

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI.....</b>	<b>ii</b>
<b>PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI .....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xii</b>
<b>INTISARI .....</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Keaslian/Kebaruan Penelitian.....	4
1.5. Tujuan Penelitian.....	4
1.6. Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1. Tinjauan Pustaka .....	5
2.1.1. Magnesium Alloys .....	5
2.1.2. Sifat Oksidasi pada Magnesium Alloys .....	5
2.1.3. Daur Ulang Paduan Magnesium .....	7
2.1.4. Direct chill casting .....	10
2.1.5. Distribusi Butir Hasil DC <i>Casting</i> .....	11
2.1.6. Pengaruh Kecepatan Pengecoran .....	13
2.1.7. Pengaruh Temperatur Pengecoran .....	15
2.1.8. Pengaruh Laju Aliran Air.....	16
2.1.9. Pengaruh Dimensi Spesimen .....	19
2.1.10. Perbandingan <i>Direct Chill Casting</i> Paduan Magnesium dengan Paduan Aluminium .....	19
2.2. Landasan Teori.....	22
2.2.1. Magnesium.....	22



2.2.2.	Kodefikasi Paduan Magnesium .....	24
2.2.3.	Pengaruh Unsur Pemadu pada Paduan Magnesium.....	25
2.2.4.	Magnesium Skrap .....	26
2.2.5.	Proses Daur Ulang Skrap Magnesium .....	27
2.2.6.	Diagram Fasa Mg-Al .....	30
2.2.7.	Diagram Fasa Mg-Si .....	31
2.2.8.	Diagram Fasa Al-Si.....	31
2.2.9.	Diagram Fasa Fe-Al .....	32
2.2.10.	Diagram Fasa Mg-Al-Si.....	33
2.2.11.	Direct chill casting .....	33
2.2.12.	<i>Heat Flow</i> dan Solidifikasi pada DC <i>Casting</i> .....	33
2.3.	Pertanyaan Penelitian.....	36
2.4.	Hipotesis.....	36
<b>BAB III</b>	<b>METODE PENELITIAN .....</b>	<b>38</b>
3.1.	Alat yang digunakan .....	38
3.2.	Bahan yang digunakan.....	42
3.3.	Diagram Alir Penelitian.....	45
3.3.1.	Persiapan Alat dan Bahan .....	46
3.3.2.	Proses <i>Sorting</i> Skrap .....	46
3.3.3.	Proses De-Coating .....	48
3.3.4.	Proses Peleburan .....	48
3.3.5.	Proses Pengecoran .....	49
3.3.6.	Preparasi Spesimen .....	50
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>51</b>
4.1.	Proses Daur Ulang Skrap Paduan Mg-Al Menggunakan <i>Direct chill casting</i> .....	51
4.2.	Evaluasi Hasil Daur Ulang Skrap Paduan Mg-Al dengan <i>Direct chill casting</i> .....	53
4.2.1.	Evaluasi <i>Billet</i> Hasil DC <i>Casting</i> dengan Kecepatan Pengecoran 56 mm/menit .....	53
4.2.2.	Evaluasi <i>Billet</i> Hasil DC <i>Casting</i> dengan Kecepatan Pengecoran 100 mm/menit .....	63
4.2.3.	Evaluasi <i>Billet</i> Hasil DC <i>Casting</i> dengan Kecepatan Pengecoran 82 mm/menit .....	72



<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>81</b>
5.1. Kesimpulan .....	81
5.2. Saran .....	82
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>83</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1.</b>	Grafik peningkatan konsumsi magnesium di dunia	1
<b>Gambar 2.1.</b>	Hasil SEM-EDX pada material STIHL dengan proses <i>de-coating</i>	8
<b>Gambar 2.2.</b>	Struktur mikro hasil coran yang mengandung skrap magnesium	9
<b>Gambar 2.3.</b>	Pengaruh penambahan konsentrasasi skrap magnesium terhadap sifat mekanik spesimen	10
<b>Gambar 2.4.</b>	Struktur makro bagian <i>cross section billet</i>	12
<b>Gambar 2.5.</b>	Rata-rata distribusi ukuran butir pada <i>billet</i>	12
<b>Gambar 2.6.</b>	Distribusi ukuran butir pada <i>billet</i> AZ31 dengan perbedaan kecepatan pengecoran	13
<b>Gambar 2.7.</b>	Efek kecepatan pengecoran terhadap struktur mikro dari <i>ingot</i> AZ81	14
<b>Gambar 2.8.</b>	Efek kecepatan pengecoran terhadap kedalaman <i>sump ingot</i>	15
<b>Gambar 2.9.</b>	Efek temperatur pengecoran terhadap struktur mikro <i>ingot</i> AZ81	16
<b>Gambar 2.10.</b>	Efek peningkatan temperatur pengecoran terhadap kedalaman <i>sump</i>	16
<b>Gambar 2.11.</b>	Pengaruh perbedaan parameter terhadap distribusi struktur mikro pada bagian horizontal <i>billet</i>	17
<b>Gambar 2.12.</b>	Efek kecepatan aliran air pendingin terhadap <i>heat transfer</i>	18
<b>Gambar 2.13.</b>	Efek laju aliran air pada kurva pendinginan	18
<b>Gambar 2.14.</b>	Pengaruh diameter <i>billet</i> terhadap <i>temperatur field</i>	19
<b>Gambar 2.15.</b>	Proses elektrolisis magnesium	23
<b>Gambar 2.16.</b>	Diagram fasa Mg-Al	31
<b>Gambar 2.17.</b>	Diagram Fasa Mg-Si	31
<b>Gambar 2.18.</b>	Diagram Fasa Al-Si	32
<b>Gambar 2.19.</b>	Diagram Fasa Fe-Al	32
<b>Gambar 2.20.</b>	Diagram Fasa Mg-Al-Si proyeksi liquidus	33
<b>Gambar 2.21.</b>	Skematik proses <i>direct chill casting</i>	34
<b>Gambar 2.22.</b>	Skematik model <i>finite element</i> dari DC casting	35
<b>Gambar 2.23.</b>	Kurva <i>boiling</i> air	36
<b>Gambar 3.1.</b>	(a) Tungku krusible dan (b) Kowi	38
<b>Gambar 3.2.</b>	Mesin <i>direct chill casting</i>	38
<b>Gambar 3.3.</b>	Spektrometer	39



