

**OKSIDASI TEMPERATUR TINGGI 750 °C PADA FERO CAST
DUCTILE (FCD70) YANG DILAPISI AL-7%Si**

(Skripsi)

Oleh :

BIMA REGIKUSUMA GIODANI



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2018

ABSTRACT

AN OXIDATION FERRO CAST DUCTILE 70 (FCD70) WITH ALUMINIZING Al-7%Si AT 750 °C

By

BIMA REGIKUSUMA GIODANI

A ductile cast iron type 70 (FCD 70) has a several engineering advantages including: a plastic deformation resistance, a wear-resistance, a damping vibration property, and corrosion resistance. Therefore, this alloy is widely applied for an engineering component materials; a cylinder head, cylinder block, gearbox, and exhaust manifold, working at a high temperatures environment. Hot-dip aluminizing coating using Al-7%Si as a coater was applied on the surface of the cast iron for prolonging a service life of an engine components and reducing a maintenance costs. The oxidation of an aluminized cast iron was performed at 750 ° C for 1-64 h in an isothermal condition. The oxidation result showed that the aluminide layer on FCD 70 could clearly increase the oxidation resistance of cast iron by an eight-folding. The Fe-Al-Si intermetallic layer formed on the FCD substrate helped a decrease in oxidation rate of the cast iron by forming the protective Al₂O₃ layer. The aluminum atoms in the intermetallic phase diffused outwardly to form the Al₂O₃ layer. This layer was either able to withstand an oxygen diffusion into the substrate or protect directly oxygen contact with the FCD. Therefore, the parabolic rate constant (k_p) of cast iron with aluminizing Al-7%Si was a two orders lower than the k_p of FCD 70.

Keywords: ductile cast iron, hot dip aluminizing, protective Al₂O₃, high temperature oxidation, parabolic rate constant.

ABSTRAK

OKSIDASI *FERO CAST DUCTILE* (FCD70) YANG DILAPISI Al-7%Si CELUP PANAS PADA TEMPERATUR 750 °C

Oleh

BIMA REGIKUSUMA GIODANI

Besi cor liat (*ductile*) tipe 70 (FCD 70) memiliki beberapa keunggulan yaitu: ketahanan terhadap deformasi, ketahanan aus, mampu meredam getaran, dan ketahanan korosi. Oleh karena itu, paduan ini diaplikasikan secara luas untuk material komponen mesin; kepala silinder, blok silinder, *gearbox*, *exhaust manifold*, dan dapat digunakan pada lingkungan bertemperatur tinggi. Pelapisan celup panas yang menggunakan Al-7%Si sebagai pelapis diaplikasikan pada permukaan besi cor untuk memperpanjang masa pakai komponen-komponen mesin dan mengurangi biaya perawatan. Oksidasi pada besi cor yang telah dilapis Al-7%Si dilakukan pada temperatur 750 °C selama 1-64 jam dalam keadaan isothermal. Hasil dari oksidasi menunjukkan bahwa lapisan aluminium pada FCD 70 dapat meningkatkan ketahanan oksidasi besi cor hingga 8 kali lipat. Lapisan intermetalik Fe-Al-Si yang terbentuk pada substrat FCD membantu menurunkan laju oksidasi besi cor dengan membentuk lapisan pelindung Al₂O₃. Atom aluminium dari fase intermetalik menyebar hingga membentuk lapisan Al₂O₃. Lapisan ini mampu menahan difusi oksigen pada substrat atau kontak langsung oksigen dengan FCD. Oleh karena itu, konstanta *parabolic rate* (k_p) dari besi cor yang dilapis Al-7%Si dua kali lebih rendah dari k_p FCD 70.

Kata kunci: Besi cor liat, aluminium celup panas, protektif Al₂O₃, oksidasi temperatur tinggi, laju konstanta parabolik.

**OKSIDASI TEMPERATUR TINGGI 750 °C PADA FERO CAST
DUCTILE (FCD70) YANG DILAPISI AL-7%Si**

Oleh

BIMA REGIKUSUMA GIODANI

Skripsi

**Sebagai satu syarat untuk mencapai gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2018**

Judul Skripsi : **OKSIDASI TEMPERATUR TINGGI 750 °C
PADA FERRO CAST DUCTILE (FCD70)
YANG DILAPISI Al-7%Si**

Nama Mahasiswa : **Bima Regikusuma Giodani**

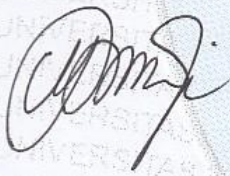
Nomor Pokok Mahasiswa : 1215021024

Jurusan : Teknik Mesin

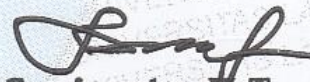
Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

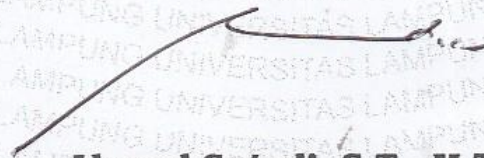


Dr. Moh. Badaruddin, S.T., M.T.
NIP 19721211 199803 1 002



Dr. Sugiyanto, M.T.
NIP 19570411 198610 1 001

2. Ketua Jurusan Teknik Mesin



Ahmad Su'udi, S.T., M.T.
NIP 19740816 200012 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

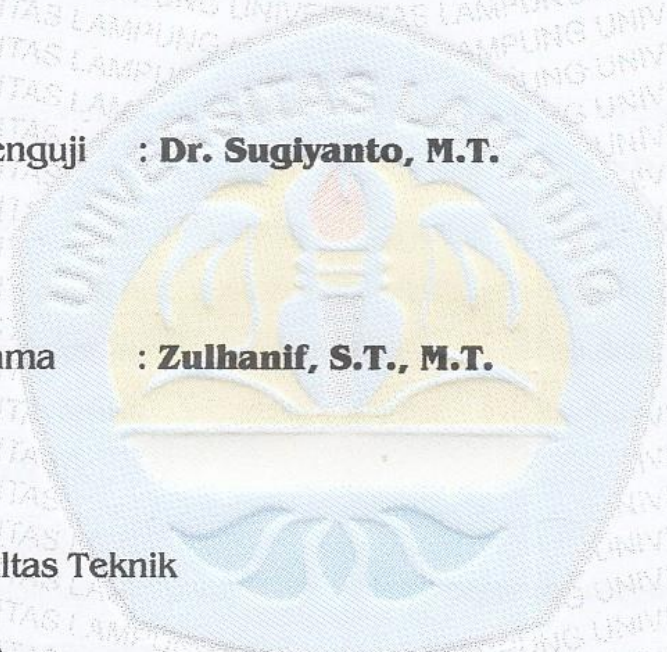
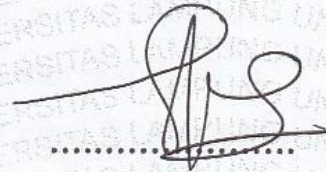
Ketua : Dr. Moh. Badaruddin, S.T., M.T.



Anggota Penguji : Dr. Sugiyanto, M.T.

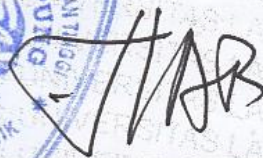


Penguji Utama : Zulhanif, S.T., M.T.



2. Dekan Fakultas Teknik

Prof. Dr. Suharno, M.Sc., Ph.D.
NIP 19620717 198703 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 22 Februari 2018

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Bima Regikusuma Giodani

NPM : 1215021024

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas Teknik : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang telah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi dan sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebut dalam daftar pustaka. Hal tersebut berdasarkan dalam pasal 27 Peraturan Akademik Universitas Lampung dengan Surat Keputusan Rektor No. 3187/H26/DT/2010.

Apabila dikemudian hari pernyataan ini tidak benar saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai aturan yang berlaku.

Bandar Lampung, 28 Februari 2018

Yang Menyatakan



Bima Regikusuma Giodani

NPM. 1215021024

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Gading Rejo pada tanggal 27 April 1994. Sebagai anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Ir. Sugiyono dan Bekti Hariyani.

Pendidikan yang pernah ditempuh penulis di Sekolah Dasar Al-Azhar I Bandar Lampung pada tahun 2000, Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 1 Bandar Lampung pada tahun 2006, Sekolah Menengah Atas

(SMA) Negeri 4 Bandar Lampung pada tahun 2009. Pada tahun 2012 penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur Ujian Mandiri Perguruan Tinggi Negeri dan menamatkan program studi Strata Satu pada bulan Februari 2018.

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah aktif di organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) periode 2014/2015 sebagai anggota bidang Minat dan Bakat divisi Kreativitas.

