lebih besar dari benda kerja dan hampir semua material cair, volumenya akan menyusut saat membeku. pada tabel 2.2. menunjukan material cetakan yang mengalami suaian penyusutan. Untuk mengantisipasi perubahan bentuk saat pembekuan, karena terjadi tegangan dalam pada sudut-sudut atau bentuk-bentuk khusus, misalnya U, V, dan lain-lain. Macam-macam pola pada cetakan logam diantaranya

1. Pola tunggal (*single piece pattern*)
2. Pola belahan (*split pattern*)
3. Pola pelat belahan (*match plate pattern*)
4. Pola *cup* dan *drug (cope and drag pattern)*
5. Pola bagian lepas (*loose-piece pattern*)
6. Pola sapuan (*sweep pattern*)

Tabel 2.3 Karakteristik bahan pola

Characteristic	***Pattern Material***			
	Wood	***Aluminium***	***Cast Iron***	***Polyurethane***
Machinability	*Excellent*	*Good*	*Fair*	*Good*
Wear resistance	*Poor*	*Good*	*Fair*	*Excellent*
Strenght	*Poor*	*Good*	*Excellent*	*Fair*
Repairability	*Excellent*	*Fair*	*Good*	*Excellent*
Corrosion resistance	*Excellent*	*Excellent*	*Poor*	*Excellent*

(Sumber: ASM *Handbook* Vol 15, 1998)

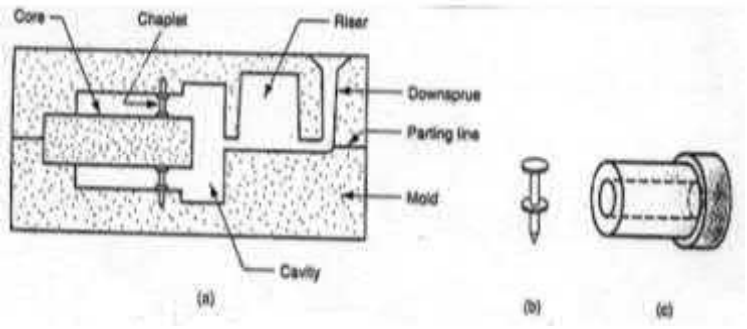
Bahan pola secara garis besar pola digolongkan menjadi dua yaitu tidak dapat habis (*non-expendable)* contohnya *Styroform*, lilin

(wax) dan resin sintetis (polyurethane) dan yang dapat habis (*expendable)* contohnya kayu dan logam. Pada tabel 2.3 menunjukan karakteristik dari bahan pola pada cetakan yang menjadi pertimbangan pada desain pola, toleransi dimensi yang diperlukan adalah jumlah coran yang akan dihasilkan

2) Pembuatan inti

Menurut Surdi.T dan Shinkoru (1982) mengatakan bahwa inti adalah suatu bentuk dari pasir yang dipasang pada rongga cetakan, fungsi dari inti adalah untuk mencegah pengisian logam pada bagian yang berbentuk lubang atau rongga suatu coran.

Disamping itu inti harus mempunyai permukaan yang halus dan tahan panas. Inti yang mudah pecah harus diperkuat dengan kawat, selain itu harus dicegah kemungkinan terapungnya inti dalam logam cair. Pemasangan inti didalam rongga cetak kadang-kadang memerlukan pendukung (*support*) agar posisinya tidak berubah yang tunjukan pada gambar 2.5. Pendukung tersebut disebut *chaplet*, yang dibuat dari logam yang memiliki titik lebur yang lebih tinggi dari pada titik lebur benda cor. Sebagai contoh, *chaplet* baja digunakan pada penuangan besi tuang, setelah penuangan dan pembekuan *chaplet* akan melekat ke dalam benda cor. bagian *chaplet* yang menonjol ke luar dari benda cor selajutnya dipotong.



Gambar 2.5 (a) Inti disangga dengan *chaplet*, (b)*chaplet*, (c) hasil coran dengan lubang bagian dalamnya

(Sumber: Surdia, 1992)

3) Pembuatan cetakan

Cetakan berfungsi untuk menampung logam cair yang akan menghasilkan benda cor. Macam-macam cetakan adalah:

1. Cetakan pasir

Cetakan dibuat dengan jalan memadatkan pasir, pasir yang akan digunakan adalah pasir alam atau pasir buatan yang mengandung tanah lempung. Pasir ini biasanya dicampur pengikat khusus, seperti air, kaca, semen, resin ferol, minyak pengering. Bahan tersebut akan memperkuat dan mempermudah operasi pembuatan cetakan (Surdia, 1976). Pasir cetak harus mempunyai sifat-sifat yang baik dalam proses penuangan meliputi:

1) Distribusi besar butir pasir.
2) Kadar air atau kadar aditif dalam pasir cetak.

3) Hubungan antara permeabilitas, kekuatan geser, dan kekuatan tekan terhadap kadar air serta bahan aditif dalam pasir cetak.
4) Mampu bentuk (*flowability*) dari pasir cetak.
5) Perbedaan karakteristik antara pasir basah (*green sand*), pasir kering (*dry sand*), dan pasir kering tanpa dengan pemanasan (*holding sand*).

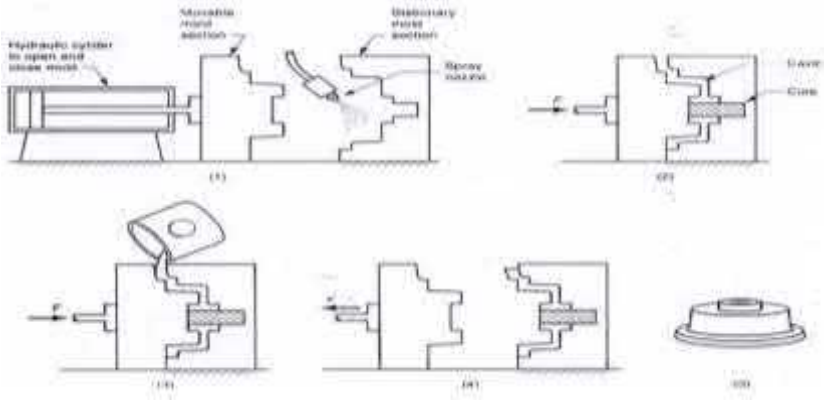
Walaupun kapasitas produksinya lebih kecil namun, penggunaan metode *sand casting* amat cocok untuk industri manufaktur kecil. Karena keunggulan-keunggulan tersebut maka pasir lebih banyak digunakan untuk membuat cetakan dibandingkan dengan bahan lainnya (keramik dan logam).

2. Cetakan logam

Cetakan ini dibuat dengan menggunakan bahan yang terbuat dari logam. Cetakan jenis logam biasanya dipakai untuk industri-industri besar yang jumlah produksinya sangat banyak, sehingga sekali membuat cetakan dapat dipakai untuk selamanya. Cetakan logam harus terbuat dari bahan yang lebih baik dan lebih kuat dari logam coran, karena dengan adanya bahan yang lebih kuat maka cetakan tidak akan terkikis oleh logam coran yang akan di tuang.