<b>Gambar 3.4.</b>	Mesin Poles	39
<b>Gambar 3.5.</b>	Mikroskop metalurgi	40
<b>Gambar 3.6.</b>	<i>Scanning electron microscope</i>	40
<b>Gambar 3.7.</b>	Mesin <i>x-ray diffraction</i>	41
<b>Gambar 3.8.</b>	<i>Microhardness tester</i>	41
<b>Gambar 3.9.</b>	Skrap Magnesium	42
<b>Gambar 3.10.</b>	<i>Paint remover VIP</i>	43
<b>Gambar 3.11.</b>	NaCl ( <i>refined salt pharma grade</i> )	43
<b>Gambar 3.12.</b>	Resin dan katalis	44
<b>Gambar 3.13.</b>	Etanol dan asam asetat	44
<b>Gambar 3.14.</b>	Pasta poles	45
<b>Gambar 3.15.</b>	Diagram alir penelitian	46
<b>Gambar 3.16.</b>	Skrap a), b) vendor ZOMAX dan c), d) vendor STIHL	47
<b>Gambar 3.17.</b>	Kondisi skrap	48
<b>Gambar 3.18.</b>	a) Fluks NaCl pada permukaan skrap dan b) proses peleburan skrap	49
<b>Gambar 3.19.</b>	Proses <i>direct chill casting</i>	49
<b>Gambar 4.1.</b>	a) Dimensi cetakan, b) komponen cetakan, dan c) proses pengecoran <i>direct chill casting</i>	53
<b>Gambar 4.2.</b>	a) Arah penarikan <i>billet 1 direct chill casting</i> , b) cacat <i>gas blow</i> pada <i>billet 1</i> , dan c) porositas pada bagian <i>cross section billet 1</i>	54
<b>Gambar 4.3.</b>	Komposisi unsur paduan <i>billet 1</i> berdasarkan hasil EDS <i>mapping</i>	56
<b>Gambar 4.4.</b>	Skematik posisi pengambilan struktur mikro pada bagian <i>cross section billet</i>	57
<b>Gambar 4.5.</b>	Distribusi struktur mikro <i>billet 1</i> pada bagian (a) Pinggir <i>billet</i> , (b) $\frac{1}{2}$ jari-jari <i>billet</i> , dan (c) Pusat <i>billet</i>	57
<b>Gambar 4.6.</b>	Struktur mikro <i>billet 1</i> didominasi dengan bentuk dendritik pada bagian (a) Titik pinggir <i>billet</i> , b) $\frac{1}{2}$ r (jari-jari) <i>billet</i> dan c) Titik pusat <i>billet</i>	58
<b>Gambar 4.7.</b>	SEM-EDS <i>spot</i> pada <i>billet 1</i> yang menunjukkan (a) Fasa $\text{Al}_3\text{Fe}$ , (b) Fasa <i>solid solution</i> $\alpha\text{-Al}$ , dan (c) Fasa intermetalik $\text{Al}_2\text{CuMg}$	59
<b>Gambar 4.8.</b>	Komposisi <i>billet 1</i> pada diagram fasa ternary Mg-Al-Si	61
<b>Gambar 4.9.</b>	Hasil <i>scanning electron microscope billet 1</i>	61
<b>Gambar 4.10.</b>	Grafik <i>x-ray diffraction billet 1</i>	62