Pengalaman akademik penulis diantaranya, pernah melakukan Kerja Praktek di Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Bandung pada tahun 2015 dan Mengambil tugas akhir mengenai **OKSIDASI TEMPERATUR TINGGI 750 °C PADA FERO CAST DUCTILE (FCD70) YANG DILAPISI Al-7%Si** dibawah bimbingan bapak Dr. Moh. Badaruddin, S.T., M.T dan Bapak Dr. Sugiyanto, M.T.

PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadirat Allah SWT karena atas nikmat dan karunia-Nya sebagai wujud rasa syukur ungkapan rasa cinta, kasih dan sayang dengan segala kerendahan hati kupersembahkan karya kecil ini untuk orang-orang yang kusayangi :

Kedua orang tuaku tercinta

Ibu dan Bapak yang selalu memberikan dukungan moral maupun moril dengan tulus tanpa mengharapkan balasan dan senantiasa mendoakan yang terbaik untuk anak-anaknya.

Adik-adikku

Andua dan Aji yang telah memberikan semangat serta dukungan tanpa henti.

Keluarga Besar Teknik Mesin 2012 Universitas Lampung

Kalian yang membantu dan memberikan dukungan, inspirasi dan motivasi serta rasa persaudaraan kekeluargaan yang baik dan asik.

MOTTO

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

“Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang”

“Dan Allah SWT mengeluarkan kamu dari perut ibumu dalam keadaan tidak mengetahui sesuatupun. Dan Dia memberi kamu pendengaran, penglihatan dan hati agar kamu bersyukur”

(Qs. An Nahl : 78)

“ Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai dari suatu urusan, kerjakanlah urusan yang lain dan hanya kepada Allah SWT hendak nya kamu berharap”

(Qs. Al Insyirah : 6-8)

“Waktu adalah hidup yang tidak bisa diulang, maka kerjakanlah sebaik mungkin sampai waktumu habis”

“Percuma meratapi penyesalan, bangkitlah untuk memperbaiki penyesalan”

(penulis)

“YOU NEVER KNOW HOW STRONG YOU ARE TILL BEING STRONG IS THE ONLY CHOICE YOU HAVE”

(BOB MARLEY)

“Jangan bandingkan prosesmu dengan orang lain. Karena tak semua bunga tumbuh dan mekar bersamaan”

(Anonimus)

“Your time is limited, so don't waste it living someone else's life”

(Steve Jobs)

“Keep Moving Forward”

(Walt Disney)

“Ing ngarsa sung tuladha, Ing madya mangun karsa, Tut wuri handayani”

(Ki Hajar Dewantara)

“no one can change a person but a person can be a reason someone changes”

(Spongebob Squarepants)

“Menuju tak terbatas dan melampauinya”

(Buzz Lightyear)

“EVERYTHING IS HARD BEFORE IT IS EASY”

(HITAM PUTIH)

“Hadapi tantangan agar menjadi kemampuan”

(SINIA – Popped You Up!)

“Takdir setiap manusia memang telah di tentukan sejak mereka lahir, tetapi dengan KERJA KERAS kita dapat mengalahkan takdir”

(Naruto Uzumaki)

“If you don't take risks, you can't create a future !”

(Monkey D. Luffy)

SANWACANA

Assalamu'alaikumWr.Wb,

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang senantiasa mencurahkan nikmat, rahmat dan karunia-Nya. Sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Hal yang melatar belakangi penulis untuk melakukan penulisan skripsi ini adalah sebagai salah satu syarat menyelesaikan Pendidikan S1 Jurusan Teknik Mesin di Universitas Lampung, adalah untuk membentuk pribadi yang mampu menerapkan pengetahuan, keterampilan dan kedisiplinan di bidang teknik, khususnya teknik mesin serta diabdikan kepada masyarakat. Juga merupakan keingintahuan penulis yang sangat besar terhadap dunia industri yang sesungguhnya memadukan antara teori yang diperoleh di bangku perkuliahan dengan yang terjadi di dunia kerja sesungguhnya. Sehingga penulis mendapatkan gambaran nyata tentang permesinan di dunia industri.

Selama mengerjakan skripsi ini penulis banyak menerima bantuan, baik berupa moril maupun materil dan bimbingan serta arahan dari semua pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Allah SWT yang selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
2. Keluarga tercinta, terutama untuk kedua orang tua, Ibu Bekt Hariyani dan Bapak Ir. Sugiyono, serta Adik-adikku Andua Julian Giodani dan M. Triaji Giodani yang selalu memberikan dukungan moril dan materil serta yang selalu mendoakan yang terbaik untuk penulis.
3. Bapak Ahmad Su'udi, S.T., M.T., sebagai Ketua Jurusan Teknik Mesin Unila.

4. Bapak Dr. Moh. Badaruddin, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama Tugas Akhir, atas kesediaan dan keikhlasannya untuk berbagi ilmu, memberikan dukungan, membimbing, memberi kritik maupun saran yang membangun sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan sebaik-baiknya.
5. Bapak Dr. Sugiyanto, M.T. sebagai dosen pembimbing pendamping atas kesediaannya membimbing dan memberi masukan dan kritik yang membangun dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Bapak Zulhanif, S.T., M.T. sebagai dosen pembahas atas kesediaannya membimbing dan memberi masukan dan kritik yang membangun dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Seluruh dosen pengajar Jurusan Teknik Mesin yang banyak memberikan ilmu selama penulis melaksanakan studi, baik berupa materi perkuliahan maupun teladan dan motivasi.
8. Teman-teman seperjuangan Fakhrizal Yusman, Imam Rosyid, Cristian aritonang, Anggun Nadya Wisastra, Wafda Nadhira, alfian tri eka kurniawan, dio rional, m. irfan, bagas subekti, khabod alef, febrri iswanto, ryan hermawan, neris handoko, faisal Muhammad, purnadi sri kuncoro, Aldi Rizaldi, dan lain-lain yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu, yang selalu membantu dan memberikan motivasi .
9. Untuk teman-teman Teknik Mesin 2012 yang telah berjuang bersama dari awal hingga akhir perkuliahan di Teknik Mesin Universitas Lampung.
10. Teman-teman MAVIA yang selalu memberi motivasi dan support untuk cepat menyelesaikan tugas akhir ini.
11. Untuk teman spesial dan terbaik, Dwi Putri Lestari, S.AB., yang tak henti-henti memberikan semangat moril maupun materil dan motivasi serta doa yang tak pernah usai selama penulis menyelesaikan perkuliahan di Teknik Mesin Universitas Lampung
12. Seluruh jajaran staf laboratorium teknik mesin, khususnya laboratorium material teknik yang selalu membantu dan memberikan arahan dalam menyelesaikan tugas akhir.

13. Dan semua pihak yang telah memberikan doa, bantuan serta motivasi yang mendukung penyelesaian dari Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan serta kesalahan, sehingga penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun dari pembaca. Semoga laporan kerja praktek ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya, pembaca, dan juga untuk masyarakat luas umumnya.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Bandar Lampung, Februari 2018

Penulis,

BIMA REGIKUSUMA GIODANI

DAFTAR ISI

ABSTRACT	.....	i
ABSTRAK	.....	ii
HALAMAN JUDUL	.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN	.....	iv
PERNYATAAN PENULIS	.....	vi
PERSEMBAHAN	.....	vii
MOTTO	.....	viii
SANWACANA	.....	xi
DAFTAR ISI	.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	.....	xvi
DAFTAR TABEL	.....
xviii		
BAB I. PENDAHULUAN		
1.1 Latar Belakang	.....	1
1.2 Tujuan Penelitian	.....	3
1.3 Batasan Masalah	.....	4
1.4 Sistematika Penulisan	.....	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA		
2.1 Besi Cor	.....	7
2.2 Pelapisan Logam	.....	12
2.3 Alumunium	.....	14
2.4 Pelapisan Dengan Metode Celup Panas (<i>Hot dip</i>)	.....	18

2.5 Oksidasi	19
2.6 Kinetika Oksidasi	20

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian	23
3.2 Tempat Penelitian	23
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	23
3.4 Prosedur Penelitian	34
3.5 Karakterisasi	39
3.6 Pengumpulan Data	39
3.7 Diagram Alir Penelitian	41

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Oksidasi	42
4.2 Karakterisasi Hasil Pengujian Oksidasi	48

BAB V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan	54
5.2 Saran	55

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR	Halaman
1. 2.1 Diagram Fassa Fe-Fe ₃ C	8
2. 2.2 Bentuk Grafit <i>Flakes</i> Besi Cor kelabu	10
3. 2.3 Bentuk Grafit <i>Spheroids</i> Besi Cor Liat	12
4. 2.4 Struktur Mikro Alumunium dan Paduan	14
5. 2.5 Struktur Al-Murmi dan Al-Si	15
6. 3.1 <i>Furnace</i>	24
7. 3.2 Mesin <i>Cutting</i>	25
8. 3.3 Mesin <i>Polisher</i>	26
9. 3.4 Jangka Sorong	26
10. 3.5 Mesin Bor Listrik	27
11. 3.6 <i>Ultrasonic Cleaner</i>	28
12. 3.7 Kawat Stainless Steel dan Tang	29
13. 3.8 Pinset	29
14. 3.9 Timbangan Analitik Digital	30
15. 3.10 <i>Thermocouple</i>	31
16. 3.11 <i>Hair Dryer</i>	31