Pengecoran cetakan permanen menggunakan cetakan logam yang terdiri dari dua bagian untuk memudahkan

pembukaan dan penutupannya. Pada umumnya cetakan ini dibuat dari bahan baja atau besi tuang (John, 1994). Logam yang biasa dicor dengan cetakan ini antara lain aluminium, magnesium, paduan tembaga, dan besi tuang. Pengecoran dilakukan melalui beberapa tahapan seperti ditunjukkan dalam gambar 2.6



Gambar 2.6 Tahapan Pengecoran dengan cetakan permanen

(Sumber: Surdia, 1992)

Berbagai pengecoran cetakan permanen yang terbuat dari cetakan logam:

1. Pengecoran tuang (*slush casting*)
2. Pengecoran bertekanan rendah (low pressure casting)
3. Pengecoran cetakan permanen vakum (*vacuum permanent mold casting*)
4. Pengecoran cetak tekan (*die casting*)
5. Pengecoran sentritugal

4) Pencairan logam

Untuk mencairkan bahan coran diperlukan alat yang namanya dapur pemanas. Dalam proses peleburan bahan coran ada dua dapur pemanas yang digunakan yaitu dengan menggunakan dapur kupola atau dengan menggunakan dapur tanur induksi. Kedua jenis dapur tersebut yang sering digunakan oleh industri adalah tanur induksi frekuensi rendah karena mempunyai beberapa keuntungan (Surdia, 1992). Keuntungan tersebut adalah mudah mengontrol komposisi yang teratur, kehilangan.

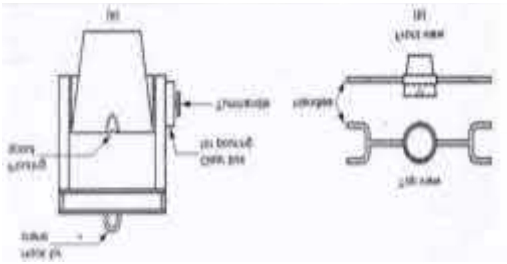
Untuk mencairkan bahan coran diperlukan alat yang namanya dapur pemanas. Dalam proses peleburan bahan coran ada dua dapur pemanas yang digunakan yaitu dengan menggunakan dapur kupola atau dengan menggunakan dapur tanur induksi. Kedua jenis dapur tersebut yang sering digunakan oleh industri adalah tanur induksi frekuensi rendah karena mempunyai beberapa keuntungan (Surdia, 1976). Keuntungan tersebut adalah mudah mengontrol komposisi yang teratur, kehilangan

1. Kupola
2. Dapur pembakaran langsung (*direct fuel-fired furnance*)
3. Dapur krusibel (*Crusibel furnance*)
4. Dapur busur listrik (*electrical-arc furnance*)
5. Dapur induksi (*induction furnance*)

Pemilihan dapur tergantung pada beberapa faktor, seperti paduan logam yang akan dicor, temperatur lebur dan temperatur penuangan, kapasitas dapur yang dibutuhkan, biaya investasi, pengoperasian, pemeliharaan, polusi terhadap lingkungan.

5) Penuangan

Penuangan adalah memindahkan logam cair dari dapur pemanas ke dalam cetakan dengan bantuan alat yang disebut ladel yang ditunjukan pada gambar 2.7 kemudian dituangkan ke dalam cetakan. Ladel berbentuk kerucut dan biasanya terbuat dari plat baja yang terlapisi oleh batu tahan api. Saat penuangan diusahakan sedekat mungkin dengan dapur sehingga dapat menghindari logam coran yang membeku sebelum sampai ke cetakan yang diinginkan.



Gambar 2.7 Dua jenis ladel yang umum digunakan (a) ladel kran, (b) ladel dua orang

(Sumber: Surdia, 1992)

Dalam proses penuangan diperlukan pengaturan temperatur penuangan, hal ini terjadi karena pada proses ini mempengaruhi kualitas coran, temperatur yang rendah menyebabkan pembekuan pendek, kecairan yang bukur dan menyebabkan kegagalan

pengecoran. Tabel temperatur penuangan untuk berbagai pengecoran dapat dilihat pada tabel 2.4 dibawah ini. Waktu pembekuan aluminium dalam cetakan dapat diketahui pada tabel 2.5 dimana material dan proses cetakan sangat berpengaruh terhadap cepat lambatnya pendinginan.

Tabel 2.4 Temperatur penuangan berbagai coran

Macam Coran	**Temperatur Penuangan (^oC)**
Paduan Ringan	650-770
Kuningan	950-1100
Bronze	1100-1250
Besi Cor	1250-1450
Baja Cor	1450-1550

(Sumber: Surdia (1992))

Tabel 2.5 Waktu pembekuan pengecoran aluminium dari beberapa pengecoran

Casting Process	***Mould Material***	***Solidification Time (second)***
Permanent Mold	Steel	47
Core	Silica Sand	175
	Zilicon Sand	80
Disamatic	Silica/Clay	85

(Sumber: John, 1994)

6) Membongkar dan membersihkan coran

Pemilihan dapur tergantung pada beberapa faktor, seperti paduan logam yang akan dicor, temperatur lebur dan temperatur

penuangan, kapasitas dapur yang dibutuhkan, biaya investasi, pengoperasian, pemeliharaan, polusi terhadap lingkungan.

1. Pemangkasan (*trimming*)
2. Pelepasan inti
3. Pembersihan permukaan
4. Pemeriksaan
5. Perbaikan (*repair)* bila diperlukan

7) Pemeriksaan coran

Pemilihan dapur tergantung pada beberapa faktor, seperti paduan logam yang akan dicor, temperatur lebur dan temperatur penuangan, kapasitas dapur yang dibutuhkan, biaya investasi, pengoperasian, pemeliharaan, polusi terhadap lingkungan. aluminium yang baru bisa dilakukan dengan jalan menambahkan unsur-unsur paduan kedalam aluminium murni. Namun ada juga yang melakukan penggabungan beberapa paduan aluminium dengan jalan pengecoran (penuangan) untuk memperoleh sifat mekanis bahan yang lebih baik.

2.2.4 Bahan Pendukung

1) Serbuk Karbon

Baterai kering adalah suatu sumber energi listrik yang diperoleh dengan konversi langsung dari energi kimia dan memiliki

elektrolit yang tidak dapat tumpah, dan dapat dipakai dalam segala posisi.

Baterai adalah perangkat yang mampu menghasilkan tegangan DC, yaitu dengan cara mengubah energi kimia yang terkandung di dalamnya menjadi energi listrik melalui reaksi elektro kimia, Redoks (Reduksi–Oksidasi). Baterai terdiri dari beberapa sel listrik, sel listrik tersebut menjadi penyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia. Komposisi yang terkandung dalam baterai kering dapat dilihat pada Tabel 2.6 berikut ini:

Tabel 2.6 Kandungan serbuk karbon baterai bekas

Hasil Penelitian Kandungan Serbuk karbon baterai bekas		
No	Kandungan	Jumlah
1	NH_4Cl	5,95% berat
2	NH_3	0,25% berat
3	MnO_2	7,86% berat
4	MnO_2O_3	62,28% berat
5	Zn	0,18% berat
6	C	2,76% berat
7	$ZnCl_2$	15,6% berat
8	H_2O	4,85% berat

(Sumber: Wibowo, *et al.*, (2014:4))

Degassing adalah proses pengikatan senyawa hidrogen yang terjadi pada proses peleburan logam aluminium. Hidrogen adalah senyawa terpenting yang mempengaruhi terjadinya cacat porositas

pada produk coran. Titik lebur aluminium adalah 660°C. Bila suhu cairan Al dibawahnya akan terjadi pembekuan yang cepat sehingga hasil coran tidak akan sempurna. Bila suhu cairan logam diatas 660°C maka akan terjadi penambahan senyawa hidrogen yang besar. Hasilnya akan terjajdi produk coran yang terdapat cacat porositas, baik ccat porositas gas maupun cacat porositas *shrinkage*

2) Piston

Piston yang dalam bahasa Indonesia dikenal dengan istilah torak adalah komponen penting dalam kendaraan bermotor, karena piston memegang peranan penting dalam proses pembakaran dalam ruang bakar. Material untuk piston merupakan material dengan spesifikasi khusus dan biasanya digunakan bijih aluminium untuk membuat paduannya.