<b>Gambar 4.11.</b>	Distribusi nilai kekerasan <i>billet 1</i>	63
<b>Gambar 4.12.</b>	a) Arah penarikan <i>billet 2 direct chill casting</i> , b) visual permukaan patahan <i>billet 2</i> , c) permukaan belahan searah longitudinal pada <i>billet 2</i> , d) permukaan penampang melintang (transversal) <i>billet 2</i>	64
<b>Gambar 4.13.</b>	Area SEM-EDS <i>mapping</i> pada <i>billet 2</i>	66
<b>Gambar 4.14.</b>	Distribusi struktur mikro <i>billet 2</i> pada bagian (a) Pinggir <i>billet</i> , (b) $\frac{1}{2}$ jari-jari <i>billet</i> , dan (c) Pusat <i>billet</i>	67
<b>Gambar 4.15.</b>	Struktur mikro <i>billet 2</i> didominasi dengan bentuk fasa dendritik pada bagian (a) Titik pinggir <i>billet</i> , (b) $\frac{1}{2}$ r (jari-jari) <i>billet</i> , dan (c) Titik pusat <i>billet</i>	67
<b>Gambar 4.16.</b>	SEM-EDS <i>spot</i> pada <i>billet 2</i> yang menunjukkan fasa (a) Intermetalik $Mg_2Si$ , (b) Intermetalik $Al_3Fe$ , dan (c) Intermetalik $Al_3Mg_2$	68
<b>Gambar 4.17.</b>	Komposisi <i>billet 2</i> pada diagram fasa terner Mg-Al-Si	70
<b>Gambar 4.18.</b>	Hasil <i>scanning electron microscope billet 2</i>	70
<b>Gambar 4.19.</b>	Grafik <i>x-ray diffraction billet 2</i>	71
<b>Gambar 4.20.</b>	Distribusi nilai kekerasan <i>billet 2</i>	72
<b>Gambar 4.21.</b>	(a) Arah penarikan <i>billet 3 direct chill casting</i> , (b) cacat pada <i>billet 3</i> , (c) <i>cross section billet 3</i>	73
<b>Gambar 4.22.</b>	Area SEM-EDS <i>mapping</i> pada <i>billet 3</i>	75
<b>Gambar 4.23.</b>	Distribusi struktur mikro <i>billet 3</i> pada bagian (a) Pinggir <i>billet</i> , (b) $\frac{1}{2}$ jari-jari <i>billet</i> , dan (c) Pusat <i>billet</i>	76
<b>Gambar 4.24.</b>	Struktur mikro <i>billet 3</i> didominasi dengan bentuk fasa dendritik dan eutektik pada bagian (a) Titik pinggir <i>billet</i> , (b) $\frac{1}{2}$ r (jari-jari) <i>billet</i> , dan (c) Titik pusat <i>billet</i>	76
<b>Gambar 4.25.</b>	SEM-EDS <i>spot</i> pada <i>billet 3</i> yang menunjukkan fasa (a) Intermetalik $Al_3Mg_2$ , (b) Intermetalik $Al_{12}Mg_{17}$ , dan (c) Intermetalik $Al_{12}Mg_{17}$	77
<b>Gambar 4.26.</b>	Komposisi <i>billet 3</i> pada diagram fasa biner Al-Mg	78
<b>Gambar 4.27.</b>	Hasil <i>scanning electron microscope billet 3</i>	79
<b>Gambar 4.28.</b>	Grafik <i>x-ray diffraction billet 3</i>	79
<b>Gambar 4.29.</b>	Distribusi nilai kekerasan <i>billet 3</i>	80

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1.</b>	Perbandingan sifat termal pada magnesium dan aluminium	20
<b>Tabel 2.2.</b>	Perbandingan Penelitian <i>Direct chill casting</i>	21
<b>Tabel 2.3.</b>	Kodefikasi material magnesium paduan	24
<b>Tabel 2.4.</b>	Kategori skrap magnesium sekunder	27
<b>Tabel 3.1.</b>	Spesifikasi pengujian kekerasan dalam penelitian	42
<b>Tabel 3.2.</b>	Komposisi material AZ91	42
<b>Tabel 3.3.</b>	Komposisi kimia <i>paint remover</i> VIP	43
<b>Tabel 3.4.</b>	Komposisi etsa Mg-alloy	44
<b>Tabel 4.1.</b>	Parameter proses <i>direct chill casting</i>	52
<b>Tabel 4.2.</b>	Data spektrometri komposisi unsur paduan <i>billet</i> 1	55
<b>Tabel 4.3.</b>	Komposisi unsur paduan <i>billet</i> 1 berdasarkan hasil EDS <i>mapping</i>	56
<b>Tabel 4.4.</b>	Komposisi unsur pada fasa yang terdapat di <i>billet</i> 1 hasil EDS <i>spot</i>	59
<b>Tabel 4.5.</b>	Komposisi unsur paduan <i>billet</i> 2	65
<b>Tabel 4.6.</b>	Komposisi unsur paduan hasil EDS <i>mapping billet</i> 2	66
<b>Tabel 4.7.</b>	Komposisi unsur pada fasa yang terdapat di <i>billet</i> 2 hasil EDS <i>spot</i>	69
<b>Tabel 4.8.</b>	Komposisi unsur paduan <i>billet</i> 3	74
<b>Tabel 4.9.</b>	Komposisi unsur paduan hasil EDS <i>mapping billet</i>	75
<b>Tabel 4.10.</b>	Komposisi unsur pada fasa yang terdapat di <i>billet</i> 3 hasil EDS <i>spot</i>	77