17. 3.12 Spesimen Uji Besi Cor FCD70	.....	32
18. 3.13 Larutan Kimia	.....	33
19. 3.14 <i>Flux</i>	.....	33
20. 3.15 Alumunium	.....	34
21. 4.1 Spesimen besi cor liat (FCD70) sesudah di oksidasi	.....	43
22. 4.2 Plot kurva parabolic weight-gain dan lama oksidasi pada besi cor (FCD70) yang dilapisi alumunium dan tidak dilapisi	.....	45
23. 4.3 Plot kurva linier weight-gain terhadap akar kuadrat waktu oksidasi pada besi cor (FCD70) yang dilapisi alumunium dan tidak dilapisi	.....	47

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
4.1. Data Nilai Penambahan Berat Oksidasi Besi Cor (FCD70) Yang Dilapisi Alumunium	.....	44

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Besi cor adalah paduan besi-karbon dengan kandungan karbon 2,5% - 4% dan kandungan silikon mencapai 2,4%. Perbedaan kadar C dan Si menyebabkan titik lebur besi cor lebih rendah dari baja, yakni sekitar 1.150 °C sampai 1.200 °C. Adapun jenis-jenis besi cor yaitu besi cor kelabu, besi cor putih, dan besi cor liat (*ductile*).

Besi cor liat (*ductile*) yaitu penggabungan sifat antara besi cor dan baja yang mempunyai sifat ketangguhan yang tinggi, yang disebabkan oleh bentuk grafit yang unik berkat penambahan elemen seperti Mg, Ca, Ce. (Francesco, 2017).

Besi cor liat (*ductile*) mempunyai beberapa keunggulan dibanding baja yaitu, mempunyai ketahanan terhadap deformasi, ketahanan aus, mampu meredam getaran, dan ketahanan korosi yang baik.

Karena keunggulannya tersebut besi cor liat (ductile) banyak diaplikasikan sebagai pembuatan pipa, mesin dan suku cadang industri otomotif, seperti kepala silinder, blok silinder, *gearbox*, *exhaust*, dan lainnya.

Dalam penelitian yang telah dilakukan oleh Mohammadi dan Alfantazi (2013), pada proses oksidasi yang mengakibatkan korosi bahwa ketahanan korosi dari besi cor cukup baik, yang diteliti pada *exhaust brake housing* di mesin *diesel*. Ketahanan korosi yang baik tersebut dikarenakan besi cor mempunyai kandungan Si yang lebih dari baja.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Tholence dan Norell (2007), pada proses oksidasi, oksida tebal terbentuk pada suhu 650 °C dan 750 °C karena tidak adanya lapisan yang menahan korosi, saat oksidasi terjadi pada nodul oksida tebal dekat dengan nodul grafit karena tekanan pertumbuhan oksida dan pelapisan CO / CO₂..

Oksidasi umum pada besi cor di udara dalam pembentukan Fe₂O₃ pada gas / oksida, menjadi Fe₃O₄ dan akhirnya, FeO. Banyak besi cor termasuk silikon antara unsur paduan, dimana produk oksidasi yang biasanya kohesif dan menyebabkan penumpukan pada permukaan. Perubahan berat pada suhu 800 °C mungkin empat kali lebih banyak dari perubahan berat pada suhu 700 °C . Produk korosi besi cor cenderung lebih besar dalam volume, yang terbentuk oleh migrasi ion besi dari logam yang mendasari ke permukaan dan bereaksi dengan lingkungan (Rundman, 2001).

Berdasarkan uraian diatas, besi cor banyak digunakan pada kondisi temperatur tinggi. Pada temperatur tinggi proses degradasi logam menjadi lebih cepat, oleh karena itu perlu dilakukan pelapisan agar memperlambat proses degradasi logam tersebut pada temperatur tinggi dan ketahanan korosi menjadi lebih baik lagi. Salah satu metode untuk meningkatkan ketahanan besi cor dengan menerapkan pelapisan aluminium celup panas sebagai teknologi yang murah dan efektif dibandingkan dengan metode pelapisan lainnya.

Aluminium celup panas dilakukan dengan proses mencelupkan besi cor kedalam bak aluminium yang mencair. Lapisan aluminium yang terbentuk akan menjadi pelindung selama besi cor ter-*expose* pada temperatur tinggi dengan membentuk lapisan protektif alumina (Al_2O_3). Temperatur untuk ketahanan oksidasi dengan pelapisan aluminium mencapai $750\text{ }^\circ\text{C}$. Penguraian tersebut sebagai masalah yang akan diteliti oleh peneliti dengan judul **“OKSIDASI TEMPERATUR TINGGI $750\text{ }^\circ\text{C}$ PADA FERO CAST DUCTILE (FCD70) YANG DILAPISI ALUMINIUM”**.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari pelaksanaan tugas dan penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Meningkatkan ketahanan oksidasi *fero cast ductile* (FCD70) pada temperature $750\text{ }^\circ\text{C}$.

2. Menentukan laju kinetika (k_p) *fero cast ductile* (FCD70) yang dilapisi aluminium dari penambahan berat setelah oksidasi.
3. Mengetahui fasa intermetalik pada substrat *fero cast ductile* (FCD 70).

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan perumusan masalah diatas agar proses yang dilakukan bisa berjalan dengan sesuai maka peneliti membatasi masalah penelitiannya sebagai berikut :

1. Pelapis yang digunakan adalah Al-7%Si.
2. Lama proses celup panas adalah 2 menit.
3. Pengujian oksidasi dilakukan pada temperatur 750 °C pada *furnace* dengan rentang waktu 1 jam, 4 jam, 9 jam, 25 jam, dan 64 jam dengan kondisi atmosfer udara diam.

1.4 Sistematika Penulisan

Penulis tugas akhir disusun menjadi lima bab, adapun sistematika penulisannya adalah sebagai berikut :

I. PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan latar belakang, tujuan penelitian, perumusan masalah, batasan masalah, sistematika penulisan dari laporan tugas akhir.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan kajian pustaka yang dijadikan landasan teori untuk mendukung penelitian ini. Yaitu, tentang sifat jenis besi cor, pelapisan logam dengan celup panas, sifat dan kandungan atom aluminium, oksidasi dan kinetika oksidasi.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metode tentang langkah-langkah yang dilakukan yaitu pembuatan spesimen, proses pelapisan logam celup panas, proses oksidasi, karakterisasi dan pengumpulan data. Serta alat dan bahan yang digunakan untuk mencapai hasil yang diharapkan dalam penelitian ini.

IV. DATA DAN PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan hasil dan pembahasan yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan dimana pelapisan logam dengan celup panas mampu menahan serangan oksidasi terhadap *fero cast ductile* pada suhu 750 °C.

V. PENUTUP

Bab ini setelah dilakukan pengujian dan pembahasan dapat disimpulkan dari hasil akhir yang didapat sekaligus memberi saran yang dapat menyempurnakan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Berisikan literatur-literatur atau referensi yang diperoleh untuk mendukung dalam penyusunan tugas akhir ini.

LAMPIRAN

Berisikan beberapa hal yang mendukung penelitian.

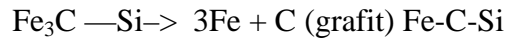
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