Piston bekerja tanpa henti selama mesin hidup. Komponen ini menerima temperatur dan tekanan tinggi sehingga mutlak harus memiliki daya tahan tinggi. Oleh karena itu, pabrikan kini lebih memilih paduan auminium silikon (Al-Si). Paduan ini diyakini mampu meradiasikan panas yang lebih efisien dibanding material lainnya, karena paduan ini memiliki daya tahan terhadap korosi dan abrasi, koefisien pemuaian yang rendah, dan juga mempunyai kekuatan yang tinggi.

Sementara penyebab utama kerusakan komponen ini adalah ausnya piston yang disebabkan oleh kurang disiplinnya pemakai

kendaraan dalam merawat kendaraan terutama dalam pengecekan oli mesin. Jika oli mesin di bawah standar volume yang harus dipenuhi maka piston akan mudah aus karena pelumasannya kurang. Piston yang mengalami kerusakan pada akhirnya tidak dapat bekerja sesuai fungsinya sehinnga akan menjadi limbah. Untuk mengurangi penggunaan logam aluminium maka limbah piston bekas tersebut dapat dimanfaatkan dengan cara mendaur ulang

Remelting merupakan salah stu metode dalam pengecoran yang memanfaatkan bahan-bahan yang dapat didaur ulang dengan cara meleburkan kembali material logam yang telah ada. Keuntungan dari proses *remelting* ini diantaranya adalah harga yang relative murah dan dapat dilakukan oleh industri meskipun hanya skala *home industry*, dan dapat mengurangi limbah aluminium yang sangat banyak di Indonesia. Peleburan aluminium paduan dengan metode *remelting* dapat dilakukan didalam dapur kowi karena paduan aluminium mempunyai titik lebur yang tidak terlalu tinggi. Dan untuk menghemat waktu serta mengurangi kehilangan karena oksidasi maka perlu dilakukan pemotongan aluminium menjadi potongan-potongan kecil yang diberi panas awal.

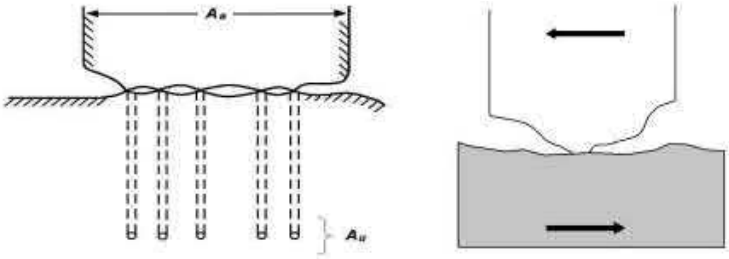
2.2.5 Keausan

Keausan adalah hilangnya sejumlah lapisan permukaan material karena adanya gesekan antar permukaan padatan dengan benda lain.

Definisi gesekan itu sendiri adalah gaya tahan yang menahan gerakan antara 2 permukaan solid yang bersentuhan maupun solid dengan liquid. Keausan pada dasarnya memiliki berberapa mekanisme, yaitu Abrasi, Erosi, Adhesi, Fatik dan Korosi. Secara umum, mekanisme keausan dapat dijelaskan sebagai berikut. Ketika terjadi kontak antara 2 permukaan material, Bagian kasar dari suatu material akan terlibat kontak. Saat Beban ditambahkan, Bagian kasar pada logam akan terdeformasi secara plastis dan menghasilkan sub-shear zone. Macam-macam keasusan sebagai berikut:

1) Keausan adhesif (*Adhesive wear*)

Terjadi bila kontak permukaan dari dua material atau lebih terjadi bila kontak permukaan dari dua material atau lebih mengakibatkan adanya pelekatan satu sama lainnya (adhesive) serta deformasi plastis dan pada akhirnya terjadi pelepasan atau pengoyakan salah satu material, seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.8 Keausan Adhesif

(Sumber: Karakterisasi Material 1, 2009)

Faktor-faktor yang menyebabkan *adhesive wear:*

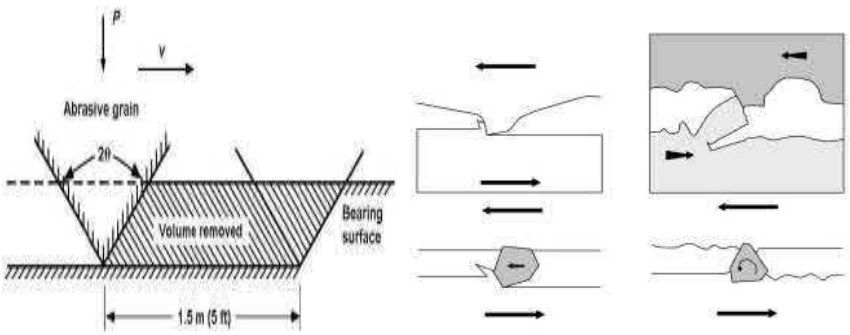
1. Kecendrungan dari material yang berbeda untuk membentuk larutan padat atau senyawa intermetalik
2. Kebersihan permukaan
3. Jumlah *wear debris*

Hal-hal yang dapat mengurangi keausan adhesif adalah:

1. Menggunkan material yang lebih keras
2. Material dengan jenis yang berbeda, misalnya berbeda struktur kristalnya

2) Keausan abrasi (*Abrasive wear*)

Terjadi bila suatu partikel keras (*asperity*) dari material tertentu meluncur pada permukaan material lain yang lebih lunak sehingga terjadi penetrasi atau pemotongan material yang lebih lunak. Tingkat keausan pada mekanisme ini ditentikan oleh derajat kebebasan (*degree of freedom*) partikel keras atau *asperity* tersebut sebagai contoh partikel pasir silika akan menghasilkan keausan yang lebih tinggi ketika diikat pada suatu permukaan seperti pada kertas amplas, dibandingkan bila partikel tersebut berada di sistem *slury.* Pada kasus pertama, partikel tersebut kemungkinan akan tertarik sepanjang permukaan dan akhirnya mengakibatkan pengoyakan. Sementeara pada kasus terakhir, partikel tersebut mungkin hanya berputar *(rolling)* tanpa efek abrasi.



