

TUGAS AKHIR

**Pengujian Fluiditas Metode Vakum dengan Variasi
Temperatur & Tekanan Menggunakan Material *Master
Alloy (Al 11% Si)***

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan
Pendidikan Tahap Sarjana



JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK – UNIVERSITAS ANDALAS

PADANG, 2017

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

Judul : Pengujian Fluiditas Metode Vakum dengan Variasi Temperatur dan Tekanan Menggunakan Material *Master Alloy* (Al11%Si)
Nama Mahasiswa : Boma Dyfianda Nugraha Pratama
No. BP : 1210913025
Nama Pembimbing I : Dr.Ir.H Is Prima Nanda, MT

Mahasiswa ybs,



Boma Dyfianda Nugraha Pratama

NIM. 1210913025

Menyetujui,
Pembimbing I,



Dr. Ir. H Is Prima Nanda, MT

NIP. 196809271998021001

ABSTRAK

Pengujian Fluiditas Metode Vakum dengan Variasi Temperatur & Tekanan Menggunakan Material *Master Alloy* (Al 11% Si)

Oleh :

Boma Dyfianda Nugraha Pratama

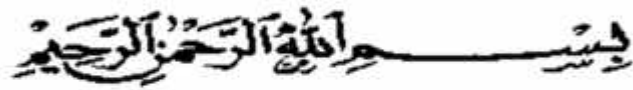
BP : 1210913025

Pertumbuhan industri otomotif berkembang pesat dan tentunya juga mengalami persaingan yang semakin ketat. Agar tetap eksis dipasarnya maka industri otomotif harus konsisten memahami kebutuhan dan selera pasar. Salah satu cara memahami kebutuhan pasar adalah dengan menggunakan bahan baku yang berkualitas baik, bahan yang digunakan dalam produksi otomotif tersebut diantaranya adalah aluminium. Produksi kendaraan ini banyak menggunakan aluminium karena memiliki sifat yang ringan dan tahan korosi. Namun saat ini produsen terkendala dalam mendapatkan material aluminium dengan kemurnian tinggi dan bebas dari pengotor yang akan merugikan paduan aluminium. Besi (Fe) adalah salah satu unsur pengotor dari paduan aluminium yang merugikan sifat *castability* yaitu sifat mampu alir (*Fluidity*). Untuk mendapatkan aluminium dengan kemurnian tinggi dan bebas dari pengotor perlu diuji tingkat fluiditasnya. Definisi dari fluiditas adalah kemampuan logam cair mengalir dalam cetakan uji sampai berhenti karena terjadi solidifikasi.

Untuk mendapatkan gambaran tentang tingkat fluiditas aluminium ini, perlu dilakukan pengujian. Untuk itu melalui penelitian ini akan diuji tingkat fluiditas dengan metode vakum melalui variasi temperatur dan tekanan menggunakan material *master alloy* (Al 11% Si). Pengujian ini dilakukan dengan tiga pengambilan sampel dengan variasi temperatur sebesar 680°C, 700°C, dan 720°C serta variasi tekanan sebesar -20, -25, -30 KPa.

Hasil penelitian ini membuktikan bahwa adanya perbedaan tingkat fluiditas aluminium jika diuji dengan menggunakan variasi temperatur dan tekanan. Selain itu dari hasil penelitian didapat grafik *baseline* dari material *master alloy* (Al 11% Si).

KATA PENGANTAR



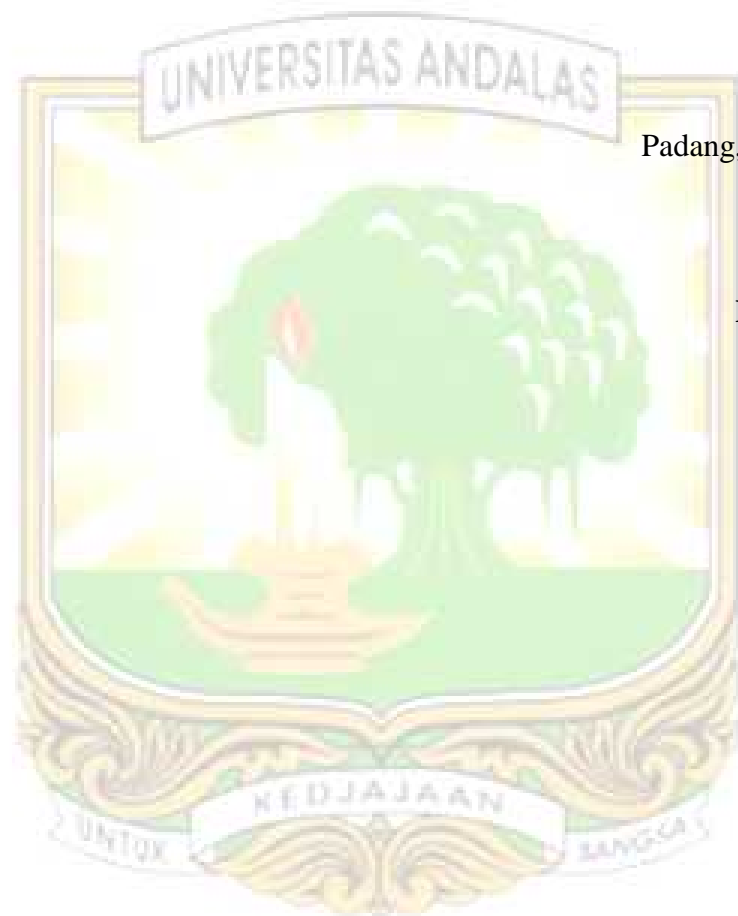
Puji dan syukur Penulis panjatkan kehadiran Allah SWT dan shalawat beriring salam kepada Rasulullah SAW. Pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul **“Pengujian Fluiditas Metode Vakum dengan Variasi Temperatur & Tekanan Menggunakan Material Master Alloy (Al 11% Si)”** sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan tahap sarjana pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Andalas. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. H. Is Prima Nanda, MT, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, perhatian, pengarahan, dan semangat dalam penyelesaian Tugas Akhir.
2. Bapak Dr.Ir. Adjar Pratoto dan Iskandar, MT, selaku dosen pembekalan mata kuliah seminar proposal yang telah memberikan bimbingan dan pembekalan dalam pembuatan Proposal Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ashari Ahmad, ST, MT selaku teknisi dari Universitas Indonesia yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam perakitan dan pengoperasinalan alat uji fluiditas dengan metode vakum
4. Orang tua dan seluruh keluarga yang telah memberikan do'a, motivasi dan bantuan baik moril maupun materil.
5. Seluruh staf pengajar di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Andalas.
6. Seluruh karyawan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Andalas.
7. Teman-teman seperjuangan angkatan 2012 yang telah banyak memberikan bantuan selama proses pendidikan di Jurusan Teknik Mesin Universitas Andalas.
8. Dan semua pihak yang telah banyak membantu dalam menyelsaikan Tugas Akhir yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu.

Penulis berdoa semoga segala bantuan dan dukungan yang telah diberikan mendapat balasan pahala oleh Allah SWT, serta kesuksesan selalu diberikan-Nya kepada kita.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini tidak luput dari kekurangan. Untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang sangat membangun.

Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua, terutama bagi penulis dan lingkungan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Andalas, Aamiin.