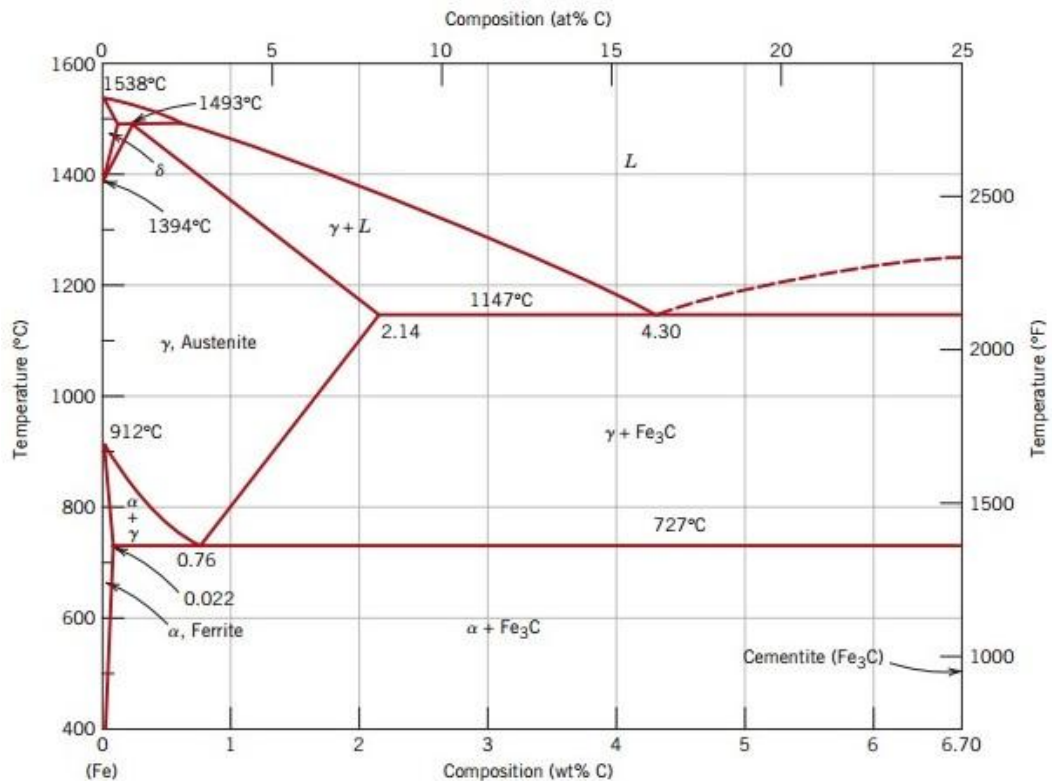
2.1 Besi Cor

Besi cor adalah merupakan paduan eutektik dari besi dan karbon yang mengandung unsur penting lainnya seperti silikon, mangan, sulfur, dan fosfor yang termodifikasi struktur dan paduan yang unik. Dengan demikian temperatur lelehnya relatif rendah, sekitar antara 1135 °C sampai 1150 °C. Temperature leleh yang rendah sangat menguntungkan, karena mudah dicairkan, sehingga pemakaian bahan bakar atau energy lebih hemat dan murah. Selain itu dapur peleburan dapat di bangun dengan lebih sederhana (Angus, 1976).

Besi cor umumnya mengandung unsur silikon antara 1% – 3% . Dengan kandungan sebesar ini, silikon mampu meningkatkan kekuatan besi cor melalui penguatan fasa ferit. Besi cor dengan kadar karbon antara 2% – 3% dan dengan kandungan silikon tersebut memiliki temperatur leleh eutektik lebih rendah. Kehadiran silikon dalam besi cor mengakibatkan terjadinya dekomposisi karbida menjadi besi dan grafit:



Proses dekomposisi ini disebabkan oleh sifat Fe_3C yang metastabil. Dekomposisi ini disebut grafitisasi yang menghasilkan grafit dalam besi cor (Elliott, 1988).



Gambar 2.1. Diagram fassa Fe-Fe₃C
(Calister dan Rethwisch, 2009 hal. 319)

Berdasarkan diagram fassa Fe-Fe₃C pada gambar 2.1, besi cor dapat mencair pada temperatur 1150 °C – 1300 °C atau 2100 °F – 2350 °F lebih rendah dari pada baja, karena itu besi cor lebih mudah unyuk dicairkan dan bagus untuk proses pengecoran.

2.1.1 Besi Cor Putih

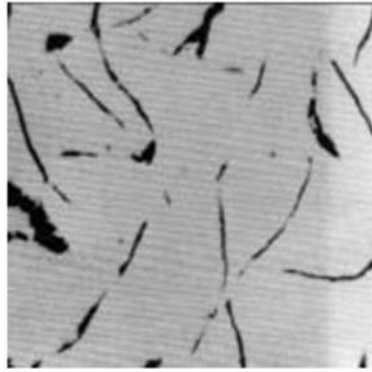
Besi cor putih dibuat dengan pendinginan yang sangat cepat. Pada laju pendinginan yang cepat akan terbentuk karbida Fe_3C yang metastabil dan karbon tidak memiliki kesempatan untuk membentuk grafit. Karbida yang terbentuk mencapai sekitar 30 persen volume.

Besi cor putih mengandung karbon antara 1,8 – 3,6 persen, dan kandungan mangan antara 0,25 – 0,80 persen. Sedangkan kandungan fosfornya antara 0,06 – 0,2 persen, dan sulfur antara 0,06 – 0,2 persen.

Besi cor ini memiliki sifat yang getas, namun memiliki kekerasan yang tinggi. Sifat yang dimilikinya menyebabkan besi cor ini lebih aplikatif untuk suku cadang yang mensyaratkan ketahanan aus tinggi.

2.1.2 Besi Cor Kelabu

Besi cor kelabu memiliki kandungan silikon relatif tinggi yaitu antara satu sampai tiga persen. Dengan silikon sebesar ini, besi cor akan membentuk grafit dengan mudah, sehingga fasa karbida Fe_3C tidak terbentuk. Grafit serpih besi cor ini terbentuk saat proses pembekuan.



Gambar 2.2. Bentuk grafit *flakes* dalam besi cor kelabu
(Dayton, 2011)

Besi cor kelabu memiliki kandungan karbon antara 2,5 – 4,0 persen, dan kandungan mangan antara 0,2 – 1,0 persen. Sedangkan kandungan fosfor antara 0,002 – 1,0 persen, dan sulfur antara 0,02 – 0,025 persen.

Salah satu Karakteristik dari besi cor ini adalah bidang patahannya. Patahan terjadi dengan rambatan yang melintasi satu serpih ke serpih yang lainnya. Karena sebagian besar permukaan patahan melintasi serpih-serpih grafit, maka permukaannya berwarna kelabu. Untuk itu disebut besi cor kelabu.

Serpihan grafit yang dimiliki oleh besi cor ini, menyebabkan keuletan bahan menjadi sangat rendah, bahkan bisa nol persen. Namun demikian, grafit serpih ini mampu meredam getaran dengan cukup baik. Dengan kata lain, besi cor ini memiliki kapasitas peredaman tinggi.

Perlakuan panas yang dialami oleh besi cor kelabu dapat menghasilkan besi cor dengan struktur yang berbasis pada fasa feritik,

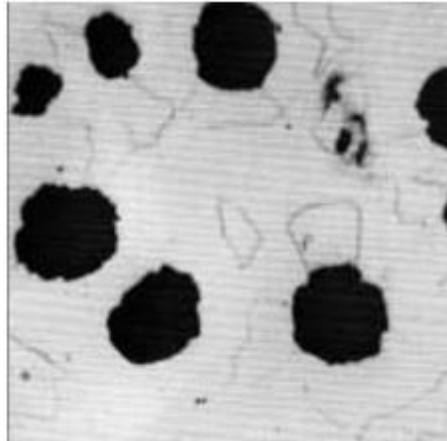
perlitik, atau martensitik. Dengan sifat-sifat yang dimilikinya, besi cor ini lebih banyak digunakan sebagai landasan mesin, poros penghubung, dan alat berat.

2.1.3. Besi Cor liat (*ductile*)

Besi cor liat (*ductile*) dibuat dengan menambahkan sedikit unsure magnesium atau serium. Penambahan unsure ini menyebabkan bentuk grafit besi cor menjadi nodular, atau bulat, atau sferoid. Perubahan bentuk grafit ini diikuti dengan perubahan keuletan. Keuletan besi cor naik. Maka dari itu, besi cor nodular disebut besi cor ulet. Besi cor ini memiliki keuletan antara 10 – 20 persen.

Besi cor nodular memiliki kandungan karbon antara 3,0 – 4,0 persen, kandungan silikon antara 1,8 – 2,8 persen dan mangan antara 0,1 – 1,0 persen. Sedangkan kandungan fosfornya antara 0,01 – 0,1 persen, dan sulfur antara 0,01 – 0,03 persen.

Perlakuan panas yang diterapkan pada besi cor nodular akan menghasilkan besi cor ferit, perlit atau martensit temper. Dengan sifat yang dimilikinya, besi cor ini banyak digunakan untuk aplikasi poros engkol, pipa dan suku cadang khusus (Angus, 1976).



Gambar 2.3. Bentuk grafit *spheroids* dalam besi cor liat (Dayton, 2011)

2.2 Pelapisan Logam

Pelapisan logam adalah suatu cara yang dilakukan untuk memberikan sifat tertentu pada suatu permukaan benda kerja, dimana diharapkan benda tersebut akan mengalami perbaikan baik dalam hal struktur mikro maupun ketahanannya, dan tidak menutup kemungkinan pula terjadi perbaikan terhadap sifat fisiknya. Pelapisan logam merupakan bagian akhir dari proses produksi dari suatu produk. Proses tersebut dilakukan setelah benda kerja mencapai bentuk akhir atau setelah proses pengerjaan mesin serta penghalusan terhadap permukaan benda kerja yang dilakukan. Dengan demikian, proses pelapisan termasuk dalam kategori pekerjaan *finishing* atau sering juga disebut tahap penyelesaian dari suatu produksi benda kerja. Pelapisan logam dibagi menjadi tiga yaitu (Nasution, 2011) :

2.2.1. Pelapisan Logam Dekoratif

Pelapisan dekoratif bertujuan untuk menambah keindahan tampak luar suatu benda atau produk. Sekarang ini pelapisan dengan bahan krom sedang digemari karena warnanya yang cemerlang, tidak mudah terkorosi dan tahan lama. Produk yang dihasilkan banyak digunakan sebagai aksesoris pada kendaraan bermotor baik yang beroda 2 maupun pada kendaraan beroda 4. Dengan kata lain pelapisan ini hanya untuk mendapatkan bentuk luar yang baik saja. Logam-logam yang umum digunakan untuk pelapisan dekoratif adalah emas, perak, nikel dan krom.