Gambar 2. Keausan Abrasif

(Sumber: Karakterisasi Material 1, 2009)

Faktor yang berperan dalam kaitannya dengan ketahanan material terhadap *abrasive wear* antara lain:

1. Material *hardness*
2. Kondisi struktur mikro
3. Ukuran *abrasive*
4. Bentuk *abrasive*

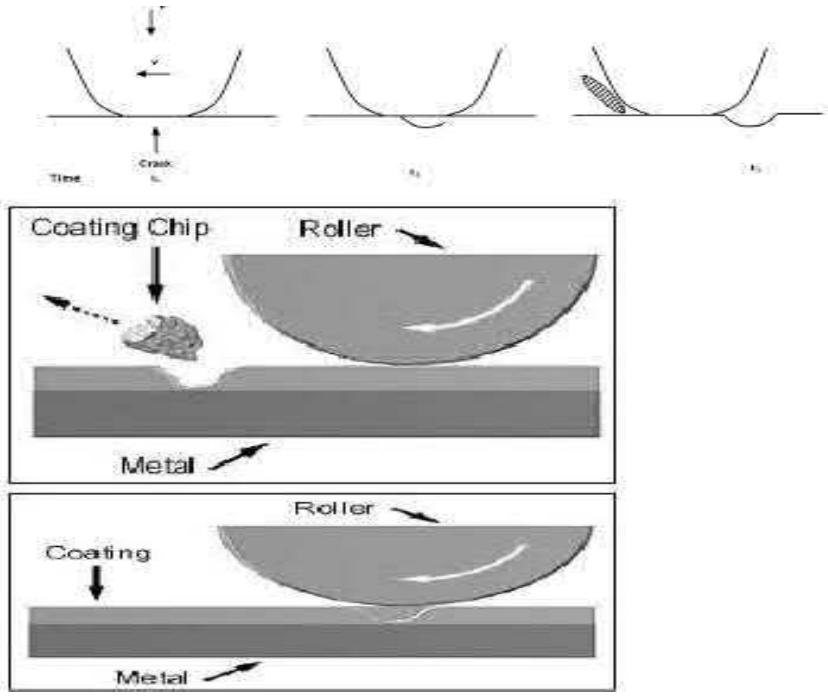
Bentuk kerusakan pada permukaan akibat *abrasive wear* antara lain:

1. *Scratching*
2. *Scoring*
3. *Gouging*

3) Keausan Lelah (*Fatigue wear*)

Merupakan mekanisme yang realtif berbeda dibandingkan dengan dua mekanisme sebelumnya, yaitu dalam hal interaksi permukaan. Baik keausan adhesive maupun abrasive melibatkan hanya satu interaksi, sementara pada keausan fatik dibutuhkan

interaksi multi. Keausan ini terjadi akibat interaksi permukaan dimana permukaan yang mengalami beban berulang akan mengarah pada pembentukan retak-retak mikro. Retak retak mikro tersebut pada akhirnya menyatu dan menghasilkan pengelupasan material. Tingkat keausan sangat bergantung pada tingkat pembebanan. Gambar 2.10 memberikan skematis mekanisme keausan lelah.



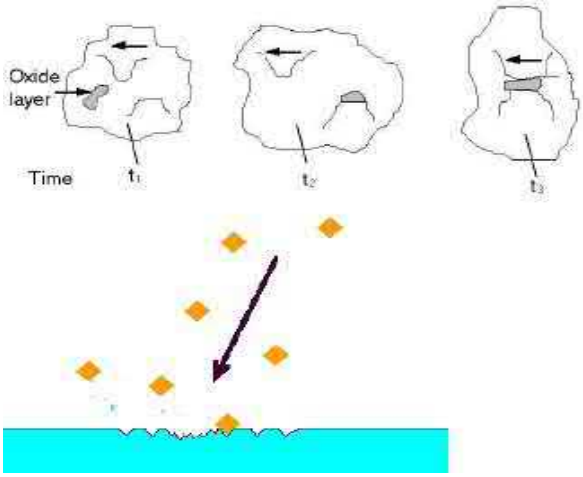
Gambar 2.10 Keausan *fatigue*

(Sumber: Karakterisasi Material 1, 2009)

4) Keausan Oksidasi/korosif (*Corrosive wear*)

Proses kerusakan korosif dimulai dengan adanya perubahan kimiawi material di permukaan oleh faktor lingkungan. Kontak dengan lingkungan ini menghasilkan pembentukan lapisan pada permukaan dengan sifat yang berbeda dengan material induk. Sebagai konsekuensinya, material akan mengarah keapada

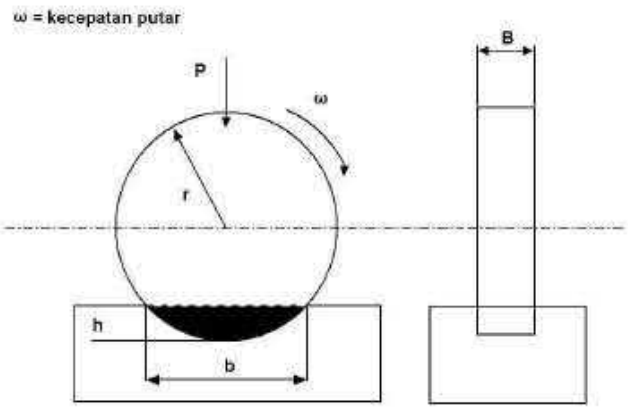
perpatahan interface antara lapisan permukaan dan material induk dan akhirnya seluruh lapisan permukaan itu akan tercabut.



Gambar 2.11 Keausan korosif

(Sumber: Karakterisasi Material 1, 2009)

Pengujian keausan dapat dilakukan dengan berbagai macam metode dan Teknik yang semuanya bertujuan untuk mensimulasikan kondisi keausan aktual. Salah satunya adalah metode Ogoshi dimana benda uji memperoleh beban gesek dari cincin yang berputar (revolving disc). Pembebanan gesek ini akan menghasilkan kontak antar permukaan yang berulang ulang yang pada akhirnya akan mengambil sebagian material ada permukaan benda uji. Besarnya jejak permukaan dari material tergesek itulah yang dijadikan dasar penentuan tingkat keausan pada material. Semakin besar dan dalam jejak keausan maka semakin tinggi volume material yang terkelupas dari benda uji. Ilustrasi skematis dari kontak permukaan antarar evolving disc dan benda uji diberikan oleh Gambar berikut ini:



Gambar 2.12 Pengujian keausan dengan metode *Ogoshi*

(Sumber: Karakterisasi Material 1, 2009)

Keterangan:

P = Beban

B = Tebal *revolving disc*

r = Jari-jari *disc*

b = Lebar celah material yang terabrasi

h = kedalaman yang terabrasi

ω = Kecepatan Putar

Rumus yang digunakan pada metode ini yaitu:

$$\boxed{V = \frac{W}{x} = \frac{B.b^3}{12r.x} \; sehingga \; W = \frac{B.b^3}{12r}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 1.1$$

(Sumber: Pengertian Keausan,2017)

Dimana:

B = Tebal *revolving disc (mm)*

r = Jari-jari *disc (mm)*

b = Lebar celah material yang terabrasi *(mm)*

W = Volume material yang terabrasi *(mm^3)*

Rumus yang digunakan untuk menghitung keausan spesifik yaitu:

$$\boxed{Ws = \frac{B.b^3}{8.r.p.lo}} \qquad \ldots\ldots\ldots \quad 1.2$$

(Sumber: Pengertian Keausan,2017)

Dimana:

p = Gaya tekan pada proses keausan berlangsung *(kg)*

lo = jarak tempuh pada proses pengausan *(mm)*

Ws= Harga kesesuaian spesifik (mm^2/kg)

2.2.6 Kekerasan

Kekerasan suatu material didefinisikan sebagai kemampuan material untuk menahan tegangan, goresan dan pantulan dari luar sehingga tidak mengalami kerusakan, dapat juga dikatakan sebagai kemampuan material dalam menahan terjadinya deformasi plastis. Tujuan diadakannya uji kekerasan adalah: mengetahui angka kekerasan suatu bahan, dan mengetahui perubahan struktur pada setiap perlakuan. Faktor yang dapat mempengaruhi kekerasan adalah:

1) Kadar karbon

Semakin tinggi kadar karbon, maka logam akan semakin keras namun rapuh. Kadar karbon sebesa 0,6-1% merupakan kadar karbin yang sangat berpengaruh pada kekerasan logam. Lebih dari 1% maka kadar karbon tidak berpengaruh pada nilai kekerasannya.