Padang, Maret 2017

Penulis

DAFTAR ISI

COVER	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL.....	vii
I. PENDAHULUAN.....	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	4
1.3 Perumusan Masalah.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Masalah.....	5
1.6 <i>Roadmap</i> atau <i>State of The Art</i> Penelitian.....	5
1.7 Sistematika Penulisan.....	6
II. Tinjauan Pustaka	
2.1 Aluminium.....	8
2.2 Sifat-sifat Aluminium.....	8
2.3 Paduan Aluminium (<i>Aluminium Alloy</i>).....	10
2.4 Pengujian Mampu Alir (<i>Fluidity Test</i>).....	10
2.5 <i>Solidification Rate</i> (<i>Range</i> Pembekuan).....	12
2.6 Faktor yang Mempengaruhi Fluiditas	14
III. Metodologi Pemecahan Masalah.....	
3.1 Skematik Penelitian	16
3.2 Tahapan Penelitian	17
3.2.1 Persiapan Alat Uji Fluiditas Metode Vakum	17
3.2.2 Pengujian Fluiditas Metode Vakum Dengan Variasi Temperatur Dan Tekanan Menggunakan <i>Master Alloy</i>	20
IV. Hasil dan Pembahasan.....	
4.1 Analisa Pengujian Fluiditas.....	21

4.2 Hasil Dan Pembahasan.....	25
V Kesimpulan	
5.1 Kesimpulan.....	29
5.2 Saran.....	29



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Komponen Kendaraan Bermotor Roda Empat dan Roda Dua yang Menggunakan Aluminium	3
Gambar 1.2 Pengujian Fluiditas dengan Menggunakan Pompa Vakum	4
Gambar 2.1 Struktur Kristal FCC	9
Gambar 2.2 Skema pengujian fluiditas dengan metode <i>Spiral Mould Test</i>	11
Gambar 2.3 Skema pengujian fluiditas dengan <i>Vacuum Fluidity Test</i>	12
Gambar 2.4 Range Pembekuan Pendek	13
Gambar 2.5 Range Pembekuan Panjang	13
Gambar 2.6 Pengaruh Temperatur Terhadap Nilai Fluiditas Logam Murni	14
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian	16
Gambar 3.2 Generator Vacuum	17
Gambar 3.3 Air Cylinder	18
Gambar 3.4 Gambar Teknik Alat Uji Fluiditas Metode Vakum	19
Gambar 3.5 Pipa Tembaga (a) sebelum (b) setelah diluruskan	19
Gambar 4.1 Alat Uji Fluiditas	21
Gambar 4.2 Tungku Bakar Filamen	22
Gambar 4.3 Thermo Control	22
Gambar 4.4 Pipa Tembaga	23
Gambar 4.5 Air Cylinder	23
Gambar 4.6 Hand Valve	24
Gambar 4.7 Sensor Mekanik dan Limit Switch	24

Gambar 4.8 Pompa Vakum	25
Gambar 4.9 Sampel Uji	25
Gambar 4.10 Grafik Baseline pengujian fluiditas dengan tekanan -30 KPa	27
Gambar 4.11 Grafik Baseline pengujian fluiditas dengan tekanan -25 KPa	27
Gambar 4.12 Grafik Baseline pengujian fluiditas dengan tekanan -20 KPa	28



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Daftar negara berdasarkan produksi kendaraan bermotor di dunia	2
Tabel 2.1 Sifat-sifat fisik Aluminium	9
Tabel 2.2 Sifat-sifat mekanik Aluminium	9
Tabel 2.3 Pengelompokan paduan Aluminium	10
Tabel 4.1 Pengujian fluiditas dengan tekanan -30 Kpa	26
Tabel 4.2 Pengujian fluiditas dengan tekanan -25 Kpa	26
Tabel 4.3 Pengujian fluiditas dengan tekanan -20 Kpa	27



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri otomotif saat ini berkembang sangat pesat, hal ini dilihat dengan banyaknya jumlah variasi kendaraan yang ada dimasyarakat sekarang ini. Tingginya permintaan akan kemudahan mobilitas manusia dalam melakukan aktivitas mempengaruhi perkembangan industri otomotif. Hal ini menunjukkan bahwa industri otomotif mengalami persaingan yang ketat, masalah tersebut di satu sisi adalah peluang (*Opportunity*) bisnis dan sisi lain sebagai ancaman (*Threat*). Industri otomotif agar tetap eksis dipasarnya, maka harus konsisten dengan memahami kebutuhan, keinginan dan selera konsumen. Menurut definisi, industri otomotif ialah merancang, mengembangkan, memproduksi, memasarkan dan menjual kendaraan bermotor.

Data menunjukkan bahwa negara dengan produksi kendaraan bermotor terbesar dan menduduki urutan pertama di dunia adalah China. Jumlah produksinya mencapai angka 18.264 juta unit, pada urutan kedua adalah negara Jepang dengan jumlah produksi kendaraan bermotornya 9.625 juta unit dan selanjutnya pada urutan ketiga adalah negara Amerika Serikat dengan jumlah produksinya 7.761 juta unit. Sedangkan produksi kendaraan bermotor negara Indonesia berada pada peringkat 21 dengan jumlah produksi 702.508 unit.[2]

Daftar negara-negara yang memproduksi kendaraan bermotor di dunia yang tergambar dalam data dibawah ini mencakup data produksi kendaraan penumpang, kendaraan komersial ringan, truk, bus, dan minibus diberikan pada **Tabel 1.1**

Tabel 1.1 Daftar negara berdasarkan produksi kendaraan bermotor di dunia [2]

Urutan	Negara	2010	2005	2000
	Dunia	77.857.705	66.482.439	58.374.162
1	China	18.264.667	5.708.421	2.069.069
	Uni Eropa	17.102.459	18.176.860	17.142.142
2	Jepang	9.625.940	10.799.659	10.140.796
3	Amerika Serikat	7.761.443	11.946.653	12.799.857
4	Jerman	5.905.985	5.757.710	5.526.615
5	Korea Selatan	4.271.941	3.699.350	3.114.998
6	Brasil	3.648.358	2.530.840	1.681.517
7	India	3.536.783	1.638.674	801.36
8	Spain	2.387.900	2.752.500	3.032.874
9	Meksiko	2.345.124	1.624.238	1.935.527
10	Perancis	2.227.742	3.549.008	3.348.361
11	Kanada	2.071.026	2.688.363	2.961.636
12	Thailand	1.644.513	1.122.712	411.721
13	Iran	1.599.454	817.2	277.985
14	Rusia	1.403.244	1.351.199	1.205.581
15	Inggris	1.393.463	1.803.109	1.813.894
16	Turki	1.094.557	879.452	430.947
17	Republik Ceko	1.076.385	602.237	455.492
18	Polandia	869.376	613.2	504.972
19	Italia	838.4	1.038.352	1.738.315
20	Argentina	716.54	319.755	339.632
21	Indonesia	702.508	500.71	292.71
22	Malaysia	567.715	563.408	282.83

Usaha produksi kendaraan bermotor menggunakan berbagai bahan, salah satunya adalah aluminium. Aluminium merupakan unsur terbanyak ketiga yang ada di alam setelah Oksigen dan Silikon. Yaitu sekitar 7,6% dari berat kerak bumi. Aluminium adalah salah satu logam yang termasuk dalam kelompok Boron dalam unsur kimia (Al-13) dengan massa jenis 2,7 gr.cm⁻³ dan jari jari atomnya sebesar 117,6 pikometer (1x10⁻¹⁰ m).

Produksi kendaraan bermotor saat ini banyak menggunakan aluminium karena memiliki sifatnya ringan dan tahan korosi. Penggunaan aluminium

sebagai komponen material otomotif didasarkan penghematan bahan bakar pada kendaraan.

Contoh komponen kendaraan bermotor yang berbahan dasar Aluminium untuk kendaraan roda empat antara lain *wheel cylinder*, *shock absorber*, *power steering*, *manifold* dan lain sebagainya. Dan pada kendaraan roda dua antara lain *break shoe*, *cover thermostat*, *cover cylinder head*, *pipe intake*, dan lain sebagainya.[8]

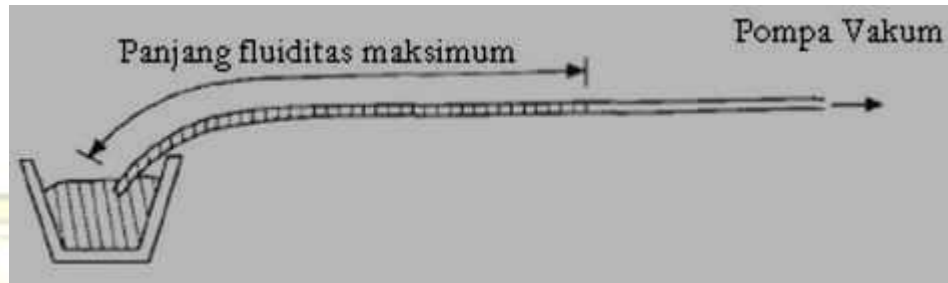


Gambar 1.1 Komponen kendaraan bermotor roda empat dan roda dua yang menggunakan aluminium.[8]

Produksi kendaraan bermotor saat ini mengalami kendala dalam mendapatkan material aluminium dengan kemurnian tinggi dan bebas dari pengotor yang akan merugikan terhadap paduan aluminium. Besi (Fe) adalah salah satu unsur pengotor dari paduan aluminium yang merugikan sifat *castability* yaitu sifat mampu alir (*Fluidity*) dari aluminium tersebut.