2.2.2 Pelapisan Logam Protektif

Pelapisan protektif adalah pelapisan yang bertujuan untuk melindungi logam yang dilapisi dari serangan korosi karena logam pelapis tersebut akan memutus interaksi dengan lingkungan sehingga terhindar dari proses oksidasi.

2.2.3. Pelapisan Logam Untuk Sifat Khusus Permukaan

Pelapisan ini bertujuan untuk mendapatkan sifat khusus permukaan seperti sifat keras, sifat tahan aus dan sifat tahan suhu tinggi atau gabungan dari beberapa tujuan diatas secara bersama-sama. Misalnya

dengan melapisi bantalan dengan logam nikel agar bantalan lebih keras dan tidak mudah aus akibat gesekan pada saat berputar.

2.3 Alumunium

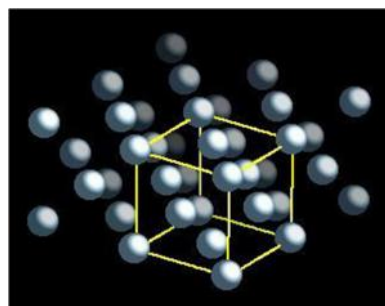
Alumunium adalah Logam ringan dengan berat jenis $2,69815 \text{ g/cm}^3$, titik leburnya 660°C , sangat tahan terhadap cuaca lembab asam – asam lemah dan korosi, karena terbentuk oksida alumunium dengan O_2 (udara) membentuk Al_2O_3 yang menyelimuti permukaan logam tersebut. Daya hantar listrik dan panas yang baik sekali, mudah dibentuk, dipres, ditarik, dirol, maupun ditempa dalam keadaan dingin.

Sebagian besar terdapat dalam bentuk paduan,. Paduan alumunium dapat diklasifikasikan dalam tiga kelompok, yaitu :

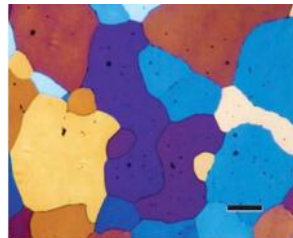
- a) Berdasarkan pembuatan (cor dan tempa)
- b) Berdasarkan perlakuan panas (dapat atau tidaknya diperlakukan panas)
- c) Berdasarkan unsur paduan

2.3.1. Struktur Mikro Alumunium

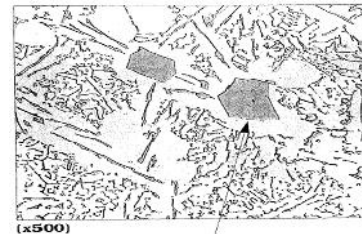
Alumunium memiliki struktur logam membentuk FCC (Face Centered Cubic).



Gambar 2.4. struktur mikro Alumunium dan paduan.
(Rahmawati, 2010).



(a) (Alumunium murni)



(b) (Alumunium dengan Si)

Gambar 2.5. Struktur Al-murni dan Al-Si.
(Rahmawati, 2010).

2.3.2. Kandungan Atom dan Unsur

Alumunium murni mempunyai kemurnian hingga 99,96% dan minimal 99%. Zat pengotornya berupa unsur Fe dan Si. Alumunium paduan memiliki berbagai kandungan atom-atom atau unsur-unsur utama (mayor) dan minor. Unsur mayor seperti Mg, Mn, Zn, Cu, dan Si sedangkan unsur minor seperti Cr, Ca, Pb, Ag, Fe, Sn, Zr, Ti, Sn, dan lain-lain. Unsur- unsur paduan yang utama dalam almunium antara lain:

1. Copper (Cu), menaikkan kekuatan dan kekerasan, namun menurunkan elongasi (pertambahan panjang pangjangan saat

ditarik). Kandungan Cu dalam alumunium yang paling optimal adalah antara 4-6%.

2. Zink atau Seng (Zn), menaikkan nilai tensile.
3. Mangan (Mn), menaikkan kekuatan dalam temperature tinggi.
4. Magnesium (Mg), menaikkan kekuatan alumunium dan menurunkan nilai *ductility*-nya. Ketahanan korosi dan *weldability* juga baik.
5. Silikon (Si), menyebabkan paduan alumunium tersebut bisa diberi perlakuan panas untuk menaikkan kekerasannya.

2.3.3. Alumunium Murni

Alumunium didapat dalam keadaan cair melalui proses elektrolisa, yang umumnya mencapai kemurnian 99,85% berat. Namun, bila dilakukan proses elektrolisa lebih lanjut, maka akan didapatkan alumunium dengan kemurnian 99,99% yaitu dicapai bahan dengan angka sembilannya empat. Ketahanan korosi berubah menurut kemurnian, pada umumnya untuk kemurnian 99,0% atau di atasnya dapat dipergunakan di udara tahan dalam waktu bertahun-tahun. Hantaran listrik Al, kira-kira 65% dari hantaran listrik tembaga, tetapi massa jenisnya kurang lebih sepertiga dari tembaga sehingga memungkinkan untuk memperluas penampangannya. Oleh karena itu, dapat dipergunakan untuk kabel dan dalam berbagai bentuk. Misalnya sebagai lembaran tipis(foil). Dalam hal ini dapat dipergunakan Al dengan kemurnian 99,0%. Untuk reflector yang memerlukan

reflektifitas yang tinggi juga untuk kodensor elektrolitik dipergunakan Al dengan angka Sembilan empat (Rahmawati, 2010).

2.3.4. Alumunium Silikon

Paduan Al-Si sangat baik kecairannya, yang mempunyai permukaan yang sangat bagus, tanpa kegetasan panas, dan sangat baik untuk paduan coran. Sebagai tambahan, paduan ini memiliki ketahanan korosi yang baik, sangat ringan, koefisien pemuaian yang sangat kecil, dan sebagai penghantar panas dan listrik yang baik. Karena memiliki kelebihan yang baik, paduan ini sangat banyak dipakai. Tetapi dalam hal ini modifikasi tidak perlu dilakukan. Sifat-sifat silumin sangat diperbaiki oleh perlakuan panas dan sedikit diperbaiki oleh unsur paduan. Umumnya dilakukan paduan dengan 0,15-0,4%Mn dan 0,5%Mg. Paduan yang diberi perlakuan pelarutan dan dituakan dinamakan silumin gamma dan yang hanya ditemper dinamakan silumin beta. Paduan yang memerlukan perlakuan panas ditambah dengan Mg juga Cu serta Ni untuk memberikan kekerasan pada saat panas, bahan ini biasa digunakan untuk torak motor.

Koefisien pemuaian termal Si yang sangat rendah membuat koefisien termal paduannya juga rendah apabila ditambah Si lebih banyak. Telah dikembangkan paduan hypereutektik Al-Si sampai 29% Si untuk memperhalus butir primer Si.

Proses penghalusan akan lebih efektif dengan penambahan P oleh paduan Cu-P atau penambahan fosfor klorida (PCl_5) untuk mencapai presentasi 0,001%P, dapat tercapai penghalusan primer dan homogenisasi. Paduan Al-Si banyak dipakai sebagai elektroda untuk pengelasan yaitu terutama mengandung 5%Si.

Paduan seri ini non heat treatable. Paduan seri 4032 yang mengandung 12,5%Si mudah ditempa dan memiliki koefisien muai panas sangat rendah digunakan untuk piston yang ditempa.

2.4. Pelapisan Dengan Metode Celup panas (*Hot Dip*)

Pelapisan logam ada beberapa cara dan metode salah satu nya adalah dengan *hot dipping* yaitu logam yang di lapisi dengan dengan cara mencelupkan pada sebuah material yang terlebih dahulu dilebur dari bentuk padat menjadi cair pada sebuah pot atau tangki, dengan menggunakan energi dari gas pembakaran atau menggunakan energi alternatif seperti panas listrik. Titik lebur yang digunakan pada pelapisan material ini adalah biasanya beberapa ratus derajat celcius (tidak melebihi 1000 °C). Pada metode hot dip ini, struktur material yang akan dilapisi dicelupkan kedalam wadah yang berisi logam yang telah di leburkan atau dicairkan sebagai pelapis. Antara logam pelapis dan logam yang akan dilindungi akan terbentuk ikatan metalurgi yang baik karena terjadi perpaduan proses antar muka yang disebut *interface alloying*. Proses hot dipping terbatas untuk logam-logam yang memiliki titik lebur rendah, misalnya: timah, seng dan aluminium (Trethwey, 1991).