2) Unsur paduan

Unsur paduan akan mempengaruhi sifat mekanik logam maupun baja, nikel, *chromium¸ silikon, vanadium, cobalt* merupakan beberapa contoh unsur yang dipadu dengan baja agar menghasilkan sifat baru.

3) Perlakuan panas

Pengaruh perlakuan akan mempengeruhi kekerasan logam tergantung dari perlakukan apa yang diberikam. *Annealing* akan menurunkan kekerasan baja. *Handening* akan meningkatkan kekerasan baja. *Tempering* akan menurunkan kekerasan baja dibawah perlakuan panas *hardening. Normalisting* akan meningkatkan kekerasan baja dibandingkan keadaan awal baja atau baja tanpa perlakuan panas.

4) Bentuk dan dimensi butir

Material dengan ukuran butir kecil akan memiliki kekrasan yang tinggi dibandingkan butir besar yang memiliki kekerasan rendah. Material dengan butir halus akan memiliki kekerasan tinggi dibandingkan dengan material dengan butir kasar.

5) Homogenitas

Homogenitas berpengaruh pada arah orientasi butir pada suatu material. Jika arah orientasi butir homogen maka diperoleh

sifat ulet, sedangkan jika arah orientasi butir heterogen maka diperoleh sifat keras

6) Konduktifitas termal

Semakin tinggi kemampuan benda menghantarkan panas yang diterima akan menyebabkan laju pendungunan lebih cepat sehingga benda dengan konduktifitas termal tinggi dapat mempercepat laju pendinginan sehingga materuan semakin keras

Pengujian kekerasan dapat dilakukan dengan beberapa metode yaitu:

1) *Brinell test*

Pengukuran kekerasan dengan metode *brinell* menggunakan alat yang bernama *Brinell Hardness Tester*. Pengujian ini dilakukan dengan cara menekan secara tegak lurus bola baja (*indentor*) yang sudah diketahui diameternya kepada permukaan benda uji dengan gaya tekan (P) tertentu selama waktu tertentu pula (antara 10-30 detik). Karena penetrasi tersebut akan terjadi bekas berupa tembereng bola yang diukur dan kekerasannya dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\boxed{BHN = \frac{gaya\ tekan}{luas\ tapak\ tekan}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 2.1$$

$$\boxed{BHN = \frac{P}{\frac{\pi D}{2}.\left\{D - \sqrt{(D^2 - d^2)}\right\}}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 2.2$$

(Sumber: Material testing book, 2015)

Dimana:

BHN = *Brinell Hardness Number* (kg/mm^2)

P = Gaya tekan *(kg)*

D = Diameter *indentor (mm)*

d = Diameter *indentasi (mm)*

t = Kedalaman penekanan (*mm*)

Gambar 2.13 Pengujian Kekerasan dengan

Brinell Hardness Tester

(Sumber: Material testing book, 2015)

Pengujian kekerasan ini menggunakan *Electrical Brinell Hardness Tester. U*ntuk mendapatkan hasil yang akurat, pengujian ini harus dilakukan pada permukaan yang datar dan halus, kerak dan kotoran pada permukaan benda uji harus dihilangkan agar tidak terjadi kegagalan pada saat pengujian.

2) *Vickers test*

Prinsipnya sama dengan pengjian *Brinell*, hanya saja menggunakan *indentor* yang berbentuk *pyramid* beralas bujur sangkar dengan sudut puncak antara dua sisi berhadapan 136°, tapak tekan berbentuk bujur sangkar. Beban yang diberikan antara lain 5, 10, 20, 30, 50, 100, atau 120 *kg*. Angka kekerasan dinyatak oleh rumus berikut:

$$HV = \frac{\left\{2P \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right\}}{d^2} \qquad \ldots\ldots\ldots \; 3.1$$

$$HV = \frac{1{,}854P}{d^2} \qquad \ldots\ldots\ldots \; 3.2$$

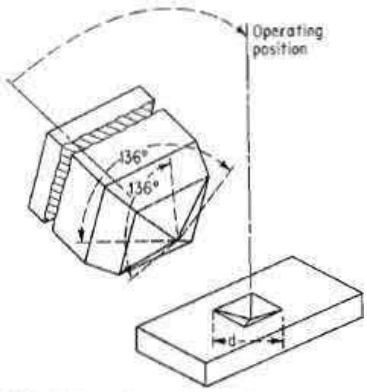
(Sumber: Material testing book, 2015)

Dimana:

P = Beban yang ditetapkan $(1kg)$

d = Panjang diagonal rata-rata

α = sudut antara permukaan intan yang berhadapan



Gambar 2.14 Pengujian Kekerasan dengan metode *Vickers*

(Sumber: Material testing book, 2015)

Metode pengujian *vicker* merupakan pengujian kekerasan yang paling sensitive. Cara ini memiliki satu skal kontinyu untuk semua material dan angka kekerasan *vicerks* tergantung dari beban yang diberikan. Sangat memungkinkan sekali penggunaan beban yang ringan pada pengujian cara *vickers* oleh karean itu cara ini bisa digunakan untuk pengujian kekerasan pada material yang tipis sampai 0.005 *inch*

3) *Rockwell test*

Cara *rockwell* menggunakan prinsip yang sama dengan cara *Brinell* hanya saja *indentor* yang dipakai ada 2 jenis dan berukuran lebih kecol dari pada *indentor* pada *Brinell*. *Indentor* yang digunakan yaitu:

1. Menggunakan kerucut intan, dengan sudut puncak 120°, ujung agak bilat, berjari-jari 0,2 *mm.*
2. Menggunkan bola baja berdiameter 1/16 *in*, 1/8 *in*, 1/2*in.*

$$\boxed{HRC = \frac{k - (h_1 - h_2)}{C}} \qquad \ldots\ldots\ldots \quad 4.1$$

(Sumber: Material testing book, 2015)

Dimana:

HRC = Angka kekerasan *Rockwell*

K = Konstanta intan (*0,2*); Konstanta bola baja (*0,6*)

h_1 = Kedalaman akibat beban major (*mm*)

h_2 = Kedalaman akibat beban minor (*mm*)

C = Konstanta bahan yang akan diuji

Gambar 2.15 Pengujian Kekerasan dengan metode *Rockwell*

(Sumber: Material testing book, 2015).