Untuk mendapatkan aluminium dengan kemurnian tinggi dan bebas dari pengotor perlu diuji tingkat fluiditasnya. Menurut definisi, fluiditas adalah kemampuan logam cair mengalir dalam cetakan uji sampai berhenti karena terjadi solidifikasi.[1] Pengujian fluiditas telah dilakukan dari tahun 1902 dan telah mengalami perkembangan. Fluiditas dapat diuji dengan beberapa metoda seperti metode spiral, metode vakum dan metode *cross channel*. Pada penelitian ini, akan dilakukan pengujian fluiditas dengan metode vakum (**Gambar 1.2**). Pengujian bertujuan untuk mengamati panjang aliran logam

yang mengalir melalui saluran saat dihisap dari dapur krusibel oleh pompa vakum.



Gambar 1.2 Pengujian fluiditas dengan menggunakan pompa vakum [1]

Pengujian fluiditas aluminium ini menggunakan metode vakum yang akan dilakukan dengan variasi temperatur dan tekanan dengan menggunakan material Master Alloy (Al 11% Si).

1.2 Tujuan Penelitian

- a. Menguji fluiditas aluminium dengan metode vakum yang menggunakan variasi temperatur dan variasi tekanan terhadap tingkat fluiditas aluminium dengan menggunakan material *Master Alloy* (Al 11% Si).
- b. Mendapatkan data atau *baseline* tentang tingkat fluiditas aluminium dari hasil pengujian melalui alat uji fluiditas dengan metode vakum menggunakan material *Master Alloy* (Al 11% Si) dengan variasi temperatur dan tekanan.

1.3 Perumusan Masalah

- a. Melakukan pengujian fluiditas dengan metode vakum yang dilakukan dengan variasi temperatur dan variasi tekanan menggunakan material *Master Alloy* (Al 11% Si).
- b. Mengumpulkan data atau *baseline* tentang tingkat fluiditas aluminium dari hasil pengujian melalui alat uji fluiditas dengan metode vakum yang menggunakan material *Master Alloy* (Al 11% Si) dengan variasi temperatur dan tekanan.

1.4 Manfaat Penelitian

- a. Mendapatkan data atau *baseline* tentang tingkat fluiditas aluminium dari hasil pengujian melalui alat uji fluiditas dengan metode vakum yang menggunakan material *Master Alloy* (Al 11% Si) dengan variasi temperatur dan tekanan.

1.5 Batasan Masalah

- a. Pengujian fluiditas aluminium dengan metode vakum yang menggunakan material *Master Alloy* (Al 11% Si) dengan variasi temperatur dan tekanan.
- b. Pengamatan dan pencatatan data atau *baseline* tentang tingkat fluiditas aluminium dari hasil pengujian melalui alat uji fluiditas dengan metode vakum yang menggunakan material *Master Alloy* (Al 11% Si) dengan variasi temperatur dan tekanan.

1.6 Roadmap dan State of The Art Penelitian

1.6.1 Penelitian Yang Berkaitan dengan Metode Pengujian Fluiditas

Penelitian tentang pengujian fluiditas yang menggunakan metode vakum ini sebelumnya telah dilakukan oleh beberapa peneliti lain. Diantaranya penelitian yang dilakukan oleh M. Di Sabatino dkk, yaitu mengukur fluiditas dari AC2B, AC4B, AC4CH, AC9A, ADC12 dan ADC14 menggunakan metode vakum dan *vertical tube*. Pipa yang mereka gunakan sebagai cetakan adalah *stainless steel* Ø 4,7 mm dan Ø 6,35 mm, tembaga Ø 2,3 dan Ø 4 mm, quartz mm. Pengujian dilakukan dengan variasi derajat *superheat* diantaranya: 0,30; 0,60; 90 dan 120°K dan variasi tekanan (Pa) : 1,33 kPa; 2,67 kPa; 4 kPa; dan 6,67 kPa, dimana Pa adalah tekanan atmosfer dikurangi tekanan yang digunakan. Dari penelitian ini memberikan hasil bahwa pada derajat *superheat* 90°K untuk AC4CH, dari paduan aluminium secara proposional linear dengan akar dari tekanan hisap, sementara fluiditas yang paling tinggi terjadi pada pipa *stainless steel* berdiameter 6,35 mm.[7]

E. Fra , M. Górny, and W. Kapturkiewicz melakukan penelitian pengukuran nilai fluiditas pada aluminium paduan AC4CH menggunakan metode vakum dimana penelitian ini dilakukan dengan variasi jenis pipa diantaranya: pipa quartz, *stainless steel*, dan tembaga yang berdiameter seragam sebesar 4 mm. Hasil

penelitian menjelaskan bahwa semakin tinggi derajat *superheat* akan meningkatkan nilai fluiditas, baik dengan menggunakan pipa tembaga ataupun quartz. Nilai fluiditas yang lebih tinggi didapatkan pada jenis pipa quartz.[9]

Wattachai Prukkanon dan Chaowalit Limmaneevichittr juga telah melakukan penelitian nilai fluiditas pada aluminium A380 dan A356 dengan metode vakum. Pada penelitiannya digunakan pipa quartz dengan \varnothing 7 mm dan \varnothing 9 mm sebagai cetakan. Tekanan diatur konstan pada 5 cmHg dan dilakukan variasi temperatur tuang diantaranya 660°C, 690°C dan 720°C. Didapatkan hasil yang memperlihatkan bahwa semakin tinggi derajat superheat, semakin besar nilai fluiditas yang didapatkan dan nilai fluiditas terbesar didapatkan pada aluminium paduan A380 tanpa modifikasi.[10]

Penelitian dengan metode vakum yang berbeda dilakukan oleh S. Venkateswaran dkk. Dimana penelitian dilakukan dengan metode vakum horizontal tubes. Paduan yang digunakan ialah Al 11,4% Si dengan pipa pyrex 1000 mm dan \varnothing 7 mm yang mana dibagian pangkal pipa dilakukan *bending* dengan radius 100 mm. Pengukuran dihitung pada 5 variasi temperatur, yaitu 600°C, 620°C, 640°C dan 680°C. Hasil dari penelitian ini menjelaskan bahwa fluiditas dari eutektik aluminium silikon meningkatkan secara linear dengan meningkatnya temperatur cair metal. [11]

1.7 Sistematika Penulisan

Dalam penulisannya, tugas akhir ini disusun dalam lima bab:

Bab I Pendahuluan

Pada bab I berisikan pendahuluan yang menjelaskan tentang latar belakang, tujuan penelitian, perumusan masalah, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

Bab II Tinjauan Pustaka

Pada bab II berisikan teori-teori tertulis yang dapat menunjang pembuatan tugas akhir ini.

Bab III Metodologi

Pada bab III berisikan prosedur pengujian.

Bab IV Hasil dan Pembahasan

Pada bab IV berisikan hasil pengujian dan analisa.

Bab V Penutup

Pada bab V berisikan kesimpulan dan saran untuk perkembangan tugas akhir agar menjadi lebih baik.

Daftar Pustaka

Lampiran



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Aluminium

Aluminium pertama kali ditemukan sebagai suatu unsur oleh Sir Humphrey Davy pada tahun 1809. Kemudian pada tahun 1886 Charles Martin Hall dan Oaul Heroult menemukan logam aluminium yang diperoleh dari alumina dengan cara elektrolisa. [5]

Aluminium merupakan logam dengan unsur kimia golongan IIIA dengan nomor atom 13 dan berat atom 26,98 gram per mol. Aluminium merupakan logam ringan dengan ketahanan korosi dan hantaran listrik (konduktor) yang baik. Logam aluminium memiliki banyak sifat unggul, sifat-sifat tersebut menjadikan aluminium sebagai logam yang ekonomis dalam pengaplikasiannya dan logam banyak digunakan. Sebagai contoh pada bidang industri otomotif, banyak komponen-komponen kendaraan roda empat maupun roda dua yang menggunakan paduan aluminium saat sekarang ini.