2.4.1. Hot Dip Aluminium

Dalam pelapisan dengan metode *hot dip* dengan menggunakan Aluminium di bedakan menjadi dua yaitu (Townsend, 1994) :

2.4.1.1. Pelapisan Alumunium (Al-Si)

Pelapisan dengan menggunakan Al-Si lapisan yang tipis dengan ketebalan menurut kelasnya. Untuk tebal lapisannya adalah 20-25 μm dan untuk kelas 25 biasanya untuk kepentingan tertentu yaitu pelapisan 12 μm . Silikon yang dicampurkan pada type 1 ini rata-rata adalah 5-11% untuk perintah mencegah pembentukan lapisan tebal antara logam besi aluminium, dimana akan merusak pelekatan lapisan dan kemampuan untuk membentuk.

2.4.1.2. Pelapisan Alumuinium (Al-Murni)

Pelapisan dengan menggunakan Al-Murni lapisan yang mempunyai ketebalan 30-50 μm . Aluminium yang digunakan adalah aluminium murni. Produk yang dihasilkan bisanya digunakan pada kontruksi luar ruangan yaitu : atap rumah, pipa air bawah tanah, menara yang memerlukan ketahanan korosi udara. Pada lingkungan perairan laut, pelapisan ini sangat baik ketahannya terhadap korosi celah.

2.5. Oksidasi

Oksidasi Merupakan salah satu jenis proses korosi temperature tinggi. Korosi temperature tinggi berperan penting dalam setiap pemilihan bahan yang digunakan untuk konstruksi, mulai dari turbin gas sampai tungku

pemanas. Jenis-jenis korosi temperatur tinggi yang biasanya menimbulkan masalah pada peralatan industry tersebut, di antaranya ialah. Oksidasi, sulfidasi, karburasi, nitridisasi, korosi serangan halogen, korosi lelehan garam.

Reaksi oksidasi pada temperatur tinggi memiliki kesamaan mekanisme dengan korosi yang terjadi pada lingkungan basah (wet corrosion), di mana kedua proses tersebut dipengaruhi oleh proses elektrokimia. Namun proses tersebut tidak sesederhana kombinasi kimiawi antara logam dan oksigen pada setiap molekul kerak.

Pembentukan oksida yang mantap dan tidak mudah menguap, dapat menyebabkan pertambahan berat linier, parabolik, atau logaritmik, sedangkan pertumbuhan oksida yang mudah menguap menyebabkan kehilangan berat yang linier terhadap waktu (Nurbanasari, dkk, 2014).

2.6. Kinetika Oksidasi

Pada kinetika oksidasi mula-mula lapisan oksida yang terbentuk bersifat berpori, reaksi tersebut terjadi antara muka oksida-logam akibat oksigen yang tembus ke logam tersebut. Namun, lapisan tipis tidak berpori dan oksida selanjutnya mencakup difusi melalui lapisan oksida. Apabila terjadi oksida di permukaan oksida oksigen maka ion logam dan elektron harus berdifusi dalam logam yang berada di bawahnya. Apabila reaksi oksidasi terjadi antar muka logam-oksida, ion oksigen harus berdifusi melalui

oksida dan elektron berpindah dengan arah berlawanan untuk menuntaskan reaksi.

Logam yang bereaksi dengan oksigen atau gas lainnya pada suhu tinggi akan mengalami reaksi kimia. Pada tingkat oksidasi, hukum kinetika parabola, linier, dan logaritma menggambarkan tingkat oksidasi untuk logam umum dan paduan. Dalam hal ini oksigen bereaksi untuk membentuk oksida pada permukaan logam, diukur dengan penambahan berat. Penambahan berat pada setiap waktu (t) selama oksidasi sebanding dengan ketebalan oksida (x). Logam tertentu, seperti baja, harus dilapisi untuk pencegahan korosi, karena memiliki tingkat oksidasi yang tinggi.

Pada tingkat hukum parabola, laju oksidasi temperatur tinggi pada logam sering mengikuti hukum laju parabolik, yang memerlukan ketebalan oksida (x), propotional ke waktu (t) yaitu :

$$x^2 = k_p \times t \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana k_p dikenal sebagai konstanta laju parabolik.

$$x = \left(\frac{\Delta w}{A_0} \right)^2 \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

Δw = Penambahan berat specimen setelah oksidasi (mg)

A_0 = luas permukaan awal specimen (mm^2)

Dan penebalan lapisan bertambah secara parabolic sesuai hubungan :

$$\Delta w^2 = k_p \times t \quad \dots\dots\dots(2.3)$$

$$\Delta w = W_1 - W_0 \quad \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

k_p = konstanta parabolik

w_0 = berat awal spesimen

w_1 = berat akhir specimen

Pada temperatur rendah dan untuk lapisan oksida yang tipis, berlaku hukum logaritmik. Apabila tebal kerak bertambah mengikuti hukum parabolik, resultan tegangan yang terjadi pada antar muka bertambah dan akhirnya lapisan oksida mengalami kegagalan perpatahan sejajar dengan antar muka atau mengalami perpatahan geser atau pematahan tarik melalui lapisan. Didaerah ini laju oksidasi meningkat sehingga terjadi peningkatan yang kemudian berkurang lagi akibat perpatahan lokal di kerak oksida. Laju oksidasi yang bersifat parabolik berubah menjadi rata dan laju oksidasi mengikuti hukum linier. (Daud, 2005).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini telah dilakukan pengujian ketahanan oksidasi besi cor FCD70 yang dilapisi aluminium pada temperatur 750 °C dan akan dianalisa dengan metode OM (*Optic Microscope*) dan *X-ray Diffraction* (XRD)

3.2. Tempat Penelitian

Pengerjaan, pengujian serta observasi spesimen dalam penelitian ini telah dilakukan di Laboratorium Material Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung dan pengujian atau pengambilan data di Laboratorium Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Tanjung Bintang Lampung Selatan dan Pusat Sains dan Teknologi Bahan Maju (PSTBM) – BATAN Serpong Tangerang Selatan.

3.3. Alat dan Bahan Penelitian

Adapun alat dan bahan yang digunakan, yaitu sebagai berikut :

3.3.1. Alat Penelitian

a. Tungku Pemanas (*Furnace*)

Furnace adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk pemanasan yang biasa digunakan untuk melelehkan logam atau untuk memanaskan bahan serta mengubah bentuknya. Digunakan sebagai proses pelapisan dengan metode *hot dipping* dan proses oksidasi. Tungku pemanas yang digunakan merk Nabertherm tipe L 64/14 dengan daya 13.0 kW dan temperatur maksimal 1400 °C.



Gambar 3.1. *Furnace*

b. Mesin *Cutting*

Mesin *cutting* digunakan untuk memotong spesimen FCD70 dengan pendingin air dan bromous (*coolant*). Mesin *cutting* di gunakan merk METKON tipe META CUT 12" tegangan 3×380 V.



Gambar 3.2. Mesin *Cutting*

c. Mesin *Polisher*

Mesin *Polisher* digunakan untuk menggrinding, Grinding adalah proses pengurangan ukuran partikel bahan dari bentuk kasar menjadi ukuran lebih halus untuk menyempurnakan proses mixing yaitu hasil pencampuran yang merata dan menghindari segregasi partikel-partikel bahan. Digunakan untuk menghaluskan permukaan spesimen menggunakan amplas dengan kekasaran 80-

240-500-800-1000-1500. Mesin polisher yang digunakan merk METKON tipe DIGISET – 2V tegangan 220 V.



Gambar 3.3. Mesin *polisher*

d. Jangka Sorong Digital (CD-6" CX)

Jangka sorong adalah alat ukur yang ketelitiannya mencapai 0,01 mm yang terdiri dari dua bagian yaitu, bagian yang diam dan bagian bergerak. Digunakan untuk membantu dalam pengukuran spesimen sebelum dan sesudah proses oksidasi



Gambar 3.4. Jangka Sorong

e. Mesin Bor Listrik

Mesin bor listrik adalah mesin bor yang diletakan diatas meja, yang digunakan untuk membuat lubang pada benda kerja dengan diameter yang diinginkan. Digunakan untuk melubangi spesimen dengan diameter 1 mm.

**Gambar 3.5. Mesin Bor Listrik**f. *Ultrasonic Cleaner*

Ultrasonic cleaner adalah alat untuk membersihkan dengan menggunakan gelombang ultrasonic sehingga kita tidak perlu

repot menggosok kotoran yang menempel pada bahan. Digunakan sebagai pembersih sisa kotoran dan lemak pada spesimen



Gambar 3.6. *Ultrasonic Cleaner*

g. Kawat *Stainless Steel* dan Tang

Kawat *stainless steel* adalah kawat baja yang tahan terhadap oksidasi maupun korosi yang digunakan sebagai pembuat gantungan spesimen uji dan tang untuk membantu memotong dan membentuk kawat.



Gambar 3.7. Kawat Stainless Steel dan Tang

h. Pinset

Pinset adalah penjepit yang terbuat dari besi tahan karat yang digunakan untuk membantu mengambil dan memindahkan spesimen



Gambar 3.8. Pinset

i. Timbangan Analitik Digital

Timbangan analitik digital adalah instrument yang berfungsi untuk mengukur atau menimbang massa secara akurat yang digunakan untuk menimbang spesimen sebelum dan sesudah proses oksidasi dengan ketelitian 0,1 mg



Gambar 3.9. Timbangan Analitik Digital

j. *Thermocouple*

Thermocouple adalah sensor suhu untuk mendeteksi atau mengukur suhu melalui dua jenis logam konduktor berbeda yang digabung pada ujung nya sehingga menimbulkan efek thermo-

elektrik yang digunakan sebagai mengukur dan mengetahui suhu didalam *furnace*.



Gambar 3.10. *Thermocouple*

k. Pengereng (*Hair Dryer*)

Pengereng adalah alat untuk membantu mengeringkan bahan dengan waktu yang singkat digunakan sebagai pengereng spesimen yang telah diberikan *flux*.



Gambar 3.11. *Hair Dryer*

3.3.2. Bahan Penelitian

- a. Besi Cor FCD70 dengan dimensi $20 \times 10 \times 2 \text{ mm}^2$ yang digunakan sebagai spesimen pengujian dalam penelitian ini.



Gambar 3.12. Spesimen Uji Besi Cor FCD70

- b. Larutan kimia

Larutan kimia yang terdiri dari acetone, ethanol, NaOH, H_3PO_4 dan aquades yang digunakan sebagai proses pencucian atau pembersihan sisa kotoran dan lemak yang menempel pada spesimen uji Besi cor FCD70.



Gambar 3.13. Larutan Kimia

c. *Flux*

Flux adalah senyawa yang bersifat korosif yang berfungsi untuk menghilangkan oksidasi dari permukaan benda dan mencegah pembentukan lapisan oksidasi baru yang digunakan sebagai proses pelumuran besi cor FCD70 sebelum dicelupkan ke aluminium yang sudah di leburkan.



Gambar 3.14. *Flux*

d. Aluminium

Alumunium adalah logam yang digunakan sebagai bahan proses pelapisan pada besi cor FCD70.



Gambar 3.15. Aluminium

3.4. Prosedur Penelitian

Adapun prosedur kerja dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

3.4.1. Persiapan Spesimen uji

Spesimen atau benda uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah besi cor liat FCD70. Jumlah spesimen uji yang akan digunakan adalah sebanyak 15 spesimen.

3.4.2. Proses Pembuatan spesimen uji

Spesimen uji yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah besi cor FCD70.

a. *Cutting* (pemotongan)

Pemotongan spesimen uji dilakukan dengan menggunakan mesin *cutting*. Dengan ukuran spesimen uji yaitu $20 \times 10 \times 2 \text{ mm}^2$ (ASTM G54), dimana bentuk potongan yang dihasilkan masih kasar dan kemudian spesimen di lubangi dengan menggunakan mesin bor dengan diameter lubang 1 mm untuk memasukan kawat *stainlees steel* sebagai penggantung spesimen uji.

b. *Cleaning*

Proses *cleaning* adalah pembersihan permukaan logam yang bertujuan menghilangkan kotoran dan membentuk struktur permukaan spesimen yang rata dan mulus. Oleh karena itu ada beberapa proses yang dilakukan antara lain :

1. Proses *Polishing*

Proses *polishing* adalah proses pengamplasan pada permukaan spesimen dengan menggunakan amplas nomor 80-240-500-800-1000-1500. Dengan tujuan menghaluskan bagian sisi-sisi permukaan spesimen uji.

2. Proses Pencucian Lemak

Pencucian lemak adalah membersihkan spesimen uji dari minyak dan lemak yang menempel pada spesimen uji dengan menggunakan etanol agar tidak mengganggu daya rekat pada hasil pelapisan.

3. Proses Pembilasan

Proses pembilasan adalah membilas dengan menggunakan air yang berfungsi untuk menghilangkan sisa-sisa etanol yang masih ada pada permukaan spesimen uji.

c. *Pickling*

Proses *pickling* adalah proses pembersihan spesimen setelah proses *cleaning* dengan menggunakan bahan kimia yang mengandung asam. Dalam hal ini ada beberapa proses yang dilakukan antara lain: Pencucian dengan 10% NaOH dan 5% HPO₃. Proses pencucian dilakukan pada permukaan spesimen uji yang masih mengandung lemak atau minyak. Merendam spesimen ke dalam larutan NaOH + HPO₃ + air dengan perbandingan 1:1:1 .

d. *Fluxing*

Proses dimana besi cor FCD70 sebelum dicelupkan ke aluminium cair terlebih dahulu dilumuri dengan aluminium *flux* yang bertujuan agar besi cor FCD70 dapat tertutupi semua bagian

luarnya sehingga oksidasi dengan udara luar tidak terjadi. Tahapan akhir perlakuan awal ini adalah pengeringan besi cor FCD70 tersebut di dalam udara dan dibantu dengan menggunakan *hair dryer*.

3.4.3. *Dipping*

Proses *dipping* adalah proses akhir atau pelapisan yang dilakukan dengan mencelupkan besi cor FCD70 ke dalam Aluminium cair dan waktu pencelupan yang akan dilakukan dalam proses pelapisan ini adalah 2 menit.

3.4.4. *Cooling*

Proses *cooling* adalah proses pendinginan spesimen uji yang telah melalui proses *Hot dipping* dengan cara digantungkan agar spesimen uji dingin perlahan dengan temperature kamar dan terkena angin.

3.4.5. Proses pengujian oksidasi

Dalam proses pengujian ini dilakukan beberapa tahapan sebelum spesimen uji dimasukan ke dalam furnace dan proses oksidasi berlangsung, adapun tahapan-tahapan yang harus dilakukan adalah :

a. Proses Pencucian

Proses pencucian dilakukan agar spesimen terbebas dari kotoran seperti debu, minyak, dan lainnya yang dapat mengganggu daya

rekat pada pengujian, Pencucian dilakukan dengan menggunakan ethanol.

b. Proses Pembilasan

Proses pembilasan dilakukan untuk menghilangkan sisa dari ethanol yang menempel pada spesimen uji dengan menggunakan air.

c. *Drying*

Drying adalah proses pengeringan spesimen uji dengan menggunakan bantuan *hair dryer* agar spesimen cepat kering dan benar-benar dalam keadaan kering.

d. Proses Pengujian

Setelah spesimen siap untuk pengujian dilakukan penimbangan serta mengukur luas permukaan terlebih dahulu sebelum dilakukan proses oksidasi yang bertujuan untuk mengetahui massa dan luas permukaan spesimen sebelum dan sesudah proses oksidasi. Setelah spesimen ditimbang selanjutnya adalah proses oksidasi yaitu spesimen dimasukkan kedalam furnace dengan menggantungkannya di dalam furnace pada kawat yang terikat pada spesimen dan pengujian dilakukan pada temperature 750 °C dengan interval waktu 1 jam, 4 jam, 9 jam, 25 jam, dan 64 jam.

3.5. Karakterisasi

Setelah melalui proses pengujian oksidasi maka spesimen akan melalui tahapan pengujian karakterisasi. Proses yang akan dilakukan adalah XRD (*X-Ray Diffraction*) dan OM (*Optic Microscope*) untuk mengetahui fasa dan struktur mikro besi cor FCD70.

3.6. Pengumpulan Data

Pengumpulan data-data yang dibutuhkan untuk menunjang penelitian yang akan dilakukan ialah melakukan perhitungan massa dari spesimen, untuk mendapatkan perbandingan antara massa (Δw) per satuan luas (A) dan waktu pengujian (t). Dengan menggunakan rumus berikut :

$$\Delta w = w_1 - w_0 \quad \dots\dots\dots (3.1)$$

Dimana :

W_1 = Berat benda uji setelah oksidasi (mg)

W_0 = Berat benda uji sebelum oksidasi (mg)

Dan perhitungan luas permukaan benda uji :

$$A = 2(p \times l + p \times t + l \times t) \dots\dots\dots (3.2)$$

Dimana :

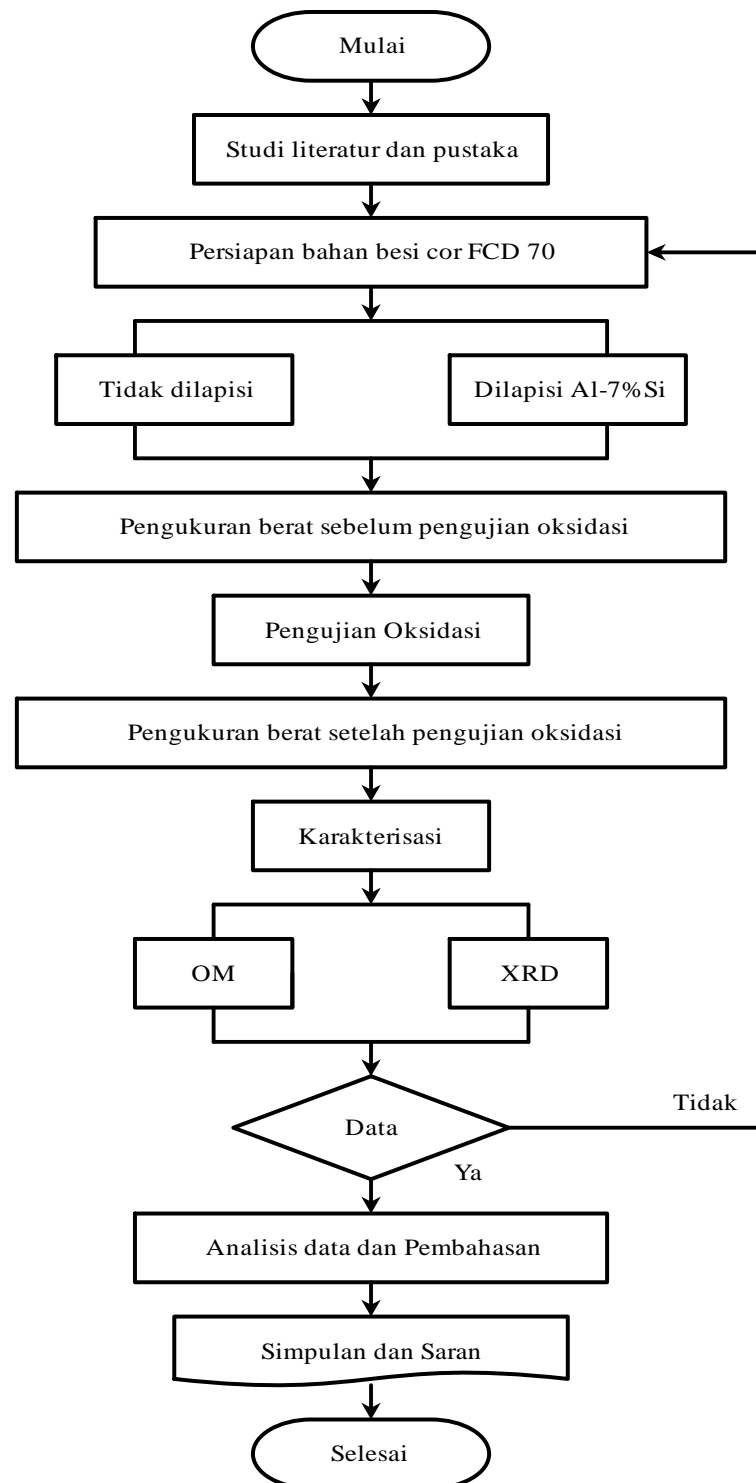
A = luas permukaan spesimen (mm^2)

p = Panjang spesimen (mm)

l = Lebar spesimen (mm)

t = Tinggi spesimen (mm)

3.7. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.16. Diagram Alir.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Pembahasan telah dilakukan dan beberapa simpulan dapat diambil sebagai berikut:

1. Oksidasi besi cor liat (FCD70) pada temperatur 750 °C lebih baik ketahanannya setelah besi cor liat (FCD70) dilapisi Al-7%Si celup panas, aluminium dalam lapisan intermetalik Fe-Al-Si pada substrat besi cor FCD 70 menjadi penghalang difusi oksigen ke dalam substratnya dengan membentuk lapisan protektif Al₂O₃. Besi cor liat (FCD70) yang dilapisi aluminium mengalami peningkatan ketahanan oksidasi sebesar 8 kali.
2. Nilai konstanta kinetika oksidasi untuk besi cor liat (FCD70) yang dilapisi aluminium adalah $k_p = 6,62 \times 10^{-11} \text{ g}^2 \text{ cm}^{-4} \text{ s}^{-1}$ dan untuk besi cor liat (FCD70) yang tidak dilapisi aluminium adalah $k_p = 3,85 \times 10^{-9} \text{ g}^2 \text{ cm}^{-4} \text{ s}^{-1}$.
3. Fasa yang terbentuk pada besi cor liat (FCD70) yang dilapisi aluminium setelah dioksidasi yaitu, Al₂O₃, Al₅Fe₂, Al₂O₅Si, Fe₃O₄, Al₂Fe₃Si₃ dan yang tidak dilapisi yaitu, Fe₂O₃, Fe₂O₄Si, dan MnO₃Si.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil oksidasi tempratur tinggi untuk pemecahan masalah lebih lanjut dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Perlu dilakukannya analisis SEM dan EDS pada lapisan intermetalik, untuk mengklarifikasi fasa-fasa yang terbentuk pada lapisan intermetalik melalui komposisi kimia dalam atomic persen.
2. Diperlukan pengujian lebih lanjut pengaruh perlakuan panas ketahanan oksidasi besi cor liat (FCD 70) pada temperature 750 °C.

DAFTAR PUSTAKA

- Angus, H . T, 1976, *Cast Iron : Physical and Engineering Properties (Second Edition)*. Formerly Deputy Director of The British Cast Iron Research Assosiation.
- Burstein, G.T., Shreir, L.L., and Jarman, R.A. 1994. *Corrosion (Third Edition): Metal/Environment Reactions*. Planta Tree.
- Daud, M., 2015. *Korosi dan Rekayasa Permukaan*. Politeknik Negeri Medan.
- Dayton, Ohio., 2011. *Ductile Iron*. Flowserve Corporation. U S A.
- Elliot, R., 1988. *An Intoduction to Cast Iron . Cast Iron Technology*. Butterworth Heinemann.
- Jiang, Wenming., Fan, Zitian., Li, Guangyu., Liu, Xinwang., and Liu, Fuchu., *Journal of Alloys and Compounds* 688 (2016) 742-751. Effects of hot-dip galvanizing and aluminizing on interfacial microstructures and mechanical properties of aluminum/iron bimetallic composites. Huazhong University of Science and Technology, China.
- Lin, Meng-Bin., and Wang, Chaur-Jeng., *Surface and Coatings Technology* 205 (2010) 1220-1224. Microstructure and high temperature oxidation behavior of hot-dip aluminized coating on high silicon ductile iron. National Taiwan University of Science and Technology, Taiwan.
- Lin, Meng-Bin., Wang, Chaur-Jeng., and Volinsky, Alex A., *Surface and Coatings Technology* 206 (2011) 1595-1599. Isothermal and thermal cycling oxidation of hot-dip aluminide coating on flake/spheroidal graphite cast iron. National Taiwan University of Science and Technology, Taiwan. University of South Florida, USA.

Nasution, S. F, 2011. Pelapisan Baja Karbon Rendah dengan Metode Elektroplating Sebagai Anti Korosi. Depaetemen Fisika. Universitas Sumatera Utara.

Nurbanasari, Meilinda ., Hadi Prajitno, Djoko., and Chany, Hendra., 2014. Perilaku Oksida Paduan Ti-6Al-4V pada Temperatur Tinggi. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri ITENAS, Bandung.

Smith, W.J., and Goodwin, F.E., Reference Module in Materials Science and Materials Engineering, from Sheier's Corrosion, Volume 4, 2010 pages 2556-2576. Hot Dip Coatings.

Tholence, T., Norrel, M ., 2007, *High Temperature Corrosion of Cast Alloys in Exhaust Environments I-Ductile Cast Irons* . Department of Material and Manufacturing Technologi, Chalmers University of Technology, 412 96 Gothenberg, Sweden.

Rahmawati, Zulaina Sari ., 2010, Analisis pengaruh korosi terhadap alumunium. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia Jakarta.

Rundman, K . B ., 2001, *Cast Iron Reference Module Material Science Technology* (Second Edition). Encyclopedia of Materials : Science and Technology.

Townsend., 1994. Surface Engineering ASM Handbook Volume 5. ASM Internasional.

Trethewey KR., And Chamberlain J ., 1991. KOROSI (Untuk Mahasiswa dan Rekayasawan) PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Zhang, Junwei., Fan, Yongzhe., Zhao, Xue., Ma, Ruina., Du, An., and Cao, Xiaoming., Surface and Coatings Technology 337 (2018) 141-149. Influence of duty cycle on the growth behavior and wear resistance of microarc oxidation coatings on hot dip aluminized cast iron. Hebel University of Technology, China.