Dalam cara *Rockwell* terdapat bebrapa skala yaitu A sampai dengan V. masing-masing skala memiliki beban serta *indentor* tersendiri dan digunakan untuk kebutuhan tertentu. Skala A digunakan untuk material yang sangat keras, skala B untuk material dengan kekerasan medium, Skala C untuk material dengan kekerasan rendah, dan seterusnya sampai dengan skala V untuk *plastic* dan *soft metal* seperti timbal. Terdapat juga *superficial Rockwell* untuk menguji spesimen yang tipis sampai 0,006 *in* dan juga untuk *powered metal.*

Tabel 2.7 Skala pada metode uji kekerasan *Rockwell*

SCALE	MAJOR LOAD, KG	TYPE OF INDENTER	TYPICAL MATERIALS TESTED
A	60	Diamond cone	Extremely hard materials, tungsten carbides, etc.
B	100	1/16" ball	Medium hard materials, low- and medium-carbon steels, brass, bronze, etc.
C	150	Diamond cone	Hardened steels, hardened and tempered alloys
D	100	Diamond cone	Case-hardened steel
E	100	1/8" ball	Cast iron, aluminum and magnesium alloys
F	60	1/16" ball	Annealed brass and copper
G	150	1/16" ball	Beryllium copper, phosphor bronze, etc.
H	60	1/8" ball	Aluminum sheet
K	150	1/8" ball	Cast iron, aluminum alloys
L	60	1/4" ball	Plastics and soft metals such as lead
M	100	1/4" ball	Same as L scale
P	150	1/4" ball	Same as L scale
R	60	1/2" ball	Same as L scale
S	100	1/2" ball	Same as L scale
V	150	1/2" ball	Same as L scale

(Sumber: Material testing book, 2015)

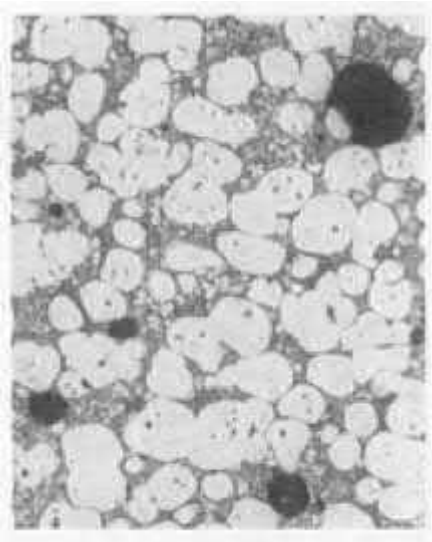
2.2.7 Porositas

Porositas merupakan cacat produk cor yang dapat menurunkan kualitas hasil coran. Salah satu penyebab terjadinya porositas pada penuangan aluminium adalah perbedaan suhu yang sangat tinggi antara cetakan dengan logam cair yang dituang. Proses pembekuan diawali pada bagian logam cair yang lebih dahulu mengenai dinding cetakan. Hal ini diakibatkan oleh suhu dinding cetakan yang sangat rendah dibandingkan dengan suhu logam cair. Pembekuan yang cepat dan proses pendinginan yang tidak merata mengakibatkan sejumlah gas terperangkap, sehingga terbentuk pori. Porositas oleh gas dalam benda cetak paduan aluminium silikon akan memberikan pengaruh yang buruk pada kesempurnaan dan kekuatan dari benda tuang tersebut.

Cacat ini dapat dihindari dengan penuangan logam yang cukup temperaturnya, mengontrol jumlah gas yang dihasilkan oleh material (pengurangan unsur Si dan P akan sangat membantu), dan pemberian *degasser*. Cacat porositas yang terjadi pada pengecoran logam yaitu:

1) Cacat porositas gas

Davis (1992:631) menyatakan, "Cacat porositas gas disebabkan karena adanya pembentukan gas ketika logam cair dituangkan. Cacat porositas gas berbentuk bulat akibat tekanan gas ini pada proses pembekuan". Ukuran cacat porositas gas sebesar ± 2 mm sampai 3 mm, lebih kecil bila dibandingkan dengan cacat porositas *shrinkage*. Bentuk cacat gas seperti yang terlihat pada gambar 2.16 berikut:

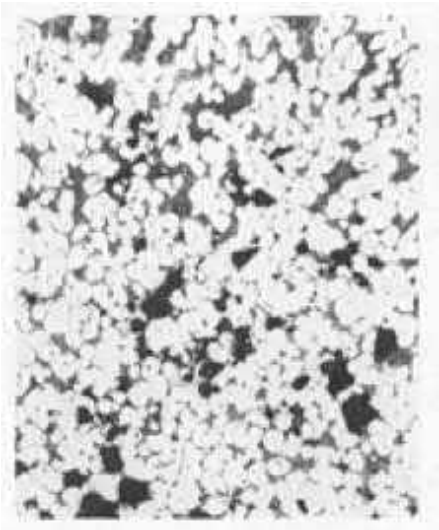


Gambar 2.16 Cacat Porositas Gas

(Sumber: Davis, 1992:734)

2) Cacat porositas *shrinkage*

Cacat porositas *shrinkage* mempunyai bentuk yang tidak bulat (*irregular*) seperti yang ditunjukan pada Gambar 2.17 Ukurannya lebih besar jika dibandingkan dengan cacat porositas gas. Penyebab adanya cacat porositas *shrinkage* adalah adanya gas hidrogen yang terserap dalam logam cair selama proses penuangan, gas yang terbawa dalam logam cair selama proses peleburan, dan pencairan yang terlalu lama.



Gambar 2.17 Cacat porositas *shrinkage*

(Sumber: Davis, 1992:734)

Untuk menguji nilai porositas spesimen digunakan dengan langkah spesimen dihitung beratnya dengan 2 cara yaitu dengan menghitung berat spesimen di udara dan menghitung berat spesimen di air, setelah itu dilakukan perhitungan porositas melalui rumus dan pengambilan foto mikro tiap spesimen. Setelah proses penimbangan

selesai data berat spesimen yang telah didapat dimasukkan kedalam rumus berikut:

$$\rho_m = \frac{W_{udara}}{(W_{udara} - W_{air})} \times \rho_{air} \qquad \ldots\ldots\ldots \quad 5.1$$

(Sumber: Boursoum, 1997)

Dimana:

ρ_m = Densitas *measurement* (gr/m^3)

W_{udara} = Berat spesimen di udara *(gr)*

W_{air} = Berat spesimen di air *(gr)*

$$P = \left(1 - \frac{\rho_m}{\rho_{th}}\right) \times 100\% \qquad \ldots\ldots\ldots \quad 5.2$$

(Sumber: Bhusan, R. K, 1997)

Dimana:

P = Porositas

ρ_m = Densitas *measurement* (gr/m^3)

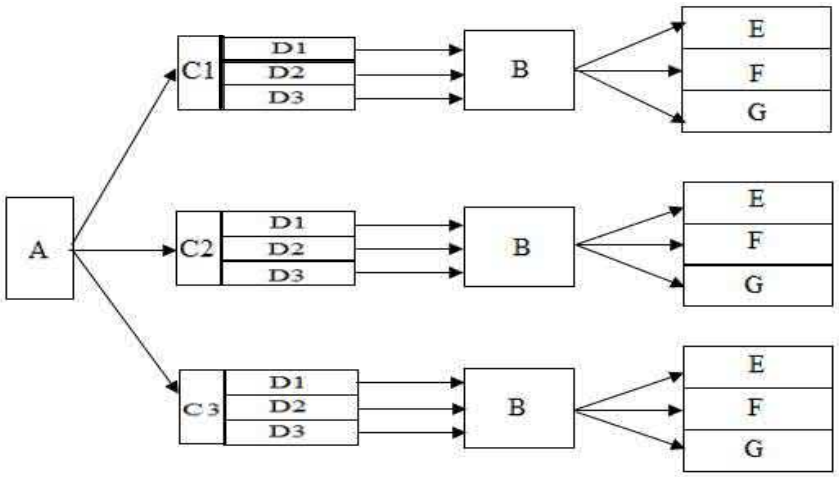
ρ_{th} = Densitas teoritis $(2{,}650\ gr/m^3)$

Pengambilan foto mikro dilakukan setalah proses penimbangan diudara dan diair selesai. Hasil foto mikro digunakan untuk mendukung dalam menganalisis porositas yang terjadi.