2.2 Sifat-Sifat Aluminium

Penggunaan aluminium dalam dunia industry semakin meningkat, menyebabkan pengembangan sifat dan karakteristik aluminium akan terus ditingkatkan. Aluminium memiliki struktur kristal FCC (*Face Centered Cubic*) **Gambar 2.1**, aluminium memiliki sifat keuletan yang tinggi yang menyebabkan logam ini mempunyai sifat mampu bentuk yang baik. Aluminium memiliki kekurangan seperti kekerasan dan kekuatan bila dibandingkan dengan logam lain seperti baja dan besi. Aluminium merupakan logam ringan dengan densitas $2,7 \text{ g/cm}^3$. [5]

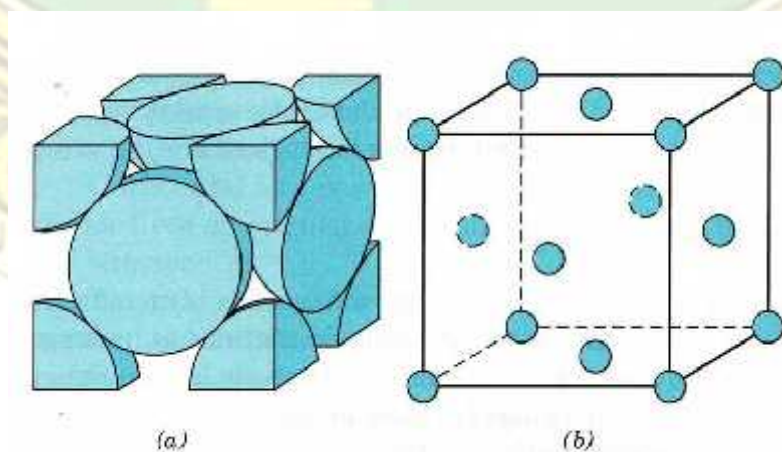
Selain itu aluminium memiliki sifat yang baik dan bila dipadukan dengan logam lain dapat menghasilkan sifat-sifat baru. Adapun sifat-sifat aluminium antara lain: ringan, tahan korosi, penghantar listrik dan panas yang baik. Sifat fisik dan sifat mekanik dari aluminium dapat dilihat pada **Tabel 2.1** dan **Tabel 2.2**:

Tabel 2.1 Sifat-sifat fisik Aluminium [5]

Sifat-Sifat	Kemurnian Aluminium (%)	
	99,996	>99,0
Massa jenis (20°C)	2,6968	2,71
Titik cair	660,2	653-657
Panas jenis (cal/g · °C) (100°C)	0,2226	0,229
Tahanan listrik (%)	64,94	59
Hantaran listrik koefisien temperature (1°C)	0,00429	0,0115
Koefisien pemuaian (20 - 100°C)	$23,86 \times 10^{-6}$	$23,5 \times 10^{-6}$
Jenis Kristal, konstanta kisi	<i>fcc,a</i> 4,013 kX	<i>fcc,a</i> 4,04 kX

Tabel 2.2 Sifat-sifat mekanik Aluminium [5]

Sifat-sifat	Kemurnian Aluminium (%)			
	99,996		>99,0	
	Dianil	75% ditrol dingin	Dianil	III18
Kekuatan tarik (kg/mm ²)	4,9	11,6	9,3	16,9
Kekutan mulur (0,2%) (kg/mm ²)	1,3	11,0	3,5	14,8
Perpanjangan (%)	48,8	5,5	35	5
Kekerasan Brinell	17	27	23	44

**Gambar 2.1** Struktur Kristal FCC [5]

2.3 Paduan Aluminium (*Aluminium Alloy*)

Paduan ialah kombinasi dari dua atau lebih jenis logam, yang mana kombinasi ini dapat berupa campuran dari dua struktur kristalin. Paduan juga dapat disebut sebagai larutan padat dalam logam. Paduan berfungsi memperbaiki karakteristik yang dimiliki oleh aluminium seperti sifat mekanis, ketahanan korosi (*corrosion resistance*), sifat mampu cor (*castability*), ketahanan retak (*hot tear resistance*), sifat mampu las (*weld ability*) dan sifat mampu mesin (*machine ability*). Pengelompokan aluminium dapat dilihat pada **Tabel 2.3**:

Tabel 2.3 Pengelompokan paduan Aluminium [5]

<i>Designation</i>	<i>Wrought</i>	<i>Cast</i>
<i>Aluminium, 99.00% minimum and greater</i>	1xxx	1xx.x
<i>Aluminium alloy grouped by major alloying elements:</i>		
<i>Copper</i>	2xxx	2xx.x
<i>Manganese</i>	3xxx	-
<i>Silicon, with added copper and/or magnesium</i>	-	3xx.x
<i>Silicon</i>	4xxx	4xx.x
<i>Magnesium</i>	5xxx	5xx.x
<i>Magnesium and silicon</i>	6xxx	-
<i>Zinc</i>	7xxx	7xx.x
<i>Tin</i>	-	8xx.x
<i>Other element</i>	8xxx	9xx.x
<i>Unused series</i>	9xxx	6xx.x

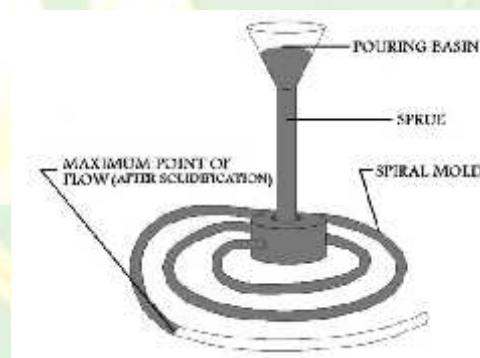
2.4 Pengujian Mampu Alir (*Fluidity Test*)

Penuangan merupakan elemen penting dalam proses pengecoran logam dan tujuan utama penuangan adalah untuk membuat logam mengalir ke seluruh cetakan sebelum terjadinya pembekuan. Kemampuan logam mengalir ke dalam

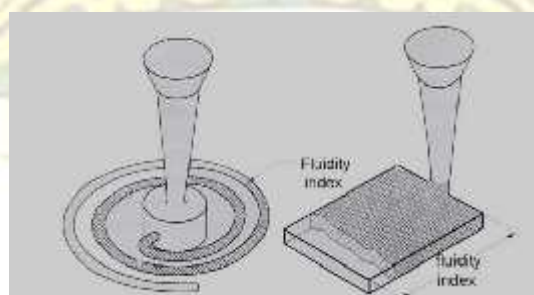
cetakan sebelum membeku sangat dipertimbangkan pada proses pengecoran logam.

Fluiditas ialah kemampuan alir logam cair pada temperatur dan dalam cetakan sebelum berhenti akibat adanya pembekuan.[3] Pengujian fluiditas telah dilakukan pada tahun 1902 dan telah mengalami perkembangan sampai saat ini. Pengujian fluiditas dapat dilakukan dengan beberapa metode antara lain: *Spiral Mould Test* dan *Vacuum Fluidity Test*.

Spiral Mould Test merupakan metode pengujian fluiditas dengan menggunakan cetakan berbentuk spiral. Geometri dari cetakan spiral berfungsi untuk membatasi aliran logam cair melalui panjang spiralnya, semakin tinggi nilai mampu alir (fluiditas) yang dimiliki logam cair maka semakin jauh logam cair tersebut mengisi cetakan spiral sebelum terjadinya pembekuan. Skema pengujian fluiditas dengan menggunakan metode *Spiral Mould Test* dapat dilihat pada **Gambar 2.2a dan Gambar 2.2b**.



(a)

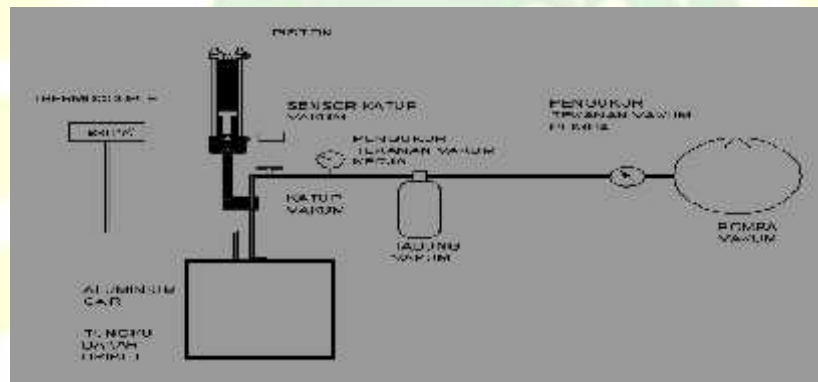


(b)

Gambar 2.2 Skema pengujian fluiditas dengan metode Spiral Mould Test.[1]

Kelemahan pada pengujian Spiral Mould Test ialah masalah dalam memperoleh standard keadaan logam cair yang sesungguhnya. Hal ini telah diatasi dengan berbagai system aliran logam untuk mengatur tekanan alir dan peralatan penuangan dengan kecepatan yang konstan yang bertujuan untuk memastikan bahwa logam cair memiliki kecepatan seragam saat penuangan.

Vacuum Fluidity Test merupakan metode pengujian yang dikembangkan setelah Spiral Mould Test. Metode ini dikembangkan untuk mengatasi proses penuangan dalam hal kecepatan konstan dan kecepatan seragam logam cair saat penuangan. Pada alat ini logam cair mengalir melalui sebuah saluran yang terbuat dari *pyrex*, tembaga atau *stainless steel* yang didorong oleh tekanan vakum. Skema pengujian fluiditas dengan metode vakum dapat dilihat pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2.3 Skema pengujian fluiditas dengan *Vacuum Fluidity Test*. [1]

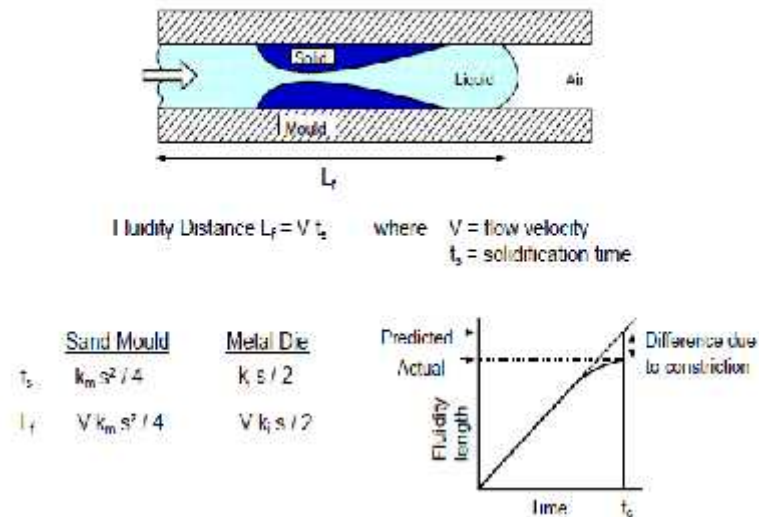
2.5 Solidification Rate (Range Pembekuan)

Proses solidifikasi dendrit yang tebal pada ujung aliran pencairan logam dapat memperlambat aliran pencairan logam bahkan sampai menghentikan aliran pencairan tersebut. Oleh sebab itu karakteristik solidifikasi dari logam dapat menjabarkan kerja dari teori fluiditas.

a. *Short Freezing Range Alloy* (Range Pembekuan Pendek)

Aliran logam paduan dengan *range* pembekuan pendek solidifikasinya dimulai dari bagian dinding menuju ke tengah logam cair (**Gambar 2.4**) Pada bagian ini mengalami *remelting* secara terus-menerus

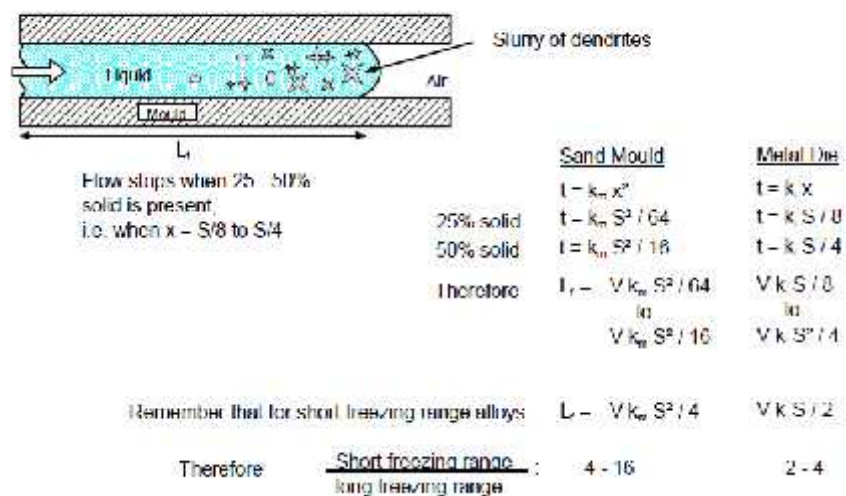
hingga bagian yang membeku bertemu di kedua sisinya. Dan saat kondisi ini tercapai aliran berhenti.[1]



Gambar 2.4 Range Pembekuan Pendek.[1]

b. Long Freezing Range Alloy (Range Pembekuan Panjang)

Proses solidifikasi aliran logam paduan dengan range pembekuan panjang berada pada bagian depan, dan berbentuk dendritik (Gambar 2.5). Hal ini dikarenakan terjadi turbulensi pada bagian belakang aliran yang menyebabkan lengan-lengan dendrit yang telah membeku mengalami remelting dan membentuk fasa lumpur berupa serpihan dendrit. Adanya serpihan-serpihan ini akan menghalangi laju aliran hingga berhenti.[1]



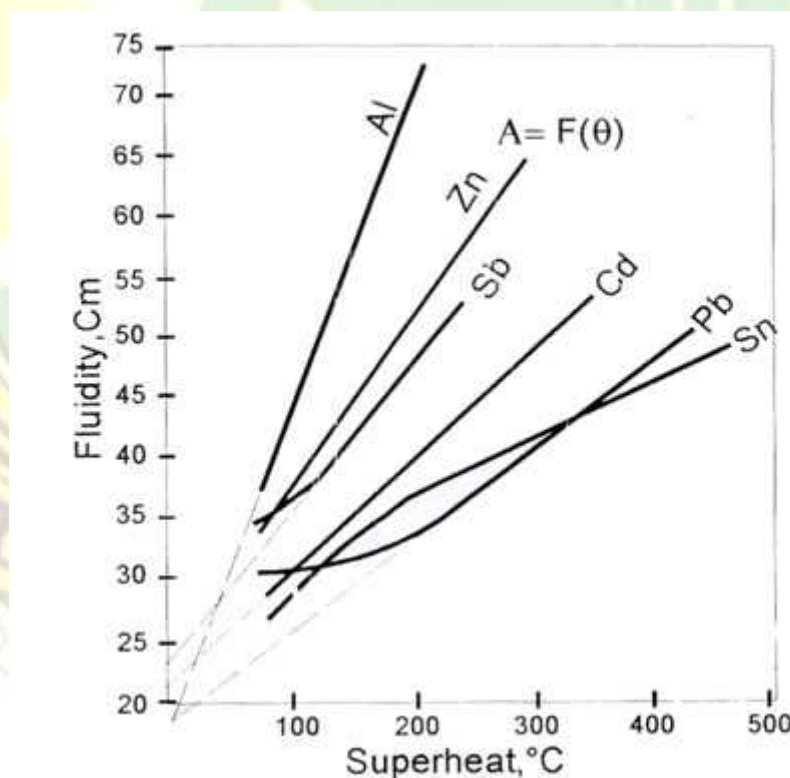
Gambar 2.5 Range Pembekuan Panjang.[1]

2.6 Faktor yang Mempengaruhi Fluiditas

Yang dapat mempengaruhi nilai fluiditas adalah kondisi *casting* dan intrinsik cairan. Kondisi casting terdiri dari faktor cetakan, desain cetakan, karakteristik dari permukaan cetakan, material cetakan, laju penuangan dan pengukuran fisik dinamika fluida dari sistem. Intrinsik cairan terdiri dari viskositas, karakteristik dari permukaan lapisan oksida pada permukaan, kandungan inklusi dan komposisi material. Namun selain dari faktor tersebut, fluiditas juga dipengaruhi oleh komposisi dan temperatur.

a. Temperatur

Merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi sifat fluiditas. Nilai fluiditas dari suatu logam ataupun paduannya, memiliki hubungan dengan temperatur *superheat*. Derajat *superheat* menentukan kuantitas panas yang dilepas sebelum proses solidifikasi. Pengaruh temperatur terhadap fluiditas pada beberapa logam murni diperlihatkan pada **Gambar 2.6**. [6]



Gambar 2.6 Pengaruh temperatur terhadap nilai fluiditas logam murni. [6]

b. Komposisi

Selain temperatur, komposisi merupakan faktor utama yang mempengaruhi nilai fluiditas logam cair. Nilai fluiditas tinggi pada logam cair biasanya ditemukan pada logam murni dan paduan di titik eutektik, sedangkan pada logam yang memiliki sifat membeku yang lama mempunyai nilai fluiditas yang rendah.[6]

c. Viskositas

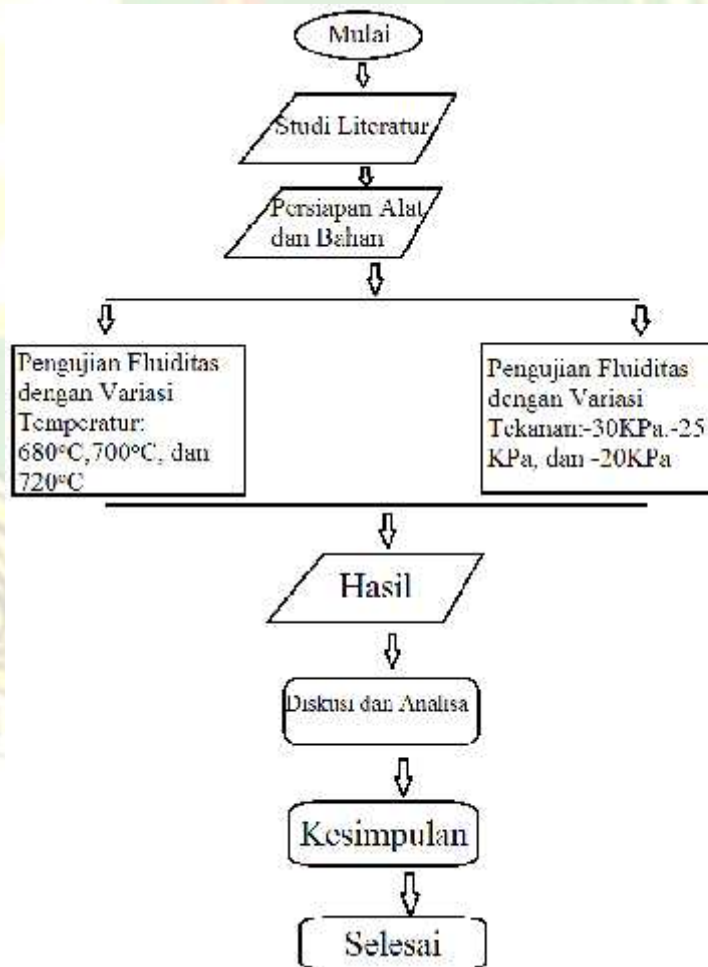
Berdasarkan pengertiannya, viskositas merupakan pengukuran dari ketahanan fluida yang dapat diubah baik melalui tekanan maupun tegangan. Nilai kekentalan (viskositas) dan nilai mampu alir (fluiditas), saling bertolak belakang. Makin tinggi nilai viskositas, menunjukkan bahwa cairan semakin kental/menuju arah fasa padat dan sebaliknya. Fenomena ini terjadi dikarenakan pada fasa padat atom-atom logam membentuk ikatan yang semakin stabil sebab vibrasi atom semakin berkurang, hal ini berkaitan dengan penurunan temperatur pada logam. Jika temperatur tinggi ikatan atom dari logam tersebut melemah sehingga memudahkan gerakan atom dalam logam cair tersebut. Pergerakan atom ini mengakibatkan penurunan nilai viskositas, namun nilai fluiditas akan meningkat.[6]

BAB III

METODOLOGI

3.1 Skematik Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan. Pada tahap pertama dimulai dari studi literatur, yang diperoleh dari beberapa buku referensi, jurnal-jurnal dan hasil penelitian beberapa peneliti sebelumnya. Pada tahap kedua dilakukan persiapan alat dan bahan pengujian fluiditas metode vakum. Kemudian dilanjutkan dengan pengujian fluiditas aluminium metode vakum yang dilakukan dengan variasi temperatur dan variasi tekanan menggunakan material *Master Alloy* (Al 11% Si). Setelah pengujian selesai dilakukan maka akan didapatkan data atau *baseline* tentang tingkat fluiditas aluminium dan hasilnya akan dilampirkan dalam bentuk laporan hasil penelitian tugas akhir ini.



Gambar 3.1 Flowchart Penelitian

3.2 Tahapan Penelitian

3.2.1 Persiapan Alat Uji Fluiditas Metode Vakum

Kemampuan mengisi rongga cetakan dan terutama cetakan yang memiliki celah sempit dan tipis, disebut dengan sifat mampu alir (fluiditas) yang merupakan salah satu sifat yang diinginkan pada paduan aluminium. Fluiditas dapat diuji dengan beberapa metoda seperti metode spiral, metode vakum dan metode *cross channel*. Dari penelitian yang telah dilakukan umumnya menggunakan metode spiral yang dikarenakan lebih sederhana dan murah, tetapi memiliki kelemahan pada pengujian fluiditas logam cair yang tergantung pada kecepatan dan tinggi penuangan. Oleh karena itu pada penelitian ini dirancang alat uji fluiditas dengan metode vakum yang memiliki keunggulan yaitu ketepatan pengukuran nilai fluiditas dan pengukuran ketepatan tuang.

Rangkaian alat uji fluiditas metode vakum ini memiliki komponen-komponen utama antara lain:

a. *Generator Vacuum*

Generator Vacuum memiliki fungsi untuk membangkitkan tekanan vakum dibawah atm, sehingga dapat mengkondisikan besaran tekanan tertentu pada vacuum chamber untuk nantinya dialirkan ke pipa sebagai cetakan. Terdapat dua katup otomatis pada Generator Vacuum yang berfungsi mengalirkan tekanan ke pipa. Kedua pipa tersebut akan membuka ketika saat ada sesuatu yang mengenai sensor ketinggian. *Generator Vacuum* dapat dilihat pada **Gambar 3.2**.



Gambar 3.2 *Generator Vacuum*

b. Vacuum Chamber

Vacuum Chamber merupakan komponen yang berfungsi menjaga tekanan pada keadaan vakum tertentu tetap konstan. Sebelum penggunaannya, alat ini perlu dikalibrasi dengan menggunakan *pressure calibration* agar didapat tekanan vakum yang konstan saat penggunaan.

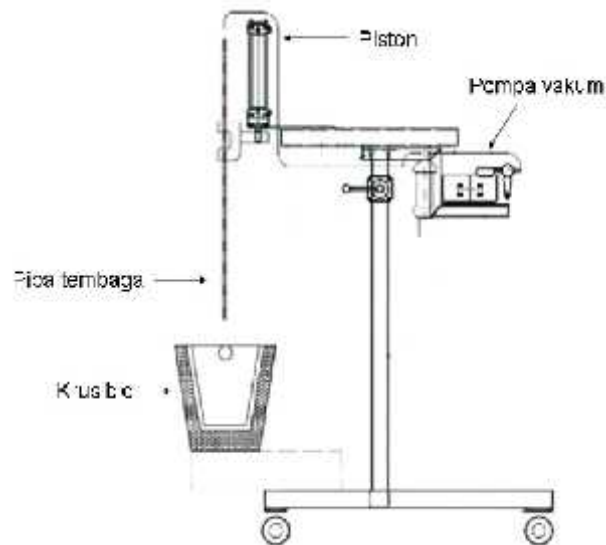
c. Air Cylinder

Air Cylinder memiliki fungsi untuk membantu turun naiknya pipa tembaga ke/dari dalam aluminium cair. Adapun kompresor sebagai komponen pendukung dengan fungsi menyuplai angin untuk menggerakkan piston. Dan lengan piston untuk menjaga turun naiknya pipa pada piston. *Air Cylinder* terlihat pada

Gambar 3.3



Gambar 3.3 *Air Cylinder*



Gambar 3.4 Gambar teknik alat uji fluiditas metode vakum [4]

Pada penelitian ini cetakan yang digunakan untuk menghisap aluminium cair dari dapur krusibel digunakan pipa tembaga seperti, terlihat pada **Gambar 3.5**



Gambar 3.5 Pipa Tembaga (a) sebelum (b) setelah diluruskan

Pada alat pengujian mampu alir (fluiditas) terdapat dua sistem, pertama sistem vakum dan sistem hidrolik. Dimana sistem vakum berfungsi memberikan tekanan vakum oleh *generator vacuum* didalam *vacuum chamber* yang kemudian akan menghisap aluminium cair masuk mengisi pipa cetakan. Sedangkan sistem hidrolik berfungsi menggerakkan air cylinder yang kemudian akan menggerakkan pipa naik atau turun. Saat pipa telah turun, maka sensor ketinggian pada katup tekanan akan memberikan sinyal sehingga katup tekanan terbuka secara otomatis kemudian terjadi tarikan aluminium cair kedalam pipa.

Pada saat pengujian, pengambilan sampel dilakukan semi otomatis yang mana piston akan menurunkan pipa tembaga yang berfungsi sebagai cetakan aliran logam cair ke krusibel dengan kedalaman tertentu. Dengan menekan tuas pada alat uji fluiditas dengan metode vakum, pipa akan bergerak kebawah dengan sistem hidrolik. Kemudian saat pipa masuk kedalam aluminium cair, sensor akan tertekan dan vakum akan menghisap aluminium cair dengan tekanan yang telah diatur. Proses ini dilakukan konstan dalam waktu 3 detik untuk setiap sampel untuk menghindari pipa tidak ikut melebur. Dalam waktu 3 detik operator akan menaikkan piston melalui *hand valve* untuk mengamati panjang fluiditas dari logam cair.

3.2.2 Pengujian Fluiditas Metode Vakum dengan Variasi Temperatur dan Tekanan Menggunakan Material *Master Alloy* (Al 11% Si)

Dalam menguji fluiditas digunakan metode vakum dengan Material *Master Alloy* (Al 11% Si). Pengujian ini bertujuan untuk melihat tingkat fluiditas aluminium yang dilakukan melalui alat uji fluiditas metode vakum.

Pengujian fluiditas ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

3.2.2.1 Variasi Temperatur dan Tekanan

Dari hasil rancangan alat uji fluiditas dengan metode vakum yang telah dibuat, maka dilakukan pengujian dengan parameter-parameter uji seperti: variasi temperatur tuang logam dan variasi tekanan vakum yang digunakan.

Pengujian ini menggunakan pipa tembaga, dengan dimensi panjang : 800 mm, diameter luar: 8 mm dan diameter dalam: 5 mm. Untuk variasi tekanan yang digunakan ialah -20 , -25 dan -30 KPa dengan temperatur tuang 680°, 700°, dan 720°C.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Pengujian Fluiditas

Pengujian fluiditas metode vakum dengan menggunakan variasi temperatur dan tekanan ini dilihat dari gambaran hasil penelitian terhadap uji coba fluiditas aluminium. Nantinya data-data yang diperoleh akan membentuk sebuah grafik yang membandingkan nilai panjang aluminium yang mampu masuk ke dalam cetakan (*the value of fluidity*) dengan jumlah pengambilan sampel.

Alat uji fluiditas metode vakum yang digunakan dalam penelitian ini akan diamati proses dan hasil kerjanya, terlihat pada **Gambar 4.1**.



Gambar 4.1 Alat uji fluiditas metode vakum

Pengujian fluiditas metode vakum ini diawali dengan melakukan peleburan material *master alloy* (Al 11% Si) melalui tingkat pemanasan yang bertahap. Tingkat pemanasan peleburan pertama diatur pada temperatur 150°C, setelah tercapai pada tingkat pemanasan tersebut dilakukan *holding* selama 10 menit, kemudian tingkat pemanasan dinaikkan menjadi 350°C dan setelah tercapai dilakukan *holding* selama 5 menit. Selanjutnya tingkat pemanasan diatur pada temperatur 450°C dan jika sudah tercapai dilakukan *holding* selama 5 menit,

kemudian dinaikkan menjadi temperatur 600°C setelah tercapai dilakukan holding selama 5 menit, kemudian temperatur diatur lagi menjadi 650°C setelah tercapai juga dilakukan holding selama 5 menit. Terakhir diatur pada temperatur 750°C dan dilakukan holding hingga material *master alloy* (Al 11% Si) melebur. Proses ini dilakukan dengan menggunakan tungku bakar filamen, **Gambar 4.2** dan pengaturan temperatur dengan menggunakan *thermo control*, **Gambar 4.3**



Gambar 4.2 Tungku bakar filament



Gambar 4.3 Thermo control

Setelah material *master alloy* (Al 11% Si) melebur, tahapan selanjutnya diukur temperaturnya dengan menggunakan termokopel. Pengambilan data dilakukan pada temperatur aluminium 680°C, 700°C, dan 720°C, masing-masing sampel dihisap ke dalam pipa tembaga sebagai cetakan, **Gambar 4.4** yang kemudian digantungkan pada *air cylinder*, **Gambar 4.5**.



Gambar 4.4 Pipa tembaga



Gambar 4.5 *Air Cylinder*

Pengaturan naik turun *air cylinder* menggunakan *hand valve*, **Gambar 4.6**. Jika tuas *hand valve* digeser ke kanan maka *air cylinder* bergerak turun. Saat *air cylinder* turun sensor mekanik akan mengenai *limit switch*, **Gambar 4.7** sehingga pipa akan menghisap *master alloy* (Al 11% Si) yang telah lebur, dengan variasi tekanan yang diatur pada pompa vakum, **Gambar 4.8**. Selang waktu 3 detik tuas *hand valve* digeser ke kiri sehingga *air cylinder* bergerak naik. Proses ini menghasilkan satu sampel uji. **Gambar 4.9**.



Gambar 4.6 *Hand Valve*



Gambar 4.7 Sensor Mekanik dan *Limit Switch*



Gambar 4.8 Pompa Vakum



Gambar 4.9 Sampel Uji

4.2 Hasil dan Pembahasan

Pada pengujian fluiditas metode vakum dengan variasi tekanan -30 Kpa dilakukan pengujian dengan variasi temperatur yaitu temperatur 680°C, 700°C dan 720°C

dilakukan tiga kali pengambilan sampel. Nilai sampel dihitung dari panjang aluminium cair yang mampu mengisi pipa tembaga dengan panjang 800 mm sebagai cetakan yang ditandai dengan perubahan warna dari pipa tembaga tersebut. Dari pengujian yang dilakukan didapat nilai pengujian yang terdapat pada ini. Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Pengujian fluiditas pada tekanan -30 KPa

Temp (C)	Ketinggian / nilai Fluiditas (mm) Pada tekanan -30 KPa		
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
680	200	205	202
700	228	230	230
720	248	248	250

Pada pengujian fluiditas metode vakum dengan variasi tekanan -25 Kpa dilakukan pengujian dengan variasi temperatur yaitu temperatur 680°C, 700°C dan 720°C dilakukan tiga kali pengambilan sampel. Dari pengujian yang dilakukan didapatkan nilai pengujian yang dapat dilihat pada. Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Pengujian fluiditas pada tekanan -25 KPa

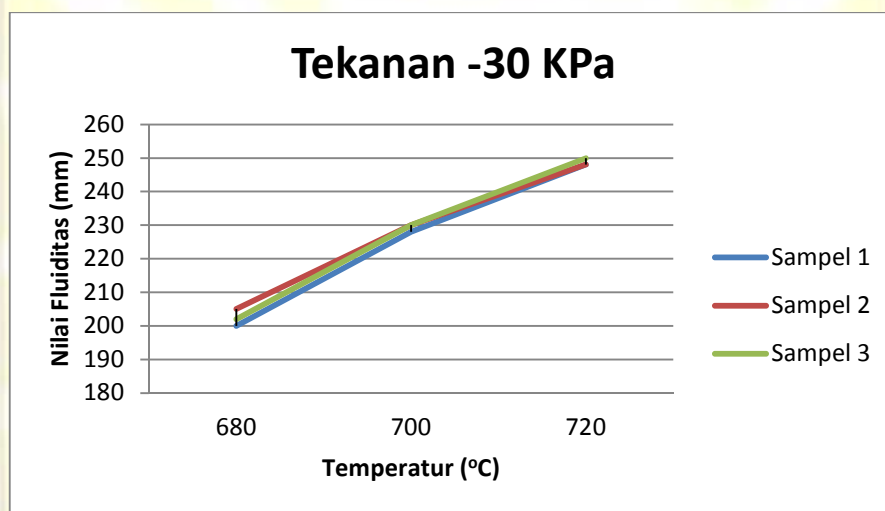
Temp (C)	Ketinggian / nilai Fluiditas (mm) Pada tekanan -25 KPa		
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
680	163	161	163
700	194	193	193
720	223	225	224

Dan pada pengujian fluiditas metode vakum dengan variasi tekanan -20 Kpa dilakukan pengujian dengan variasi temperatur yaitu temperatur 680, 700 dan 720°C dilakukan tiga kali pengambilan sampel. Dari pengujian yang dilakukan didapatkan nilai pengujian yang terdapat pada. Tabel 4.3.

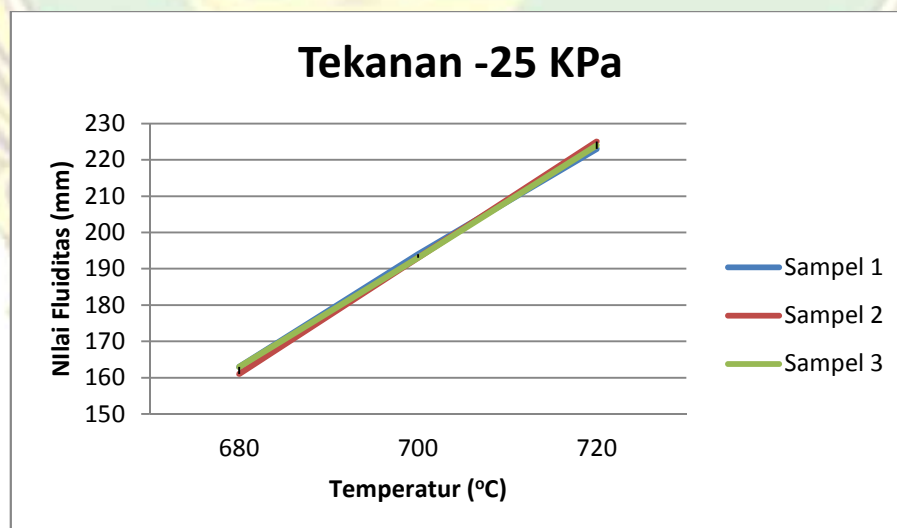
Tabel 4.3 Pengujian fluiditas pada tekanan -20 KPa

Temp (C)	Ketinggian / nilai Fluiditas (mm) Pada tekanan -20 KPa		
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
680	130	128	131
700	165	163	166
720	195	197	195

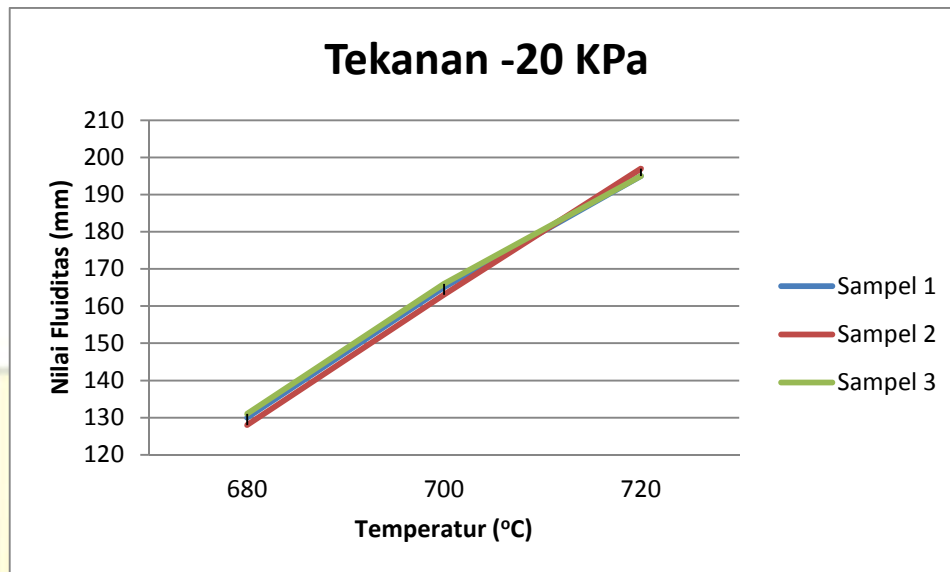
Berdasarkan data dari tabel hasil pengujian di atas, dapat dibuat grafik yang bisa digunakan sebagai data atau baseline hasil penelitian.



Gambar 4.10 Grafik Baseline pengujian fluiditas dengan tekanan -30 KPa



Gambar 4.11 Grafik Baseline pengujian fluiditas dengan tekanan -25 KPa



Gambar 4.12 Grafik Baseline pengujian fluiditas dengan tekanan -20 KPa

Dari pengujian yang dilakukan dapat dilihat bahwa data yang dihasilkan sesuai dengan yang diharapkan, dalam artian didapat gambaran tentang tingkat fluiditas aluminium. Hasil penelitian ini dapat dijadikan pedoman bagi yang ingin melanjutkan penelitian tentang sifat sifat fluiditas dari *master alloy* (Al 11% Si)

BAB V KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Pada pengujian fluiditas metode vakum dengan variasi temperatur dan tekanan menggunakan material *master alloy* (Al 11% Si) ini, membuktikan bahwa adanya perbedaan tingkat fluiditas aluminium jika diuji dengan menggunakan variasi temperatur dan tekanan.
2. Dari hasil pengujian fluiditas metode vakum ini didapat grafik *baseline* dari material *master alloy* (Al 11% Si), yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya.

5.2 Saran

Dari rangkaian penelitian yang dilakukan, maka dapat diberikan saran untuk penelitian selanjutnya agar menjadi lebih baik:

1. Pengujian fluiditas metode vakum dapat dilakukan dengan lebih banyak pengambilan sampel sehingga gambaran tingkat fluiditas yang didapatkan akan lebih banyak.
2. Pengujian fluiditas metode vakum dapat dilakukan dengan menggunakan material *master alloy* (Al 7% Si) agar didapat perbandingan hasil
3. Pada saat pengujian dilakukan, pastikan semua komponen penyusun dengan kondisi baik, dapat bekerja dan mampu menghasilkan data.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. A. Campbell, J, dan Harding, "The Fluidity of Molten Metals", Training in Aluminium Application Technologies," *Fluidity Molten Met. Train. Alum. Appl. Technol. (Talat) Lect. 3205, pp.2-4, 1994.*
- [2] International Organization of Motor Vehicle Manufacturers (OICA), "World Motor Vehicle Production by Country and Type, 2011," vol. 2013, no. May 7, p. 2010, 2011.
- [3] R. A. Harding, "Aluminium : Physical Properties , Characteristics and Alloys 1501 Aluminium : Physical Properties , Characteristics and Alloys," 1994.
- [4] S. Harjanto, "KUALITAS INGOT PADUAN ALUMINIUM DI INDUSTRI," 2007.
- [5] J. G. Kaufman, *Aluminium Alloys Casting Properties, Processes, and Applications*. United States of America: American Foundry Society, 1931.
- [6] K. R. Ravi, R. M. Pillai, K. R. Amaranathan, B. C. Pai, and M. Chakraborty, "Fluidity of aluminum alloys and composites : A review," vol. 456, pp. 201–210, 2008.
- [7] M. Di Sabatino, "Fluidity of aluminium foundry alloys," no. September, 2005.
- [8] T. S. Dewayana, D. Sugiarto, and D. Hetharia, "Peluang dan Tantangan Industri Komponen Otomotif Indonesia."
- [9] E. Fra , M. Górný, and W. Kapturkiewicz, "Thin Wall Ductile Iron Castings : Technological Aspects," vol. 13, no. 1, pp. 23–28, 2013.
- [10] C. L. Wattanachai Prukkanon, *The Effect of Scandium on Fluidity of Aluminium Silikon Alloys Casting*, 9th ed. Hanoi-Vietnam: Asian Foundry Congress, 2005.
- [11] M. S. S.Venkateswaran, RM Mallya, *Effect of Trace Element on the Fluidity of Eutectic Al-Si Alloy Using the Vacuum Suction Technique*. Bangalore: Indian Institute of Science, 2006.
- [12] Drs. Rizal Sani, *Pengolahan Logam*. Bandung: PPPG Teknologi Bandung, 1997.