2.3 Kerangka Bepikir

Pada proses peleburan logam peningkatan suhu tuang dapat mempengaruhi struktur mikro dan kekerasan hasil coran. Penambahan unsur *Cu, Ti* dan *Zn* pada proses pengecoran dapat meningkatkan nilai kekerasan. Penambahan unsur *Ti* selain meningkatkan nilai kekerasan dapat menghaluskan butir pada hasil coran aluminium sehingga memungkinkan peningkatan ketahanan aus pada hasil coran aluminium. Penambahan unsur Mn dan Sn dapat mengikat gas hidrogen yang dapat menyebabkan munculnya cacat porositas pada hasil coran. Berdasarkan hal diatas dicarilah benda yang memiliki unsur unsur pendukung untuk meningkatkan nilai *properties* dan kualitas hasil coran aluminium. Unsur-unsur tersebut terdapat pada serbuk karbon dalam baterai sehingga dipilihlah serbuk karbon sebagai alternatif. Serta memvariasikan temperatur tuang pada saat proses pengecoran untuk meningkatkan kekerasan hasil coran.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan serbuk karbon dan variasi temperatur tuang terhadap nilai keausan, kekerasan dan porositas pada setiap variasi yang telah ditentukan. Parameter-parameter yang dapat berpengaruh terhadap hasil keausan, kekerasan, dan cacat porositas adalah penambahan serbuk karbon dan temperatur tuang. Variasi pada penelitian ini adalah dengan menggunakan sebuk karbon baterai bekas sebesar 0%, 0,70% dan 1% dari berat total serta variasi untuk temperatur tuangnya sebesar 700°C, 750°C, 800°C. Berikut ini adalah gambar rancangan penelitiannya:



Gambar 2.18 Kerangka Berfikir

Keterangan:

A = Piston Bekas

C1 = Sebuk karbon baterai 0%

C2 = Sebuk karbon baterai 0.70%

C2 = Sebuk karbon baterai 0.70%

D1 = Temperatur Tuang 700 ^{o}C

D2 = Temperatur Tuang 750 ^{o}C

D3 = Temperatur Tuang 800 ^{o}C

B = Blok Silinder Mesin

E = Nilai Keausan

F = Nilai Kekerasan

G = Nilai Porositas

2.4 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah:

1. Terdapat pengaruh penambahan sebuk karbon baterai bekas serta variasi temperatur tuang terhadap nilai keausan hasil coran
2. Terdapat pengaruh penambahan sebuk karbon baterai bekas serta variasi temperatur tuang terhadap nilai kekerasan hasil coran
3. Terdapat pengaruh penambahan sebuk karbon baterai bekas serta variasi temperatur tuang terhadap nilai porositas hasil coran

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada penelitian tentang pengaruh penambahan serbuk karbon dan variasi temperatur tuang terhadap nilai keausan, kekerasan dan porositas hasil pengecoran logam dapat disimpulkan bahwa:

1) Ada pengaruh penambahan serbuk karbon dan variasi temperatur tuang terhadap nilai keausan hasil pengecoran dengan piston bekas. Sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan bahwa penambahan serbuk karbon dapat menurunkan nilai keausan dari hasil coran, dan yang paling baik dalam menurunkan nilai coran adalah dengan penambahan serbuk karbon sebesar 0,7% pada suhu tuang $700^{o}C$ dengan nilai keausan sebesar $0{,}691x10^{-7} mm^2/kg$. Hal ini terjadi karena setelah menambahkan serbuk karbon terjadi peningkatan pada unsur *Si, Ti, Cu* dan *Mg* yang sangat berperan dalam meningkatnya kekuatan mekanis benda hasil coran yang salah satunya meningkatkan kekerasan yang berdampak pada meningkatnya ketahanan aus pada benda uji.
2) Ada pengaruh penambahan serbuk karbon dan variasi temperature tuang terhadap nilai kekerasan hasil pengecoran dengan piston bekas. Sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan bahwa penambahan

serbuk karbon dan variasi temperatur dapat meningkatkan nilai kekerasan benda uji. Nilai kekerasan tertinggi didapat pada variasi serbuk karbon 1% dan dengan temperature tuang sebesar 800°C yang menghasilkan nilai kekerasan sebesar 118,63 *VHN*. Hal ini terjadi karena dengan penambahan serbuk karbon yang mengandung unsur *Cu*, *Ti* dan *Zn* serta penambahan suhu temperatur tuang yang mengakibatkan kekuatan mekanis dari benda uji meningkat khususnya pada nilai kekerasannya

3) Ada pengaruh penambahan serbuk karbon terhadap nilai porositas hasil pengecoran dengan piston bekas. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan yaitu dengan unsur Mn dan Sn sebagai pengganti Fluks yaitu sebagai pengganti dari unsur yang dapat mengikat gas-gas yang terperangkap pada saat pengecoran. Namun apabila penambahan unsur diatas 0,7% akan mengakibatkan nilai porositas meningkat karena unsur Mn dan Zn pada Al tidak dapat terlalu banyak hanya sekitar 0,15%-0,4%. Sehingga penambahan serbuk karbon dibawah 0,7% dan diatas 0,7% kurang dianjurkan, karena dapat mempengaruhi hasil porositas.

4) Hasil paling optimal didapat pada campuran serbuk karbon dengan variasi temperatur tuang sebesar 0,7% dan 700°C. hasil pengujian yang didapatkan adalah nilai keausan sebesar $0{,}6908\times 10^{-7} mm^2/kg$, kekerasan *110,2 HVN* dan nilai porositas sebesar 1,32%.

5.2 Saran

1) Agar mendapatkan sifat mekanis yang teroptimal dapat menggunakan penambahan serbuk karbon sebesar 0,7% dengan temperatur tuang 700°C
2) Serbuk karbon juga dapat berfungsi sebagai pengganti fluks yaitu sebagai pengikat terak, sehingga hasil coran lebih sedikit teraknya
3) Lebih disarankan untuk melakukan pengecoran dengan tungku induksi agar pelelehan dari benda uji lebih cepat, efisien dan lebih maksimal
4) Untuk melarutkan serbuk karbon disarankan untuk memasukkan sekalian dengan piston bekas, setelah meleleh diaduk agar serbuk lebih merata dan memaksimalkan hasilnya
5) Perlu diadakan penelitian tentang struktur butir, cacat lubang jarum dan pengaruh jenis baterai yang digunakan sehingga data penelitian lebih lengkap dan akurat

DAFTAR PUSTAKA

Aji, Purnomo., Sunyoto. 2019. "Pengaruh kadar air pada pasir cetak terhadap jenis cacat coran, struktur mikro, dan kekerasan Pengecoran Aluminium Bekas". *Skripsi.* Universitas Negeri Semarang

Aprilian, C., Irfa'I, M, A., 2016. "Optimalisasi Temperatur Tuang Terhadap Kekerasan Pada Paduan Al-Si dengan Menggunakan Cetakan Logam" *Jurnal Teknik Mesin Maknufaktur Univeristas Negeri Surabaya*

Ardiansyah, A, R., Sukarni., Puspitasari, P, Rr., 2016. "Pengaruh Penggunaan Serbuk *Dry Cell* Sebagai Pengikat Terak Pada Pengecoran Logam Terhadap Kualitas Hasil Coran". *Jurnal Teknik Mesin Tahun 24. No. 2.* Universitas Negeri Malang

ASM Handbook, Vol. 15. 1998

ASTM Handbook E92. 2004

ASM International. All Right Reserved Aluminum-Silicon Casting Alloys: Atlas Microfractographs. 2004

Badan Pusat Statistik 2018. "Jumlah Kendaraan Bermotor (Unit)" https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/1133 (diakses pada tanggal 10 Oktober 2018)

Bhusan, R.K. 2009. "Optimisation of Porosity of 7075 Al Alloy 10 % SiC Composite Produced by Stir Casting Process through Taguchi Method." *Int. J. Material Engineering Innovation*, Vol. 1, No. 1, 2009.

Boursoum, M.W. 1997. *Fundamental of Ceramic*. Mc. Graw Hill Companies, New York, USA.

Cholis, Noor, Setiawan., Suharno, Yadiono., 2013. "Pengaruh Penambahan Unsur Magnesium (Mg) Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Pengecoran Aluminium". *Jurnal Teknik Mesin.* Universitas Sebelas Maret

Cole, G.S., Sherman, A.M. 1995. *Light weight materials for automotive applications," Material Characterization*.

Darsono, S., & Harjanto, B. 2013. "pengaruh variasi jenis cetakan dan penambahan serbuk dry cell bekas terhadap porositas hasil remelting al-9%si berbasis piston bekas". Hal 4-10

Davis, JR. 1992. *ASM Specialty Handbook: Aluminium and Aluminium Alloys*. Ohio: ASM International Handbook Comtee.

Ditpsmk. 2013. *Komponen Utama Mesin Bensin.* Jakarta: Direktoran Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.

Habibiy N, M., Purwanto, H., Respati, B, M, S., 2014. "Analisa Pengaruh Penambahan Titanium (Ti) Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Pada Produksi Sepatu Kampas Rem Daur Ulang Berbahan Aluminium (Al) Silikon (Si) Dengan Metode Pengecoran *Squeeze". Jurnal Momentun, Volume 10, Nomor 2. Hal 12-19.* Universitas Wahid Hasyim

Haryanto, B., Suyitno. 2008. Pengaruh temperatur tuang dan temperatur cetakkan pada high presure die casting (hpdc) berbentuk piston paduan aluminium-silikon. *Seminar Nasional Aplikasi Sains Dan Teknologi*, *12*, 86–90.

John R. Brown,. 1994, *feseco Non-Ferrous Foundryman's Handbook Eleventh edition Revised and edited*

Junaidi, A., Fandi, A, F., Prasetyo, Eka., 2015. *Material Testing Book.* Malang: Universitas Brawijaya

Kementrian Perindustrian RI 2017. "Indonesia Kekurangan Pasokan Aluminium" http://www.kemenperin.go.id/artikel/4046/Indonesia-Kekurangan-Pasokan -Aluminium (diakses pada tanggal 10 Oktober 2018)

Kirono, Sasi., Julianto, Agung. 2014. "Analisa Sifat Karakteristik Blok Silinder Liner Bahan Alumunium Silikon." *Jurnal Universitas Muhammadiyah Jakarta.*

Mandala, M., Siradj, E. S. 2016. *Struktur Mikro Dan Sifat Mekanis Aluminium (Al-Si) Pada Proses Pengecoran Menggunakan Cetakan Logam, Cetakan Pasir Dan Cetakan*, *14*(November), 88–98.

Nurani, S, J., Saha, C, K., 2015. "*Mechanical Properties and Wear Strenghts of Piston Alloy-Alumina Composites*" *International Journal of Innovative Science and Modern Engineering (IJISME)* Volume 3 *Issue-2*

Ponco, S, K., Ratih., Siahaan, Erwin., Darmawan, Steven., 2016. "Pengaruh Unsur Silikon Pada Aluminium Alloy (Al-Si) Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro". *Jurnal Poros, Volume 14, Nomor 1. Hal 49-56.* Universitas Tarumanagara

Sampurno, Joko, Tri., Bayuseno, Priharyoto, Athanasius., 2016. "Pengaruh Penambahan Unsur Tembaga (Cu) Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Material *Chassis* Berbahan Dasar Limbah Aluminium Hasil Pengecoran HPDC". *Jurnal Teknik Mesin S-1 Vol 4, Nomor 1.* Universitas Diponegoro

Siswanto, Bambang., Sunyoto. 2018. "Pengaruh Kecepatan dan Kedalaman Potong Pada Proses Pembubutan Konvensional Terhadap Kekasaran Permukaan Lubang Blok Silinder Mesin Pemotong Rumput". *Skripsi.* Universitas Negeri Semarang

Soemardji, L. 2006. *Pengaruh Temperatur Tuang Dan Kandungan Silicon Terhadap Nilai Kekerasan Paduan Al-Si*, 311–316.

Solechan. 2010. “Studi Pembuatan Prototipe Material Piston Menggunakan Piston Menggunakan Limbah Piston Bekas dan ADC 12 yang diperkuat dengan Insert ST 60 dan Besi Cor”. *Tesis.* Universitas Diponegoro

Sowiyk, Hogantara, Primayoga., Bayuseno, Priharyoto, Athanasius., 2016. “Pengaruh Penambahan Unsur Timah (Sn) Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Pada Material *Bearing* Berbahan Dasar Aluminium Pengecoran HPDC”. *Jurnal Teknik Mesin S-1 Vol 4, Nomor 3.* Universitas Diponegoro

Sugiyono. 2013. *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.

Suharno, 2013. Pengaruh Variasi Suhu Tuang terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro pada Hasil *Remelting* Aluminium Tromol Supra X dengan Cetakan Logam. Universitas Sebelas Maret. 31.

Suharno, D., Harjanto., B., 2013. “Pengaruh Penambahan Serbuk *Dry Cell* Bekas Terhadap Porositas dan Kekerasan Hasil *Remelting* Al-9%Si Berbasis Limbah Piston Bekas” *Jurnal Vol 2, No 1 2013*

Surdia, Tata & Saito, Shinroku. 1992. *Pengetahuan Bahan Teknik (edisi kedua).* Jakarta: Pradnya Paramita.

Surdia, T. dan Cijikawa K, 1976. *Teknik Pengecoran Logam.* Jakarta: Pradnya Paramita.

Ogawa Seiki CO.LTD., 1987. *Ogoshi High Speed Universal Wear Testing Machine (Type OAT-U) Instruction manual.* Tokyo: Ogawa Seiki CO.LTD.

Surojo, E., Triyono, T., Wahyudi, K., 2009. “Pengaruh *Remelting* Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Paduan Cor Al-Si*” Jurnal Mekanika* Volume 8 Nomor 1

William D. Callister Jr. 2004. *Material Science and Engineering: An Introduction.*US: John Wiley&Sons,

Yuwono, A. H., 2009. *Buku Panduan Praktikum Karakterisasi Material 1 Pengujian Merusak (Destructive Testing).* Jakarta: Departemen Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia