

**PENGARUH VARIASI FRAKSI BERAT FLUKS NaF, MgCl<sub>2</sub>  
TERHADAP METAL CONSUMPTION DAN KEKUATAN TARIK  
ALUMINIUM PADUAN AA 6061 BE**

**SKRIPSI**

Konsentrasi Teknik Produksi

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**



Disusun oleh :  
**HENDRYCK ANDHIKA ELHANA**  
NIM 0510622014

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN MESIN  
MALANG**

**2009**

## LEMBAR PERSETUJUAN

### PENGARUH VARIASI FRAKSI BERAT FLUKS NaF, MgCl<sub>2</sub> TERHADAP *METAL CONSUMPTION* DAN KEKUATAN TARIK ALUMINIUM PADUAN AA 6061 BE

#### SKRIPSI

Konsentrasi Teknik Produksi

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Disusun oleh :

**HENDRYCK ANDHIKA ELHANA**  
NIM 0510622014

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. Winarno Y. A, M.T  
NIP. 131 280 655

Ir. Endi Sutikno, M.T.  
NIP. 131 756 002

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PENGARUH VARIASI FRAKSI BERAT FLUKS NaF, MgCl<sub>2</sub>  
TERHADAP METAL CONSUMPTION DAN KEKUATAN TARIK  
ALUMINIUM PADUAN AA 6061 BE**

**SKRIPSI**

Konsentrasi Teknik Produksi

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh :

**HENDRYCK ANDHIKA ELHANA**  
NIM 0510622014

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus  
pada tanggal 12 Februari 2009

Skripsi 1

Skripsi 2

Ir. Pratikto, M.MT.  
NIP.130 928 864

Ir. Masduki, MM.  
NIP.130 350 754

**Komprehensif**

Ir. Suharto, M.T.  
NIP. 131 131 025

Mengetahui  
**Ketua Jurusan Teknik Mesin**

Dr. Slamet Wahyudi, S.T., M.T.  
NIP. 132 159 708

## PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena hanya dengan limpahan rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Variasi Fraksi Berat Fluks Naf,  $MgCl_2$  Terhadap *Metal Consumption* Dan Kekuatan Tarik Aluminium Paduan AA 6061 BE”**.

Skripsi ini dibuat oleh penulis sebagai salah satu persyaratan bagi mahasiswa jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Atas dukungan dan bantuan dari banyak pihak, penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan, untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT. selaku Ketua Jurusan Mesin.
2. Bapak Ir. Tjuk Oerbandono, MSc., CSE. selaku Sekretaris Jurusan Mesin.
3. Bapak Ir. Marsoedi Wirohardjo, MT. selaku Ketua Kelompok Konsentrasi Produksi.
4. Bapak. Ir. Winarno Yahdi Atmodjo, MT. selaku dosen pembimbing I.
5. Bapak Ir. Endi Sutikno, MT. selaku dosen pembimbing II.
6. Bapak Yudi Surya Irawan, ST., M.Eng., Dr.Eng., selaku Kepala Lab. Pengecoran Jurusan Mesin.
7. Bapak Ir. Sugiarto, MT., selaku Kepala Lab. Material Jurusan Mesin.
8. Seluruh staf pengajar Jurusan Teknik Mesin.
9. Seluruh staf administrasi Jurusan Teknik Mesin dan staf Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
10. Keluarga tercinta yang selama ini telah memberi dukungan baik.
11. Rekan-rekan mahasiswa SAP 05 Teknik Mesin yang secara langsung maupun tidak langsung ikut membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Dengan keterbatasan ilmu yang penulis miliki, tentunya skripsi ini masih jauh dari sempurna sehingga memerlukan banyak masukan. Untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi kesempurnaannya. Semoga skripsi ini bisa bermanfaat bagi pembaca.

Malang, Januari 2009

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
<b>PENGANTAR</b> .....	i
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	viii
<b>RINGKASAN</b> .....	ix
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1 Penelitian Sebelumnya .....	4
2.2 Teori Dasar Pengecoran .....	5
2.2.1 Pengertian Pengecoran Logam .....	5
2.2.2 Macam Pengecoran Logam .....	6
2.3 Pengecoran dengan Cetakan Logam .....	9
2.4 Aluminium .....	10
2.5 Aluminium Paduan .....	11
2.5.1 Paduan Aluminium Tempa ( <i>Wrough Alluminium Alloys</i> ) .....	12
2.5.2 Paduan Aluminium Cor ( <i>Alluminium Casting Alloys</i> ) .....	12
2.6 Unsur Paduan dan Pengaruhnya .....	13
2.7 <i>Dross</i> .....	14
2.8 Absorpsi Gas .....	15
2.9 Fluk .....	15
2.9.1 Macam-macam Fluk .....	16
2.9.2 Komposisi Fluk .....	17
2.9.3 Metode Pemberian Fluk .....	19
2.9.4 Pengaruh Fluk terhadap Aluminium Paduan .....	19
2.10 <i>Metal Consumption</i> .....	20



2.11 Kekuatan Tarik .....	21
2.12 Hipotesa .....	22
<b>III. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>23</b>
3.1 Metode Penelitian .....	23
3.2 Variabel Penelitian .....	23
3.2.1 Variabel bebas .....	23
3.2.2 Variabel tergantung .....	23
3.2.3 Variabel terkontrol .....	23
3.3 Tempat Penelitian .....	23
3.4 Peralatan dan Bahan .....	24
3.4.1 Peralatan.....	24
3.4.2 Bahan .....	26
3.5 Tahapan Penelitian .....	26
3.6 Metode Pengujian .....	27
3.6.1 Pengujian <i>Metal Consumption</i> .....	27
3.6.2 Pengujian Kekuatan Tarik.....	27
3.7 Rancangan Penelitian .....	28
3.7.1 Analisa Varian Satu Arah.....	29
3.8 Diagram Alir Penelitian .....	31
<b>IV. PEMBAHASAN .....</b>	<b>32</b>
4.1 Data Hasil Pengujian .....	32
4.1.1 Data Hasil Pengujian <i>Metal Consumption</i> .....	32
4.1.1.1 Analisa Varian Satu Arah untuk <i>Metal Consumption</i> .....	34
4.1.2 Data Hasil Pengujian Kekuatan Tarik .....	36
4.1.2.1 Analisa Varian Satu Arah untuk Kekuatan Tarik.....	38
4.2 Pembahasan .....	40
4.2.1 Pembahasan Pengaruh Variasi Fraksi Berat Fluk terhadap <i>Metal Consumption</i> .....	40
4.2.2 Pembahasan Pengaruh Variasi Fraksi Berat Fluk terhadap Kekuatan Tarik .....	42
<b>V. PENUTUP .....</b>	<b>46</b>
5.1 Kesimpulan .....	46
5.2 Saran .....	46

DAFTAR PUSTAKA.....

LAMPIRAN .....



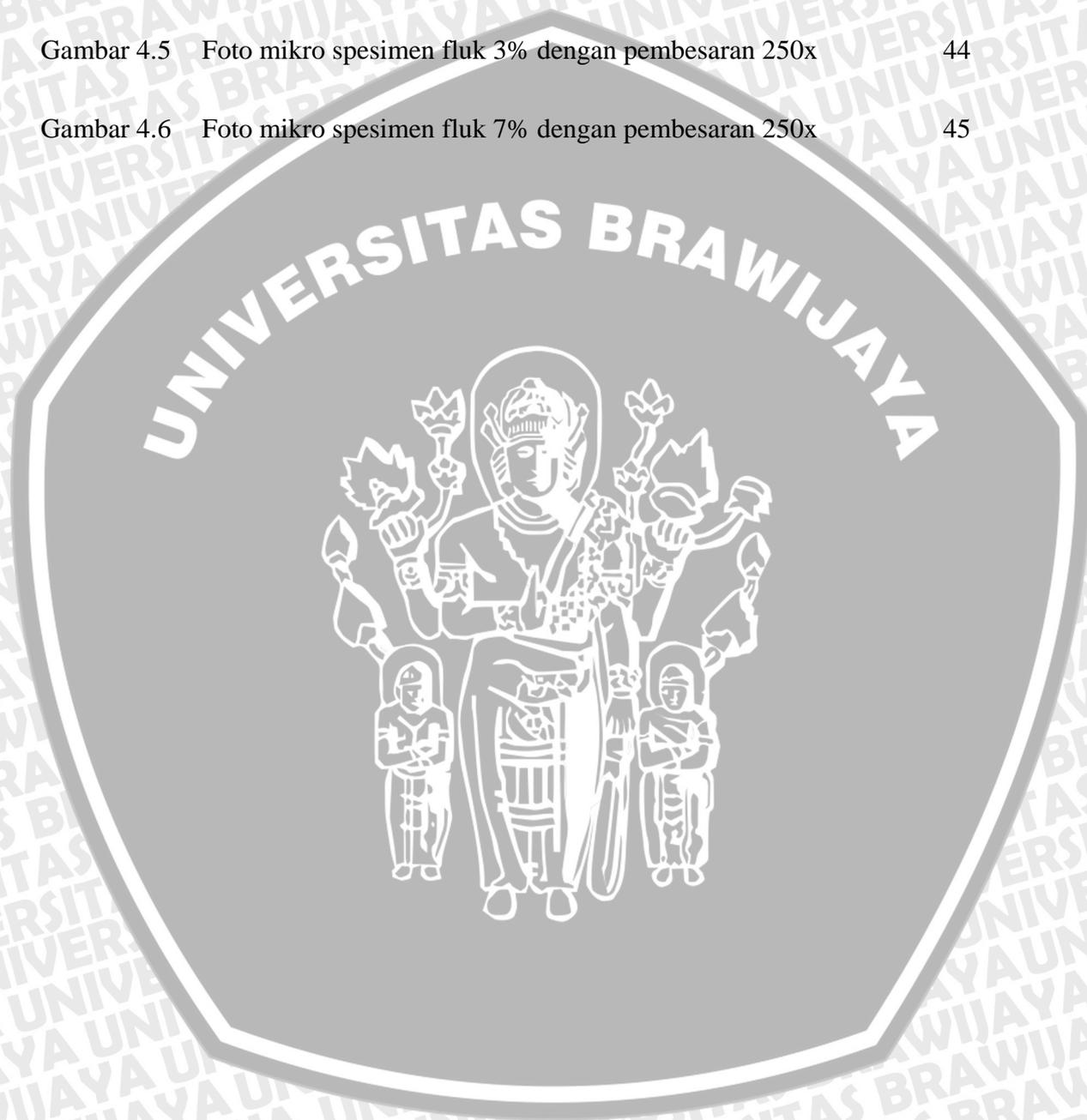
## DAFTAR TABEL

No	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Klasifikasi paduan aluminium tempa	12
Tabel 2.2	Klasifikasi paduan aluminium cor	13
Tabel 2.3	Fluk untuk paduan aluminium	18
Tabel 2.4	Karakteristik fluk	18
Tabel 2.5	Sifat-sifat fluk	19
Tabel 2.6	Dimensi spesimen uji tarik proporsional terhadap standar	22
Tabel 3.1	Tabel komposisi aluminium paduan AA 6061 BE	26
Tabel 3.2	Rancangan penelitian untuk <i>metal consumption</i> pada variasi fraksi berat fluk	22
Tabel 3.3	Rancangan penelitian untuk kekuatan tarik pada variasi fraksi berat fluk	29
Tabel 3.4	Tabel analisis varian satu arah	30
Tabel 4.1	Data hasil pengujian <i>metal consumption</i>	32
Tabel 4.2	Interval penduga untuk <i>metal consumption</i>	33
Tabel 4.3	Tabel analisa varian satu arah untuk <i>metal consumption</i>	35
Tabel 4.5	Data hasil pengujian kekuatan tarik	36
Tabel 4.6	Interval penduga untuk kekuatan tarik	37
Tabel 4.5	Tabel analisa varian satu arah untuk kekuatan tarik	39

## DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Grafik Prosentase inklusi $Al_2O_3$ selama perlakuan dengan NaCl-KCl dengan penambahan KF	4
Gambar 2.2	Pengecoran Logam	5
Gambar 2.3	<i>Sand Casting</i>	6
Gambar 2.4	<i>Permanent Mold Casting</i>	7
Gambar 2.5	<i>Die Casting</i>	7
Gambar 2.6	<i>Centrifugal Casting</i>	8
Gambar 2.7	<i>Investment Casting</i>	8
Gambar 2.8	<i>Shell Casting</i>	8
Gambar 2.9	Bentuk spesimen uji tarik	22
Gambar 3.1	Dapur Listrik	24
Gambar 3.2	Timbangan Elektrik	24
Gambar 3.3	Jangka sorong	25
Gambar 3.4	Cetakan logam	25
Gambar 3.5	(a) $MgCl_2$ , (b) NaF	26
Gambar 3.6	Spesimen uji tarik	28
Gambar 3.7	Spesimen yang telah diuji tarik	28
Gambar 4.1	Grafik hubungan variasi fraksi berat fluk terhadap <i>metal consumption</i>	40
Gambar 4.2	Grafik pengaruh fluk terhadap <i>Metal Consumption</i>	40

No	Judul	Halaman
Gambar 4.3	Grafik hubungan variasi fraksi berat fluk terhadap kekuatan tarik	43
Gambar 4.4	Grafik pengaruh fluk terhadap Kekuatan Tarik	43
Gambar 4.5	Foto mikro spesimen fluk 3% dengan pembesaran 250x	44
Gambar 4.6	Foto mikro spesimen fluk 7% dengan pembesaran 250x	45



## DAFTAR LAMPIRAN

No	Judul
Lampiran 1	Data Spesifikasi Aluminium Paduan AA 6061 BE
Lampiran 2	Tabel distribusi f



## RINGKASAN

**HENDRYCK ANDHIKA ELHANA**, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Januari 2009, *Pengaruh Variasi Fraksi Berat Fluks NaF, MgCl<sub>2</sub> terhadap Metal Consumption dan Kekuatan Tarik Aluminium Paduan AA 6061 BE.*, Dosen Pembimbing : Ir.Winarno.Y.A,MT. dan Ir.Endi Sutikno,MT.

Fluk adalah bahan yang ditambahkan ke dalam proses peleburan yang menyebabkan slag mempunyai titik lebur dibawah temperatur yang lebih rendah dalam sistem. Fluk dapat membantu mencegah terjadinya slag dan zat-zat yang tidak larut lainnya dari pembekuan di daerah dingin dipermukaan dapur. Penambahan fluk garam akan mengapungkan partikel inklusi dengan cara berikatan dengan partikel individu dan melembabkan inklusi pada Aluminium. Fluk garam dapat melindungi Aluminium dari oksidasi dengan membentuk suatu lapisan film. Jenis fluk yang digunakan dalam penelitian ini adalah NaF dan MgCl<sub>2</sub>. Sedangkan sebagai bahan utama digunakan aluminium paduan AA 6061 BE Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh variasi fraksi berat fluks NaF, MgCl<sub>2</sub> terhadap *Metal Consumption* dan kekuatan tarik aluminium paduan AA 6061 BE.

Metode pemberian fluk adalah dengan menaburkan fluk pada permukaan leburan dengan mencampurkan fluk pada lapisan dros. Setelah fluk diberikan, dibutuhkan waktu yang cukup agar terjadi *settling* dari inklusi berat atau mengapungnya fluk garam yang ringan dan inklusi dari fluk yang lembab. Waktu tunggu yang diperlukan adalah 5-10 menit untuk dapur ukuran kecil. Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian nyata (*true experimental research*) yang ditujukan untuk mengetahui pengaruh variasi fraksi berat fluk terhadap *metal consumption* dan kekuatan tarik aluminium paduan. Data dan informasi pendukung diperoleh dari kajian buku, artikel dan jurnal dari internet.

Hasil penelitian berupa kesimpulan yang disertai data-data yang menyatakan bahwa terjadi perubahan terhadap *metal consumption* dan kekuatan tarik setelah dilakukan penambahan fluk. Dimana variasi fraksi berat fluk terbaik untuk *Metal Consumption* adalah 5%, dengan nilai *Metal Consumption* sebesar 1,07 gram per gram, dan variasi fraksi berat fluk terbaik untuk kekuatan tarik adalah pada fraksi berat 3%, dengan nilai kekuatan tarik sebesar 415,24 N.mm<sup>-2</sup>.

Kata kunci : fluks, aluminium paduan AA 6061 BE, *metal consumption*, kekuatan tarik.

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan sektor industri yang sangat pesat, baik dalam skala besar maupun kecil serta adanya era pasar bebas menuntut adanya perkembangan pada kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi yang cepat. Khususnya perkembangan dibidang ilmu pengolahan bahan dan salah satunya adalah pengecoran logam.

Pengecoran memegang peranan penting di dalam peralatan modern terutama digunakan untuk transportasi, komunikasi, energi, pertanian, konstruksi, dan industri lainnya. Logam cor dibutuhkan dalam berbagai bentuk, ukuran, dan dalam jumlah yang besar untuk membuat mesin dan peralatan, yang mana sebagai penunjang kerja untuk memenuhi kebutuhan dan kenyamanan dalam kehidupan (Jain,1979:1).

Selain itu untuk menghemat waktu peleburan dan mengurangi kehilangan aluminium oksida akibat oksidasi lebih baik memotong bahan menjadi kecil kemudian dipanaskan mula. Kalau bahan sudah mulai mencair, fluk bisa ditaburkan untuk mencegah oksidasi dan absorsi gas. Selama pencairan permukaan harus ditutup dengan fluk. Penggunaan fluk 1% sampai 3% dapat mengurangi gas dan mencegah gelembung udara, lubang jarum, juga memperbaiki sifat mekaniknya (Surdia,1986:171-172).

Popularitas aluminium, bahan ringan dan kuat, tahun ini akan menjadi bahan yang paling banyak digunakan pada sebuah mobil setelah baja dan besi. Sejak 1991 produsen mobil terus menambah kandungan aluminium pada produknya, terutama truk dan SUV untuk mengurangi berat kendaraan. Hal ini disebabkan semakin ringan bobotnya, maka semakin irit penggunaan bahan bakarnya. Kini rata-rata berat aluminium pada mobil keluaran 2000 sekitar 116.7 kg. Menurut *Asosiasi Aluminium USA*, setiap pengurangan 20% berat akan mengurangi konsumsi BBM antara 12 –16% (Richard Klimisch, *vice president* Asosiasi Aluminium USA, 2008).

**Utigard, T.K (2008)** dari Universitas Toronto dalam penelitiannya menyatakan bahwa fluk dalam bentuk gas dan padat sangat penting dalam penghilangan gas, pengurangan kerusakan dan *fluxing* pada aluminium. Tujuannya untuk mengurangi penggunaan klorin, tes ini dilakukan dengan menempatkan logam paduan dengan lapisan fluk dan meninggalkannya selama beberapa saat lalu diamati secara mikroskopis. Selanjutnya, hasil penelitian tersebut digunakan sebagai landasan teori dalam penelitian ini, karena menggunakan variasi fluk yang berbeda.

**Phillips, R.J. (2007)** dari Fuseco Steel menyatakan bahwa pada proses pengecoran aluminium, *metal consumption* sangat dipengaruhi oleh viskositas dan jenis fluks yang dipakai, sehingga akan berpengaruh terhadap kecepatan penuangan coran. Semakin cepat waktu penuangan, akan dapat mengurangi jumlah material yang terbuang akibat proses pendinginan selama proses pengecoran aluminium. Berdasarkan hal tersebut, dalam penelitian selanjutnya harus ditentukan terlebih dahulu waktu penuangan corannya.

**Abdillah, K (2008)** dalam penelitiannya menyatakan bahwa, dari hasil pengujian dan analisa pada penelitian sebelumnya dapat diambil kesimpulan, bahwa variasi campuran fluks terbaik untuk kekuatan tarik adalah sekitar 30% NaF dan 60% MgCl<sub>2</sub> dengan fraksi berat fluks adalah 1% dari berat campuran. Tetapi untuk pengaruh perubahan variasi fraksi berat fluks terhadap kekuatan tarik belum diteliti. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh variasi berat fluks NaF, MgCl<sub>2</sub> terhadap *Metal Consumption* dan kekuatan tarik aluminium paduan AA 6061 BE.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut :

Bagaimana pengaruh variasi fraksi berat fluks NaF, MgCl<sub>2</sub> terhadap *Metal Consumption* dan kekuatan tarik aluminium paduan AA 6061 BE.

## 1.3 Batasan Masalah

1. Pengujian yang dilakukan adalah *Metal Consumption* dan uji tarik.
2. Prosentase Fluks yang digunakan adalah 40% NaF : 60% MgCl<sub>2</sub>.
3. Suhu peleburan aluminium paduan 900<sup>0</sup>C.

Aluminium yang digunakan pada penelitian ini adalah aluminium paduan AA 6061 BE, sehingga titik lebur yang digunakan lebih tinggi daripada aluminium murni (Budinski,1996:523-524).

4. Fraksi berat fluks yang digunakan 3%; 5%; 7%; 9%.

Variasi fraksi berat fluks ini digunakan untuk mengetahui perubahan yang terjadi pada kekuatan tariknya. Fraksi berat fluks yang memberikan kekuatan tarik tertinggi adalah 1% - 3% (Surdia,1986:171-172). Oleh karena itu perlu diteliti apakah yang akan terjadi jika dilakukan penambahan fraksi berat fluks.

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh variasi fraksi berat fluks NaF, MgCl<sub>2</sub> terhadap *Metal Consumption* dan kekuatan tarik aluminium paduan AA 6061 BE.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan manfaat sebagai berikut :

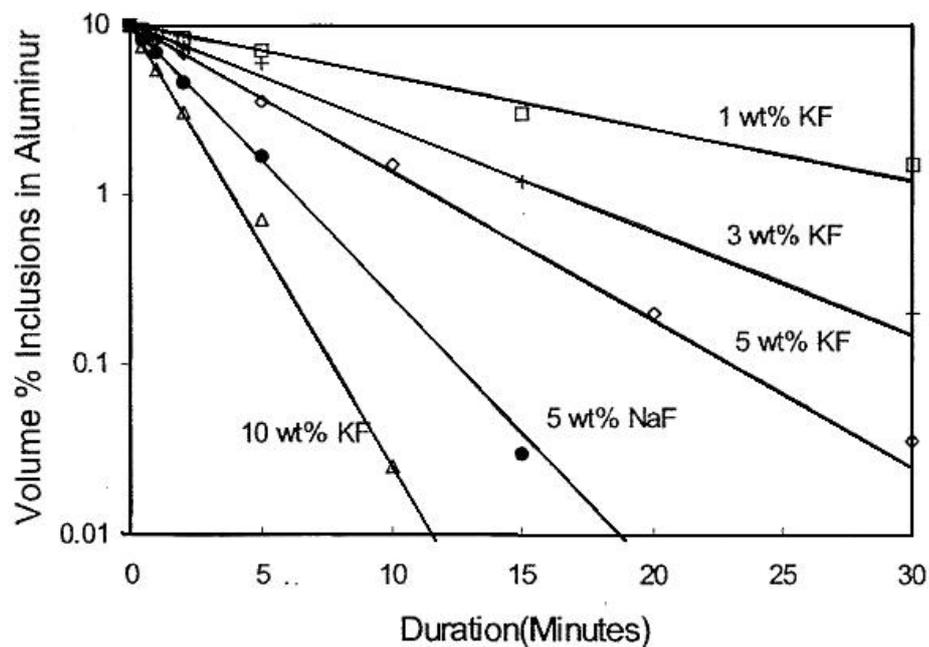
1. Bagi peneliti diharapkan dapat menerapkan teori yang sudah ada dan menambah pengetahuan peneliti di bidang pengolahan bahan khususnya pengecoran logam.
2. Memberikan informasi ilmiah bagi industri pengolahan bahan khususnya industri pengecoran aluminium dalam peningkatan kualitas hasil produksi.
3. Bagi masyarakat, diharapkan dapat memberikan informasi, yang kedepannya dapat dijadikan motifasi untuk membuka usaha khususnya pengecoran logam.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Sebelumnya

T.A, Utigard dalam penelitiannya yang berjudul, ” *Properties of Fluxes used in Molten Aluminium Processing*”. Menyatakan bahwa penambahan fluk garam akan mengapungkan partikel inklusi dengan cara berikatan dengan partikel individu dan melembabkan inklusi pada Aluminium. Pada paduan Al-Mg dengan 12  $\mu\text{m}$  inklusi alumina diberi perlakuan dengan basis fluk NaCl-KCl dengan penambahan NaF dan KF. Tujuannya adalah untuk pengurangan penggunaan klorin, tes ini dilakukan dengan menempatkan logam paduan dengan lapisan fluk dan meninggalkannya selama beberapa saat sebelum diamati secara mikroskopis. Ditemukan bahwa dengan tidak ada penambahan garam flor tidak terjadi penghilangan inklusi. Dan ketika NaF dan KF ditambahkan barulah penghilangan inklusi terjadi. Rata-rata pengurangan inklusi bisa dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Grafik Prosentase inklusi  $\text{Al}_2\text{O}_3$  selama perlakuan dengan NaCl-KCl dengan penambahan KF (sumber : Utigard,1998:12).

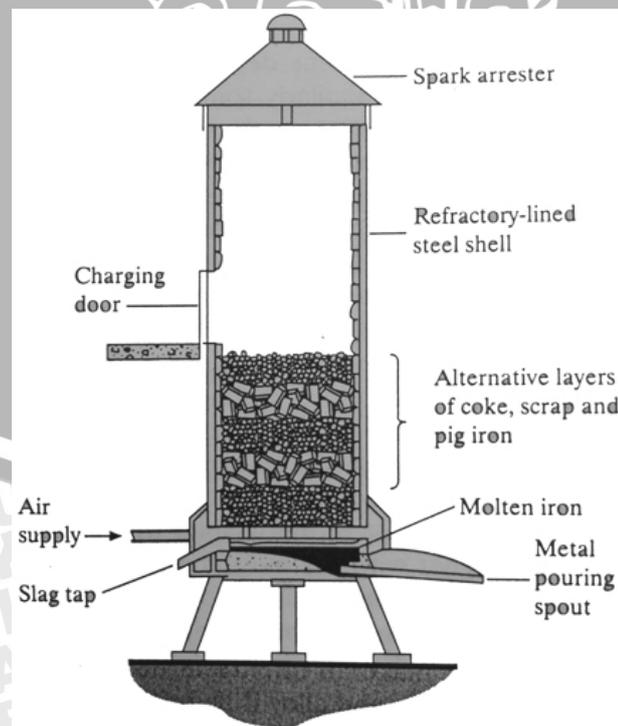
Dari sini dapat disimpulkan bahwa peningkatan penambahan kadar NaF dan KF dapat menyebabkan penghilangan cacat inklusi pada aluminium yang berbasis fluk NaCl dan KCl meningkat.

**Donalt, T.** dalam penelitiannya yang berjudul, ”*High Purity Salt Aluminium Flux*”, yang diterbitkan oleh U.S. Patent No.6053959, menjelaskan bahwa fluk garam yang terdiri dari garam dengan kemurnian yang tinggi dan bahan tambah, yang digunakan dalam mendaur ulang *scrap* Aluminium, dapat membantu meningkatkan jumlah aluminium hasil daur ulang dari *scrap*. Bahan tambah yang digunakan terdiri dari alkali dan flor. Fluk garam melindungi Aluminium dari oksidasi dengan membentuk suatu lapisan film. Fluk garam terdiri dari NaCl dan KCl, Alkali dan Flor. Sejumlah Alkali dan Flor, yang dicampur dengan NaCl dan KCl, efektif meningkatkan ikatan dan mengurangi aluminium yang hilang pada proses pendaur ulangan scrap aluminium. Komposisi Aktual untuk alkali kurang lebih 3-50% dan floride 50-97% tergantung dari komposisi fraksi berat bahan tambah. Dilain sisi komposisi bahan tambah yang digunakan kurang lebih 4-10% dari komposisi fluk garam dan fluk garam umumnya digunakan dalam proses adalah 1% dari berat aluminium yang akan diproses.

## 2.2 Teori Dasar Pengecoran Logam

### 2.2.1 Pengertian Pengecoran Logam

Pengecoran bisa didefinisikan sebagai suatu obyek kegiatan yang berhubungan dengan logam dimana kegiatan itu menuangkan cairan logam untuk dibekukan dalam suatu cetakan, bentuk dari obyeknya bisa dilihat dari bentuk rongga-rongga cetakan..



Gambar 2.2 Pengecoran Logam (sumber: Budinski,1996:452)

Pengecoran adalah suatu proses pembentukan obyek logam dengan cara melebur logam dan menuangkannya ke dalam cetakan. Berhubungan dengan definisi ini penggunaan logam yang cair untuk dicor kedalam suatu bentuk obyek secara langsung menghasilkan logam cor. Produk logam kasar berbeda dengan produk logam cor, pada logam kasar logam menerima pengerjaan mekanik seperti forging, rolling, atau penonjolan (Heine, 1967:1).

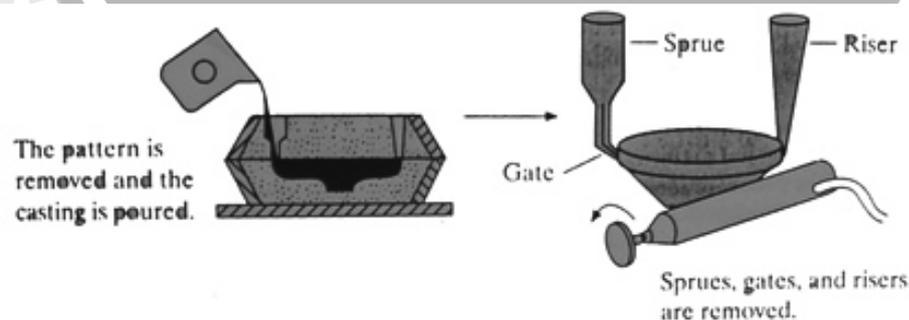
Beberapa keuntungan proses pembentukan logam dengan pengecoran adalah sebagai berikut :

1. Dapat membuat produk dengan bentuk yang rumit baik internal maupun eksternal.
2. Kontruksi bisa lebih disederhanakan.
3. Pengecoran logam merupakan salah satu proses yang bisa diadaptasi dalam kebutuhan untuk produksi masal.
4. Obyek dengan ekstra berat dan besar bisa di cor yang terkadang sulit dilakukan dengan metode yang lain.
5. Beberapa sifat mekanik bisa diperoleh dengan pengecoran misal produk yang kuat dan ringan bisa dibentuk dengan memadukan logam dengan cara dicor.

### 2.2.2 Macam Proses Pengecoran

Pengecoran adalah proses dimana material cair, yang umumnya logam, dituang kedalam rongga atau cetakan yang sudah disiapkan dan dibiarkan membeku. Dengan proses pengecoran dimungkinkan bisa menghasilkan bentuk yang sederhana atau kompleks dengan ukuran yang besar. Dengan sifat dari proses pengecoran yang unik ini maka proses ini menjadi sangat penting didalam proses manufaktur. Berikut adalah 7 tipe utama dari proses pengecoran (DeGarmo,1969:213-215):

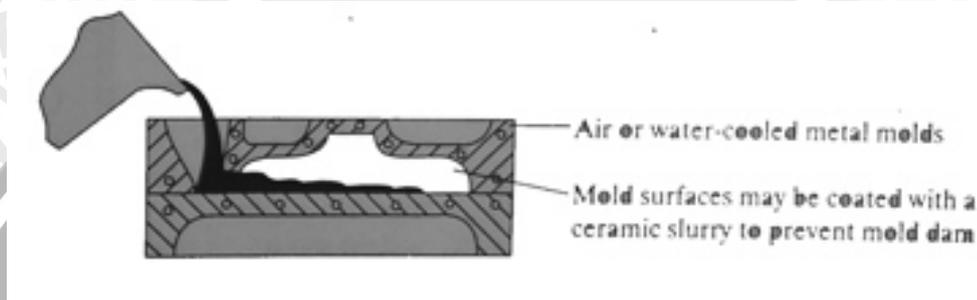
#### 1. Sand Casting.



Gambar 2.3 Sand Casting (sumber: Budinski,1996:453)

Adalah proses pengecoran yang menggunakan pasir sebagai bahan cetakan. Karena partikel dari pasir yang kecil nantinya dapat dipadatkan dalam suatu tekstur yang tipis selain itu pasir dapat ditemui dalam jumlah yang besar. Sehingga produk dengan ukuran yang besar dan rumit dapat dikerjakan dengan metode ini. Akan tetapi dalam proses ini cetakan baru harus disiapkan untuk tiap-tiap proses pengecoran. Dalam pengecoran dengan cetakan pasir gravitasi dibutuhkan untuk mendorong metal mengalir ke dalam cetakan.

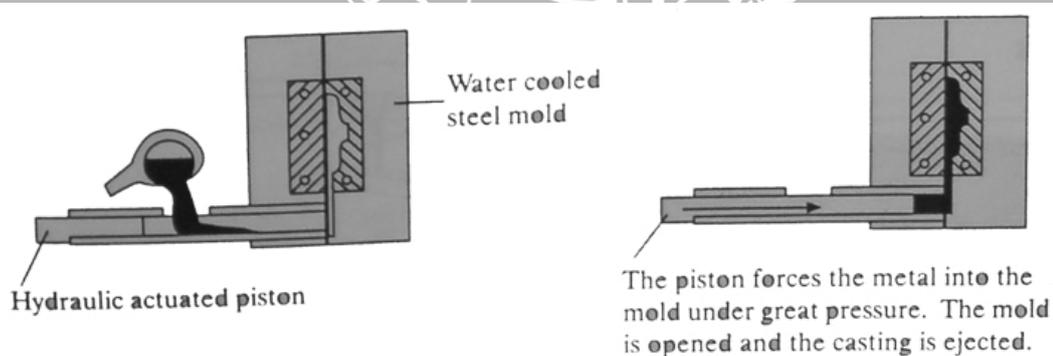
### 2. *Permanent Mold Casting.*



Gambar 2.4 *Permanent Mold Casting* (sumber: Budinski,1996:453)

Jika suatu logam cair dituang dan dipengaruhi gravitasi ke dalam cetakan logam atau grafit, cetakan yang sama dapat digunakan kembali untuk produksi komponen dalam jumlah banyak sesuai kebutuhan.

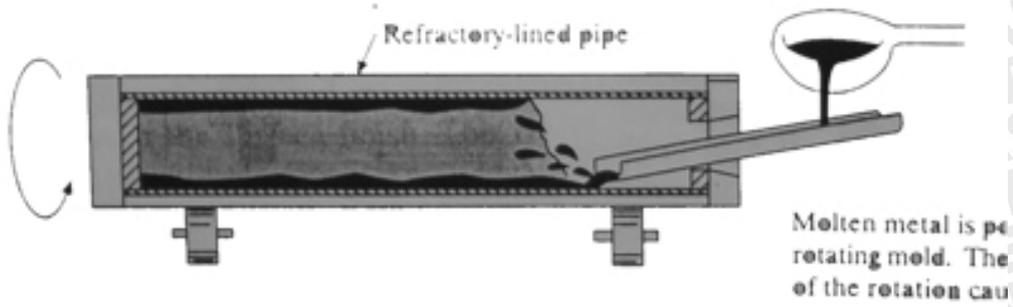
### 3. *Die Casting.*



Gambar 2.5 *Die Casting* (sumber: Budinski,1996:453)

Menggunakan cetakan logam atau die tetapi cairan logam diberikan gaya tekan agar bisa masuk kedalam *die cavity* yang berlangsung sampai proses pembekuan selesai.

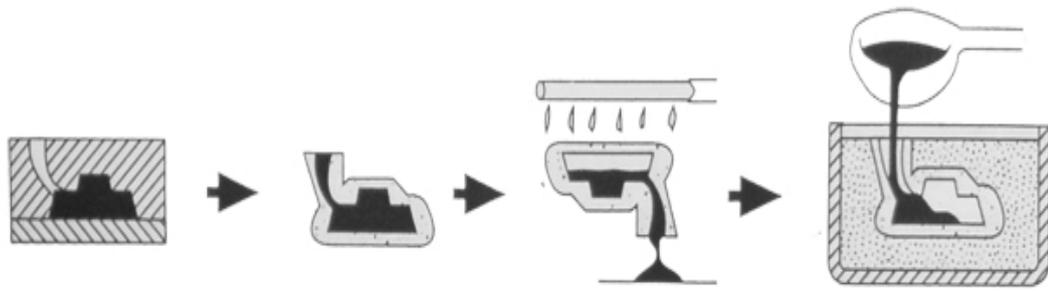
4. Centrifugal Casting.



Gambar 2.6 Centrifugal Casting (sumber: Budinski,1996:453)

Memanfaatkan gaya sentrifugal untuk mendorong cairan logam mengikuti bentuk dari cetakan dan untuk menjaga ketebalan yang sama dari logam.

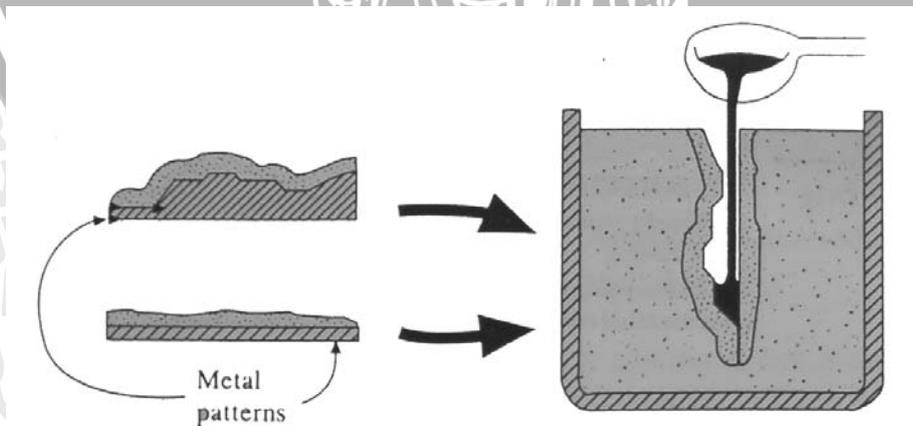
5. Investment Casting.



Gambar 2.7 Investment Casting (sumber: Budinski,1996:454)

Menggunakan pola lilin atau merkuri beku dan cetakan dibuat dari plaster atau campuran keramik. Proses ini digunakan untuk memproduksi komponen yang kecil dan rumit yang harus dibuat dengan dimensi yang akurat.

6. Shell Casting.



Gambar 2.8 Shell Casting (sumber: Budinski,1996:453)

Metode ini dilakukan dengan cara membuat lapisan kulit tipis dengan ketebalan kurang lebih seperdelapan inchi dengan cara menuang campuran pasir dan resin

plastik di sekeliling pola logam yang dipanaskan. Hasilnya adalah kulit yang menyebabkan resin menyesuaikan dan membentuk *cavity* yang agak kaku. Kemudian dua bagian kulit ini diikatkan bersamaan untuk membentuk rongga cetakan. Lapisan kulit ini disokong dengan pasir untuk memberi tahanan kekuatan sebelum logam dituang ke dalam cetakan.

#### 7. *Plaster Mold Casting.*

Metode ini dilakukan dengan modifikasi gypsum sebagai bahan cetakan. Plaster mempunyai keunggulan membentuk garis detail secara tepat sehingga tidak menyebabkan *shrinkage* hasilnya adalah kontrol dimensi yang bagus.

### 2.3 Pengecoran dengan Cetakan Logam

Pengecoran dengan cetakan logam dilaksanakan dengan menuangkan logam cair ke dalam cetakan logam seperti pada pengecoran dengan menggunakan cetakan pasir. Cara ini berbeda dengan cara pengecoran cetak, dimana tidak dipergunakan tekanan kecuali tekanan yang berasal dari tinggi cairan logam dalam cetakan. Sebagai bahan cetakan terutama dipakai baja khusus atau besi cor paduan. Cara ini dapat membuat coran yang mempunyai ketelitian dan kualitas tinggi. Akan tetapi biaya pembuatan cetakan adalah tinggi sehingga apabila umur cetakan logam itu dibuat panjang, baru mungkin produksi yang ekonomis dilaksanakan. Sebagai bahan umum coran diambil dari paduan bukan besi karena mempunyai titik cair yang rendah seperti aluminium, paduan magnesium atau paduan tembaga (Surdia, 1986:248)

Keuntungan menggunakan cetakan logam adalah sebagai berikut :

1. Ketelitian ukuran sangat baik kalau dibandingkan dengan pengecoran pasir sehingga tambahan ukuran untuk penyelesaian dapat dikurangi. Oleh karena itu mungkin membuat coran yang lebih ringan. Selanjutnya permukaan coran sangat halus.
2. Struktur yang rapat dapat dihasilkan dengan cara ini, oleh karena itu sifat-sifat mekanik dan tahan tekanan sangat baik bila dibandingkan dengan coran yang dibuat pada cetakan pasir.
3. Mekanisasi dari proses adalah mudah dan produktifitas tinggi apabila dibandingkan dengan cetakan pasir. Cara ini sangat cocok untuk produksi massal.

Kerugian dari pengecoran dengan menggunakan cetakan logam adalah sebagai berikut :

1. Cara ini tidak sesuai untuk produksi dalam jumlah yang kecil disebabkan tingginya biaya cetakan.
2. Sukar untuk membuat coran yang mempunyai bentuk yang rumit.
3. Pembetulan cetakan yang sulit dan mahal.

#### 2.4 Aluminium

Aluminium pertama kali diproduksi dilaboratorium pada tahun 1825, dengan cara mereduksi aluminium klorida. Banyak batu dan barang tambang yang mengandung sejumlah aluminium. Dalam batu aluminium terdapat pada silika dan dalam senyawa kompleks yang lain. Bijih yang biasanya digunakan untuk memperoleh aluminium adalah dengan ekstraksi bauksit. Dari tahun 1825 sejak pertama diketemukan aluminium ke tahun 1890, aluminium diproduksi dalam skala kecil dengan cara yang kompleks dan reduksi kimia yang mahal dari senyawa aluminium. Hingga pada tahun 1886, C. Martin Hall dan Paul Heroult menemukan proses yang lebih efektif dalam memperoleh aluminium dengan cara mereduksi bijih aluminium oksida, untuk menjadi aluminium dengan cara elektrolisis (Budinski,1996:517-518).

Bauksit terdiri dari 60% alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), 30% ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), sejumlah SiO dan lain-lain. biji bauksit mula-mula dimurnikan dengan proses kimia dan aluminium oksid murni diuraikan dengan elektrolisis. Pengolahan selanjutnya bauksit dimasukkan ke dalam kaustik soda, alumina didalamnya membentuk sodium aluminate (Amanto,2006:117-118)



Suatu penambahan alumina (yang sudah dihasilkan terdahulu), memisahkan sodium aluminate



Dengan memanaskan aluminium hidroksida hingga kira-kira  $1300^\circ\text{C}$  (diendapkan), akan didapat alumina:



Selanjutnya alumina dilarutkan kedalam cairan cryolite (garam  $\text{Na}_2\text{AlF}_6$ ) yang bertindak sebagai elektrolit. Sehingga titik didihnya menjadi lebih rendah ( $1000^\circ\text{C}$ ).

Sebanyak 15%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dapat diuraikan kedalam cryolite dan elektrode disini sebagai reduksi  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .



Karena harga yang murah dan sifat mekanik aluminium yang baik, aluminium sangat banyak digunakan pada konstruksi, komponen mesin, otomotif dan aplikasi lain. Berikut adalah beberapa keuntungan dari penggunaan aluminium (Budinski,1996: 517-519):

1. Lebih ringan dari baja kurang lebih sepertiga dari berat baja.
2. Mempunyai konduktifitas thermal dan elektrik yang baik.
3. Kekuatan tarik tinggi berbanding dengan rasio berat.
4. Bisa diberikan perlakuan pengerasan pada permukaan.
5. Beberapa paduan mudah dilas.
6. Mudah dimesin.
7. Mudah dibentuk.
8. Non-magnetik.
9. Non-toxic.

Selain beberapa keuntungan diatas, dalam proses pengecoran aluminium juga rentan terhadap cacat coran. Terdapat beberapa tipe dasar cacat dalam pengecoran (Jain,1987:195), antara lain:

1. Cacat Mayor, yaitu cacat yang tidak dapat diperbaiki dan menyebabkan penolakan terhadap hasil coran.
2. Cacat Minor, yaitu cacat yang dapat diperbaiki dengan biaya perbaikan yang tidak terlalu tinggi.

Cacat-cacat pada aluminium paduan pada dasarnya sama dengan cacat yang terjadi pada besi cor, tetapi pada aluminium paduan sering terjadi cacat berupa *gas defect* (cacat yang terjadi akibat adanya gas-gas yang terjebak atau terlarut pada logam cair) terutama yang mempergunakan cetakan pasir. Secara umum cacat yang terjadi pada aluminium paduan antara lain cacat rongga udara (*blow hole*), cacat lubang jarum (*pin hole*), dros, inklusi pasir dan lai-lain.

## 2.5 Aluminium Paduan

Untuk meningkatkan sifat mekanik suatu bahan maka perlu adanya bahan penambah untuk meningkatkan sifatnya. Begitu juga aluminium juga diberikan

campuran bahan atau dipadukan dengan unsur lain untuk mendapatkan sifat mekanik yang lebih baik dari aluminium murni, tetapi tidak menghilangkan sifat aluminium murni yang ringan, tahan korosi, perawatan yang murah, dan konduktivitas thermal yang baik (DeGarmo,1969:165).

### 2.5.1. Paduan Aluminium Tempa (*Wrough Aluminium Alloys*)

Sistim pengkodean yang umum digunakan adalah *Aluminium Assosiation* atau disingkat AA. Asosiasi Aluminium menggunakan 4 digit angka untuk menspesifikasikan kelompok paduan aluminium. Digit pertama mengidentifikasi unsur utama paduan, digit yang kedua menunjukkan adanya modifikasi dari paduan atau batasan pengotor, dan dua digit terakhir mengidentifikasi secara spesifik unsur yang dipadukan dalam aluminium atau menunjukkan kemurnian dari aluminium (DeGarmo,1969:166).

Tabel 2.1. Klasifikasi paduan aluminium tempa

UNSUR UTAMA PADUAN	SERI
Aluminium dengan kemurnian minimum 99% atau lebih	1XXX
Tembaga	2XXX
Mangan	3XXX
Silikon	4XXX
Magnesium	5XXX
Magnesium dan Silikon	6XXX
Seng	7XXX
Unsur-unsur yang lain	8XXX

(Sumber : DeGarmo, 1969:166)

### 2.5.2. Paduan Aluminium Cor (*Aluminium Casting Alloys*)

Aluminium murni sering kali dicor karena titik cairnya yang rendah menjadikannya material cor yang baik. Dengan menambahkan sedikit unsur paduan, karakteristik coran yang cocok bisa diperoleh dan kekuatannya bisa meningkat (DeGarmo,1969:170).

Paduan Aluminium cor juga diidentifikasi dengan empat digit angka dengan angka terakhir dipisahkan dengan desimal. Sama seperti Aluminium tempa, digit pertama mengidentifikasi unsur utama paduan. Digit kedua dan ketiga menunjukkan paduan pada Aluminium dan digit terakhir menunjukkan bentuk dari Aluminium paduan,

Angka 0 mengidentifikasi bentuk cor dan angka 1 mengidentifikasi bentuk ingot (Budinski,1996:521).

Tabel 2.2. Klasifikasi paduan aluminium cor

UNSUR UTAMA PADUAN	SERI
Aluminium dengan kemurnian minimum 99% atau lebih	1XX.X
Tembaga	2XX.X
Silikon dengan Tembaga dan/atau Magnesium	3XX.X
Silikon	4XX.X
Magnesium	5XX.X
<i>Unused series</i>	6XX.X
Seng	7XX.X
Tin	8XX.X
Unsur-unsur yang lain	9XX.X

(Sumber : Budinski,1996:521)

## 2.6 Unsur Paduan dan Pengaruhnya

Unsur paduan dalam aluminium tidak hanya menghasilkan efek seperti kekuatan, meningkatkan sifat mampu mesin, atau tahan korosi. Berikut adalah dampak baik dan buruk, dari unsur paduan dalam Aluminium ( Budinski,1996:523-524):

### 1. Besi.

Secara natural besi hadir sebagai pengotor di dalam bijih aluminium, konsentrasi yang kecil meningkatkan kekuatan dan kekerasan dari beberapa paduan dan mengurangi tendensi *hot-cracking* pada pengecoran, mengurangi *pick-up* pada cetakan *die-casting*.

### 2. Mangan.

Mn adalah unsur yang dapat memperkuat Al tanpa mengurangi ketahanan korosi, dan dipakai untuk membuat paduan yang tahan korosi. Digunakan sebagai kombinasi dengan besi untuk meningkatkan sifat mampu cor, mengurangi sringkage, efek pada sifat mekaniknya adalah menambah keuletan dan kekuatan *impact*.

### 3. Silikon.

Meningkatkan fluiditas pada pengecoran, pada paduan las, dan mengurangi pembekuan cepat dan tendensi karena *hot-cracking*. Dengan paduan Si, akan menghasilkan permukaan yang bagus dan tanpa kegetasan panas. Penambahan dengan jumlah lebih 13% membuat paduan sulit dikerjakan mesin dan meningkatkan ketahanan korosi.

#### 4. Tembaga.

Meningkatkan kekuatan dan kekerasan penuaan struktur logam paduan kurang lebih 12%, konsentrasi yang besar menyebabkan kerapuhan, dapat meningkatkan temperatur penuaan dan kemudahan untuk dimesin, konsentrasi lebih dari 5% mengurangi kemampuan untuk dikeraskan.

#### 5. Magnesium.

Magnesium adalah logam yang mempunyai sifat-sifat seperti aluminium. Logam ini tidak tahan terhadap asam, tetapi berlawanan dengan aluminium. Dapat meningkatkan kekerasan dengan cara pengerasan dan paduan dengan kandungan kurang lebih 6% bisa diperlakukan untuk pengerasan. Paduan Aluminium-Magnesium sulit untuk dicor karena leburan paduan membentuk tendensi lapisan pada permukaan (*dross*) bila kontak dengan udara.

#### 6. Zinc.

Menyebabkan mampu cor yang rendah, paduan zinc yang tinggi menyebabkan terjadinya *hot-cracking* dan *shrinkage*, prosentase lebih dari 10% menyebabkan tendensi untuk tegangan retak korosi, kombinasi dengan elemen lain, zinc menghasilkan kekuatan yang tinggi, konsentrasi kurang dari 3% tidak memberikan efek yang bermanfaat.

#### 7. Krom.

Meningkatkan konduktifitas pada beberapa paduan dan konsentrasi yang kecil kurang dari 0,35% bisa berperan sebagai penghalus butiran.

#### 8. Titanium.

Secara natural hadir sebagai pengotor pada bijih aluminium akan tetapi sering ditambahkan kedalam paduan sebagai penghalus butiran.

#### 9. Bismuth/Lead,

Ditambahkan kedalam beberapa paduan untuk meningkatkan sifat mampu mesin.

### 2.7 *Dross*

Pencairan akan terjadi cepat apabila dapur yang berisi aluminium yang sudah cair ditambahkan atau diisi aluminium lagi. Cairan dengan sedikit *dross* terjadi apabila pengisian kembali ke dapur terlindung dari produk pembakaran dan proses pencairan yang berlangsung cepat. *Dross* adalah formasi dari aluminium oksida dan oksida lain yang berakumulasi pada permukaan leburan. Maka diharapkan dalam pengecoran

menghasilkan logam yang bersih yang mengandung seminimum mungkin *dross* (Heine, 1967:269).

## 2.8 Absorpsi Gas

Paduan aluminium akan melarutkan dan menyerap sejumlah gas hidrogen. Penggunaan temperatur peleburan memberikan efek terhadap kelarutan hidrogen dalam aluminium. Jika batas kelarutan mencapai temperatur penuangan, pendinginan dan pembekuan akan menghasilkan perubahan gas seperti gas/ *pinhole* dan mikroskopis gas porositi. Akan tetapi larutnya hidrogen bisa diminimalisasi dengan pemberian fluk pada leburan sehingga efek yang ditimbulkan bisa dikurangi (Heine, 1967:269-270).

## 2.9 Fluk

Fluk adalah suatu bahan tambah yang digunakan pada proses pengecoran logam untuk melindungi hasil coran dan untuk menghasilkan sifat coran yang baik dengan kadar tertentu. Fluk umumnya berbentuk gas dan padat (serbuk dan butiran-butiran) dimana fluk tersebut terbuat dari campuran klorida dan garam florida. Penambahan fluk pada proses pengecoran terutama pada pengecoran aluminium sangat penting karena fluk digunakan untuk melindungi leburan aluminium dari oksidasi dan menghilangkan kotoran pada leburan aluminium tersebut.

Fluk gas digunakan untuk memurnikan leburan, antara lain adalah nitrogen, helium argon, dan klorin. Gas dimasukkan kedalam leburan secara perlahan akan membentuk gelembung-gelembung untuk menghilangkan hidrogen. Hidrogen yang terikat dalam aluminium diubah menjadi gelembung gas dan dibawa ke permukaan leburan. Pemisahan *dross* merupakan aksi mekanik dari gelembung gas yang masuk dan membawa oksida ke permukaan leburan (Heine, Richard W, 1967:270-272).

Untuk perlakuan pada aluminium dalam tahapan proses peleburan logam diperlukan suatu aditif ke leburan dan paduan unsur. Tahapan proses dalam peleburan antara lain pemberian fluk, paduan, penghilangan gas, penghalusan butiran, teknologi segaris untuk logam cair seperti penghilangan gas dan penyaringan. Metode pemberian fluk digunakan untuk memberikan aditif dan memberi perlakuan pada leburan aluminium dengan menggunakan senyawa kimia. Fluk gas dan padat sangat diperlukan untuk menghilangkan gas peleburan, disisi lain fluk juga digunakan untuk meminimalkan *build-up oxide* dari dinding dapur dan juga mengurangi oksidasi. (Utigard, 1998:1)

Pemberian fluk dan pemurnian leburan Aluminium dilakukan dengan tujuan, antara lain :

1. Untuk menyumbang keefektifan pemisahan antara leburan logam dengan dross.
2. Untuk meminimalkan larutnya hidrogen.

Fluk gas digunakan untuk memurnikan leburan antara lain adalah nitrogen, helium argon, klorin. Gas dimasukkan ke dalam leburan secara pelahan akan membentuk gelembung-gelembung untuk menghilangkan hidrogen. Hidrogen yang terikat dalam aluminium diubah menjadi gelembung gas dan dibawa ke permukaan leburan. Pemisahan dross merupakan aksi mekanik dari gelembung gas yang masuk dan membawa oksida ke permukaan.

Pemberian fluk dengan menggunakan fluk padat merupakan prosedur yang sederhana dan lebih praktis. Untuk fluk padat yang digunakan kurang lebih 0,1 lb tiap 100 lb logam yang dicor, dan ditambahkan ke dalam leburan. Fluk padat memfasilitasi pemisahan logam dari oksidanya dengan reaksi kimia. (Heine, 1967:270-272).

### 2.9.1 Macam-macam Fluk

**T.A,Utigrat** dalam ” *Properties of Fluxes used in Molten Aluminium Processing*” menyatakan bahwa fluk dalam bentuk gas dan padat sangat penting dalam penghilangan gas, pengurangan kerusakan dan *fluxing* pada aluminium. Pada tulisan tersebut fluk digunakan dalam beberapa kategori antara lain :

#### 1. *Cover fluxes*.

Fluk ini mencegah terjadinya oksidasi pada leburan logam dan menunjang pembebasan logam dan oksidanya dengan cara penggumpalan dari logam yang bercampur terak dan membawa kembali ke leburan logam. *Cover* fluk (NaCl-KCl+Flor) membentuk suatu batasan fisik pada logam agar tidak teroksidasi. Fluk ini juga berperan sebagai pembersih untuk logam paduan atau pendorong leburan kembali ke cairan logam, sebagai pelindung dibawah oksidasi yang tinggi, membantu meleburkan butiran dan beram, atau membantu membuat paduan yang mengandung Mg lebih dari 2%, akan tetapi nilai keunggulan dari fluk penutup tergantung dari proses yang dikerjakan. Fluk ini biasanya digunakan pada paduan yang teroksidasi dengan cepat (Utigartd,1998:4).

## 2. *Cleaning fluxes.*

Fluk pembersih merupakan media pemfasilitasi agar tungku dan dinding dapur bagian atas dan bawah garis leburan bersih dari terak. *Build up* timbul dari pencampuran antara *mettalic aluminum* dan oksidanya, akan tetapi dapat dihilangkan dan dipecah dengan fluk. *Build up* terbentuk dari dros lembab yang menempel pada dinding dapur. Ketika kandungan oksida pada *build up* perlahan meningkat akan membentuk *corundum*, *jackhammer* diperlukan apabila hal ini tidak segera dibersihkan pada awal pengecoran. Fluk pembersih dinding seperti  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$  mengandung senyawa yang membantu membersihkan terak oksida yang terjadi pada dinding tungku. Fluk ini juga dapat diaplikasi pada peralatan pembersih tungku (Utigartd,1998:4).

## 3. *Drossing fluxes*

Fluk ini didesain untuk mendorong pemisahan lapisan aluminium oksida pada leburan logam, *drossing fluxes* dirancang untuk bereaksi dengan unsur aluminium untuk menghasilkan panas. Fluk ini sangat besar peranannya dalam mengurangi kandungan logam dalam dros sebagai logam bebas. Pertimbangannya adalah penghematan biaya. Karena proses pemberian fluk yang baik akan mengirim kembali logam ke dalam leburan. Fluk ini digunakan kurang lebih 0,2-1% dari berat logam yang akan di lebur atau dengan ukuran per luasan permukaan ( $2,5 \text{ kg/m}^2$ ) dengan tebal 1 mm(Utigartd,1998:4-5).

## 4. *Refining fluxes*

Fluk ini mengandung senyawa yang akan menghancurkan dan bereaksi dengan elemen logam dalam aluminium. Sebagai contoh senyawa klorin akan bereaksi dengan magnesium, kalsium, litium, sodium dan potasium untuk membentuk senyawa yang mana akan terurai dalam fase dros. Yang dapat dihilangkan dengan cara disekrap.

Akan tetapi pemilihan untuk menggunakan fluk juga tergantung dari pada kebutuhan sesuai dimana fluk itu digunakan (Utigartd,1998:5).

### 2.9.2 **Komposisi Fluk**

Fluk umumnya merupakan campuran dari klor dan flor, dengan bahan tambah untuk menghasilkan sifat yang spesial. Beberapa fluk terdiri dari campuran NaF dan  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$  dan *cover fluxes* mengandung kurang lebih 47.5% NaCl, 47.5% KCl dan kurang lebih 5% garam flor (Utigard,1998:1).

Berikut adalah beberapa contoh campuran fluk (%) :

Tabel 2.3 Fluk untuk paduan aluminium

Contoh campuran	Natrium heksafluoro silikat	Kalsium heksafluoro silikat	Magnesium khlorida	Kalsium flourida	Natrium Khlorida	Kalium Khlorida	Kalium Flourida
1	50		50				
2	60		40				
3		60	40				
4			14	40	38	8	
5			60	5	17,5	17,5	
6			83,5		11		5,5

(Sumber : Surdia, 1986:172)

Table 2.4 Karakteristik Fluk

Chemical	Molecular Mass (g/mol)	Solid Density (g/cm <sup>3</sup> )	Melting Point (°C)	Boiling Point (°C)
LiCl	43.39	2.068	605	1325
NaCl	58.44	2.165	801	1413
KCl	74.56	1.984	770	1500
CaCl <sub>2</sub>	110.99	2.15	782	1600
MgCl <sub>2</sub>	95.22	2.32	714	1412
AlCl <sub>3</sub>	133.34	2.44	190	177.8
BaCl <sub>2</sub>	208.25	3.92	963	1560
LiF	25.94	2.635	845	1676
NaF	41.99	2.558	993	1695
KF	58.1	2.48	858	1505
CaF <sub>2</sub>	78.08	3.18	1423	2500
MgF <sub>2</sub>	62.31		1261	2239
AlF <sub>3</sub>	83.98	2.882		s 1291
Na <sub>3</sub> AlF <sub>6</sub>	209.94	2.9	1010	
LiNO <sub>3</sub>	68.94	2.38	264	d 600
NaNO <sub>3</sub>	84.99	2.261	307	d 380
KNO <sub>3</sub>	101.11	2.109	339	d 400
Li <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	109.94	2.221	859	High
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	142.04		897	
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	174.27	2.66	1069	1689
CaSO <sub>4</sub>	136.14	2.61	1450	High
MgSO <sub>4</sub>	120.37	2.66		d 1124
Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	73.89	2.11	723	1310
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	105.99	2.532	851	High
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	138.21	2.42	894	High
MgCO <sub>3</sub>	84.32	2.96		d 350
CaCO <sub>3</sub>	100.09	2.71	1339	850

Sumber : (Utigard,1996:3)

Table 2.5 Sifat-sifat Fluk

Formula	Fluidity	Wetta- bility	Chemical Active	Exothermic	Gas Release	Element Added
AlF <sub>3</sub>	↑		Yes			
CaCl <sub>2</sub>	↑					
MgCl <sub>2</sub>	↑		Yes			
MnCl <sub>2</sub>	↑		Yes			Mn
KF	↑		Yes			K
NaF	↑		Yes			Na
NaCl	↑					
KCl	↑					
NaAlF <sub>4</sub>			Yes			
CaF <sub>2</sub>	↓	↑				
Na <sub>3</sub> AlF <sub>6</sub>	↓	↑	Yes			
Na <sub>2</sub> SiF <sub>6</sub>	↓	↑	Yes	Yes		
KNO <sub>3</sub>	↑	↑	Yes	Yes	N <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub>	
C <sub>2</sub> Cl <sub>6</sub>			Yes		Cl <sub>2</sub> -AlCl <sub>3</sub>	
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>			Yes	Yes	CO <sub>2</sub>	
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>			Yes	Yes	CO <sub>2</sub>	
K <sub>2</sub> TiF <sub>6</sub>			Yes			Ti
KBF <sub>4</sub>			Yes			B

Sumber : (Utigard,1996:4)

### 2.9.3 Metode Pemberian Fluk

Metode pemberian fluk untuk *cover fluxes* adalah dengan menaburkan fluk pada permukaan leburan sedangkan untuk *drossing fluxes* dengan mencampurkan fluk pada lapisan dros. Setelah fluk diberikan, dibutuhkan waktu yang cukup agar terjadi *settling* dari inklusi berat atau mengapungnya fluk garam yang ringan dan inklusi dari fluk yang lembab. Waktu tunggu yang diperlukan adalah 5-10 menit untuk dapur ukuran kecil. Dan 1- 2 jam untuk dapur dengan kapasitas 50 ton.

Faktor penting lainnya adalah temperatur pencairan dan reaksi dari fluk. *Cover fluxes* harus berupa cairan pada titik lebur dan *drossing fluxes* harus panas (ignite). *Cleaning fluxes* dapat diaplikasikan pada dinding yang panas yang sekiranya dapat membantu pemanasan dan melembutkan terak. Bayak terak akan bereaksi dengan fluk saat dapur diisi ulang, dan ini harus dibersihkan sebelum operasi berikutnya (Utigard,1998:5).

### 2.9.4. Pengaruh Fluk terhadap Aluminium Paduan

Fluk adalah bahan yang ditambahkan ke dalam proses peleburan yang menyebabkan slag mempunyai titik lebur dibawah temperatur yang lebih rendah dalam

sistem. Fluk dapat membantu mencegah terjadinya slag dan zat-zat yang tidak larut lainnya dari pembekuan di daerah dingin dipermukaan dapur (www.asi-alloys.com).

Aluminium akan mengalami perubahan sifat jika dipadu dengan material yang lain. Dengan memodifikasi aluminium murni bisa didapatkan jenis aluminium baru, seperti seri 6061 (Surdia,1985:135).

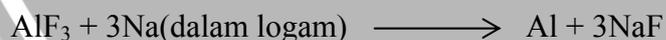
#### 1. $MgCl_2$

Jika sedikit Mg ditambahkan kepada Al, pengerasan penuaan sangat jarang terjadi. Tetapi karena aluminium paduan mengandung Si, maka dapat dikeraskan dengan penuaan panas setelah perlakuan pelarutan. Hal ini dikarenakan senyawa  $Mg_2Si$  berkelakuan sebagai komponen murni dan membuat keseimbangan dari sistim biner semu dengan Al. Sebagai paduan praktis dapat diperoleh padua 5053, 6063, dan 6061. paduan dalam sistim ini mempunyai kekuatan kuarang sebagai bahan tempaan dibanding dengan paduan-paduan yang lainnya (Surdia,1985:139-140).

#### 2. NaF

Chlor yang memiliki nilai energi standar Gibbs lebih negatif daripada  $AlCl_3$  yang lebih stabil daripada  $AlCl_3$ . Ini berarti ketika  $Cl_2$  telah dimasukkan kedalam aluminium yang mengandung berbagai elemen logam, chlor akan bereaksi terlebih dahulu dengan kotoran logam tersebut. Hal ini juga berlaku untuk flor, Li, Na, K, Ca, Mg dan Ba. Semua bentuk chloride dan flouride dapat dihilangkan dengan penyisipan/inklusi  $Cl_2$ ,  $F_2$ , atau  $SF_6$ .

Oleh karena itu, penggunaan elektrolit klorida dan florida adalah pada proses refining pada aluminium. Elektrolit klorida dan florida berfungsi untuk melindungi aluminium dari kotoran dan juga membersihkan kotoran alkali tanah selama proses pengecoran logam sampai penuangan cairan logam (T.A, Utigard).



### 2.10 *Metal Consumption*

*Metal Consumption* adalah sejumlah logam yang bermanfaat yang diperoleh setelah adanya *metal losses*. Beberapa contoh *metal losses* adalah :

1. Hilang pada saat pemanasan ingot pada *rolling* atau saat pemanasan pada dapur.
2. Hilang karena pemotongan (*cropping*), termasuk hilangnya kondisi permukaan.
3. Akibat *reject*.

*Metal losses* dari hasil *rolling bloom* dan *slabs*, diekspresikan sebagai prosentase dari berat awal ingot. Jika hasilnya dikenal sebagai *Metal Consumption* setiap unit produk maka dapat diperoleh dengan membagi nilai 100% dengan hasil produk.

Contoh perhitungan :

Jika hasil dari proses 97 % atau 98% dari bahan baku awal maka konsumsi per ton adalah  $100 : 97 = 1,03$  untuk grup ke satu dan  $100 : 98 = 1,02$  untuk grup ke dua (Polukhin,1974:168, 291).

### 2.11 Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik bisa didefinisikan ketika suatu gaya atau beban dari luar berkerja pada suatu sistim material, yang kemudian gaya dalam dari sistim material memberikan tahanan terhadap gaya atau beban dari luar tadi. Maka gaya dalam per unit luasan material dinamakan kekuatan tarik (Khurmi, 1980:75).

Kelebihan dari pengujian tarik adalah dapat dijadikan dasar untuk menentukan kekuatan lainnya, seperti kekuatam geser bahan yang besarnya adalah 50% dari kekuatan tarik dan kekuatan torsinya adalah 75% dari kekuatan tarik ( Amstead, 1987 :27).

Secara matematis dirumuskan dengan (Groenedijk,1980:15) :

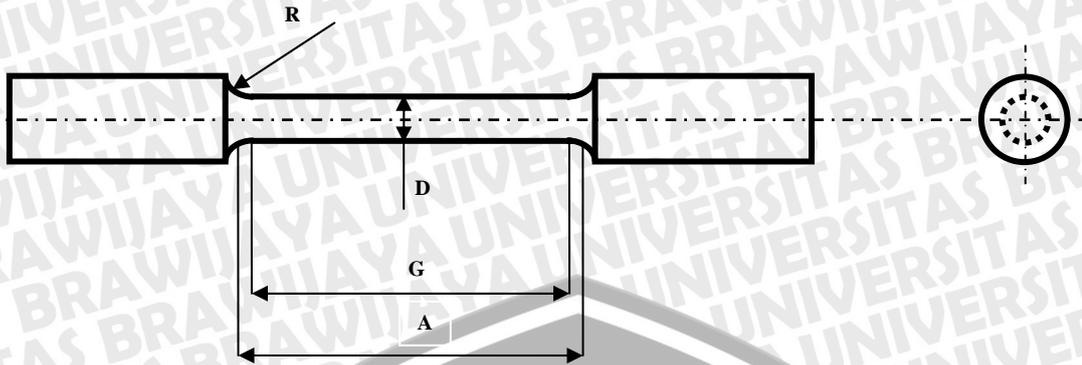
$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad (2-1)$$

Dimana :  $\sigma$  = Kekuatan tarik benda ( $\text{N.mm}^{-2}$ ).

$F$  = Gaya tarik maximum (N).

$A_0$  = Luas penampang benda ( $\text{mm}^2$ ).

Pengujian tarik ini menggunakan mesin universal yang dapat digunakan untuk pengujian tekan dan lentur. Berikut adalah gambar 2.9 yang menampilkan gambar spesimen untuk uji tarik :



Gambar 2.9 Bentuk Spesimen untuk uji tarik

Tabel 2.6 Dimensi spesimen uji tarik proposional terhadap standart

Nominal Diameter	Dimentions	
	in	mm
	0.350	8.75
<i>G-Gage length</i>	1.400±0.005	35.0±0.10
<i>D-Diameter</i>	0.350±0.007	8.75±0.18
<i>R-Radius of fillet,min</i>	1/4	6
<i>A-Length of reduce section,min</i>	1 3/4	45

Sumber : 1982 Annual book of ASTM Standart, hal.892.

## 2.12 Hipotesa

Penambahan fluk yang mengandung senyawa flor dan clor akan berpengaruh terhadap berkurangnya oksidasi dan inklusi pada logam cair. Sehingga dengan penambahan fluk yang mengandung senyawa flor dan chlor akan berpengaruh terhadap *metal consumption* dan kekuatan tarik logam.

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian nyata (*true experimental research*) yang ditujukan untuk mengetahui pengaruh variasi fraksi berat fluk terhadap *metal consumption* dan kekuatan tarik aluminium paduan. Data dan informasi pendukung diperoleh dari kajian buku, artikel dan jurnal dari internet.

### 3.2 Variabel Penelitian

#### 3.2.1 Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang dirancang untuk menentukan hasil sebuah proses atau variabel yang besarnya ditentukan sebelum penelitian. Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah variasi fraksi berat fluk NaF dan MgCl<sub>2</sub> yaitu 3%; 5%; 7%; 9%.

#### 3.2.2 Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang besarnya tergantung pada variabel bebas dan diketahui setelah penelitian dilakukan. Dalam penelitian ini variabel terikatnya adalah :

1. *Metal consumption* dari material yang dicor (gram).
2. Kekuatan tarik dari material (N.mm<sup>-2</sup>).

#### 3.2.3 Variabel Terkontrol

Variabel terikat adalah variabel yang besarnya dikendalikan selama penelitian.

Dalam hal ini variabel terkontrolnya adalah sebagai berikut:

1. Temperatur peleburan bahan coran 900°C.
2. Waktu tunggu setelah pencampuran fluk 6 menit.
3. Proses pengadukan fluk.

### 3.3 Tempat Penelitian

- Laboratorium Pengecoran Logam Universitas Brawijaya Malang.
- Laboratorium Proses Produksi Universitas Brawijaya Malang.
- Laboratorium Pengujian Bahan Universitas Brawijaya Malang.

### 3.4 Peralatan dan Bahan

#### 3.4.1 Peralatan

##### 1. Dapur Listrik

Digunakan untuk proses peleburan aluminium paduan AA 6061 BE sebagai bahan coran yang akan diuji.

Merk : Neycraft

$T_{0 \text{ min}}$  : 30°C

$T_{0 \text{ maks}}$  : 1200°C



Gambar 3.1 Dapur Listrik.

Sumber : Laboratorium Pengecoran Logam Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

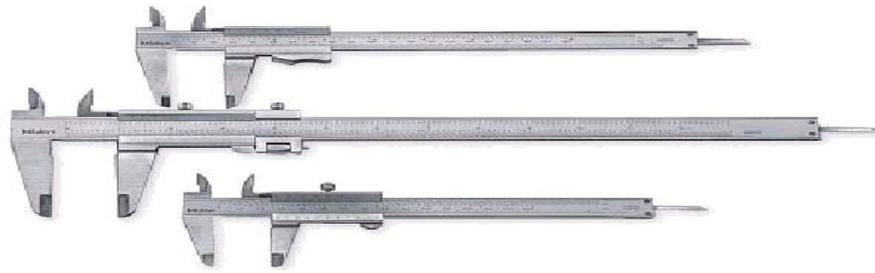
##### 2. Timbangan elektrik.



Gambar 3.2 Timbangan Elektrik.

Sumber : Laboratorium Pengecoran Logam Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

3. Jangka sorong.



Gambar 3.3 Jangka Sorong

Sumber : Laboratorium Pengecoran Logam Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

4. Cetakan logam.



Gambar 3.4 Cetakan Logam.

Sumber : Laboratorium Pengecoran Logam Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

5. Mesin bubut berikut perengkapannya.
6. Mesin Uji tarik berikut perengkapannya.
7. Peralatan tulis dan dokumentasi.
8. Peralatan keselamatan kerja.

### 3.4.2 Bahan

1. Fluk NaF dan  $MgCl_2$ .



(a)



(b)

Gambar 3.5 (a)  $MgCl_2$ , (b) NaF.

2. Aluminium paduan AA 6061 BE.

Tabel 3.1 Komposisi aluminium paduan AA 6061 BE

Jenis paduan	Prosentase (%)
Al	95,85
Si	0,80
Fe	0,70
Cu	0,40
Mn	0,15
Mg	1,20
Cr	0,35
Zn	0,25
Ti	0,15
Lain-lain	0,15

Sumber: Tabel spesifikasi AA 6061 BE (UD. Sutindo Sejahtera).

### 3.5 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang akan dilakukan meliputi :

1. Persiapan alat dan bahan untuk penelitian.
2. Penimbangan dan pemvariasian fluk sesuai dengan variabel bebas yang akan diteliti.
3. Penimbangan pertama untuk mengetahui berat aluminium sebelum dicor.
4. Peleburan dari aluminium paduan.
5. Penaburan fluk setelah aluminium mencair.
6. Waktu tunggu beberapa saat agar fluk bereaksi dengan leburan.
7. Penuangan kedalam cetakan.
8. Pembukaan cetakan.

9. Penimbangan kedua untuk mengetahui berat aluminium setelah dicor dan berat sisa coran, kemudian berat keduanya ini dibandingkan dengan berat awal sebelum dicor untuk menghitung besarnya *Metal Consumption*.

Langkah-langkah yang dilakukan pada pengujian *metal consumption* adalah sebagai berikut (Polukhin, 1974: 168, 291):

- Penimbangan pertama untuk mengetahui berat aluminium sebelum dicor.
  - Penimbangan kedua untuk mengetahui berat aluminium setelah dicor sehingga diperoleh selisih dengan berat awal yang merupakan besarnya *metal consumption*.
10. Pengkodean hasil pengecoran.
  11. Ulangi langkah 1-10, untuk langkah ke-5, campuran fluk yang dipakai sesuai dengan yang ada pada variabel bebas.
  12. Pembubutan benda hasil pengecoran sesuai standart pengujian tarik bahan.
  13. Pengujian tarik untuk mengambil data yaitu nilai dari kekuatan tarik benda kerja hasil pengecoran dengan menggunakan fluk.
  14. Analisa dari data yang sudah diperoleh untuk menghitung *Metal Consumption* dan juga kekuatan tarik.
  15. Pengambilan kesimpulan.

### 3.6 Metode Pengujian

#### 3.6.1 Pengujian *Metal Consumption*.

Langkah-langkah yang dilakukan pada pengujian *metal consumption* adalah sebagai berikut :

1. Penimbangan pertama untuk mengetahui berat aluminium sebelum dicor.
2. Penimbangan kedua untuk mengetahui berat aluminium setelah dicor sehingga diperoleh selisih dengan berat awal yang merupakan besarnya *metal consumption*.

#### 3.6.2 Pengujian Kekuatan Tarik

Langkah-langkah yang dilakukan pada pengujian tarik adalah sebagai berikut :

1. Spesimen dibentuk sesuai standart pengujian tarik, standart yang digunakan ASTM E 8.



Gambar 3.6 Spesimen Uji Tarik.

2. Spesimen diuji tarik.



Gambar 3.7 Spesimen yang telah diuji tarik.

3. Pengambilan data dari pengujian tarik.

### 3.7 Rancangan Penelitian.

Untuk melakukan penelitian ilmiah tentunya harus menggunakan metode atau prinsip-prinsip ilmiah. Apabila penulisan tersebut dilakukan melalui percobaan, maka perancangan percobaan merupakan suatu pola atau prosedur untuk mengumpulkan data dalam penelitian tersebut atau dengan kata lain perancangan percobaan adalah menempatkan perlakuan kedalam satuan-satuan percobaan dengan tujuan untuk mendapatkan data yang memenuhi persyaratan ilmiah, sebelum dianalisis melalui statistika. Hasil pengukuran dan pengambilan data dari masing-masing spesimen dikumpulkan pada tabel berikut.

Tabel 3.2. Rancangan penelitian untuk *metal consumption* pada variasi fraksi berat fluk (gram).

Perlakuan	<i>Metal Consumption</i> (gram)			
	campuran 1 berat fluk 3%	campuran 2 berat fluk 5%	campuran 3 berat fluk 7%	campuran 4 berat fluk 9%
1	$Y_{11}$	$Y_{12}$	$Y_{13}$	$Y_{14}$
2	$Y_{21}$	$Y_{22}$	$Y_{23}$	$Y_{24}$
3	$Y_{31}$	$Y_{32}$	$Y_{33}$	$Y_{34}$
<b>Jumlah</b>	$\Sigma Y_{i1}$	$\Sigma Y_{i2}$	$\Sigma Y_{i3}$	$\Sigma Y_{i4}$
<b>Nilai rata-rata</b>	$\mu_1$	$\mu_2$	$\mu_3$	$\mu_4$

Ket :  $Y_{11}, Y_{12}, \dots, Y_{35}$  adalah nilai dari *metal consumption*.

$Y_{ij}$  = Data pengamatan *metal consumption* pada ulangan ke  $i$  variasi campuran fluk ke  $j$ .

Tabel 3.3. Rancangan penelitian untuk kekuatan tarik pada variasi fraksi berat fluk ( $N \cdot mm^{-2}$ ).

Perlakuan	Kekuatan Tarik ( $N/mm^2$ )			
	campuran 1 berat fluk 3%	campuran 2 berat fluk 5%	campuran 3 berat fluk 7%	campuran 4 berat fluk 9%
1	$Y_{11}$	$Y_{12}$	$Y_{13}$	$Y_{14}$
2	$Y_{21}$	$Y_{22}$	$Y_{23}$	$Y_{24}$
3	$Y_{31}$	$Y_{32}$	$Y_{33}$	$Y_{34}$
Jumlah	$\Sigma Y_{i1}$	$\Sigma Y_{i2}$	$\Sigma Y_{i3}$	$\Sigma Y_{i4}$
Nilai rata-rata	$\mu_1$	$\mu_2$	$\mu_3$	$\mu_4$

Ket :  $Y_{11}, Y_{12}, \dots, Y_{35}$  adalah nilai dari kekuatan tarik.

$Y_{ij}$  = Data pengamatan kekuatan tarik pada ulangan ke  $i$  variasi campuran fluk ke  $j$ .

### 3.7.1 Analisis Varian Satu Arah

Setelah data-data terkumpul tahap selanjutnya adalah peranan statistika untuk memudahkan mengolah atau analisis data dan interpretasi data hasil percobaan. Dalam penelitian ini digunakan analisis varian satu arah. Dari analisis varian satu arah ini akan diketahui ada tidaknya pengaruh variasi prosentase campuran fluk terhadap *metal consumption* dan kekuatan tarik hasil pengecoran aluminium paduan.

Dari tabel 3.1 dan 3.2, maka harga *metal consumption* dan kekuatan tarik sebagai variabel terikat dianggap  $\mu_1, \mu_2, \mu_3$  dan  $\mu_4$ . Sehingga dapat diambil hipotesis sebagai berikut:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 \text{ (Tidak ada pengaruh nyata)}$$

$$H_1 : \mu_1 \leq \mu_2 \leq \mu_3 \leq \mu_4 \text{ (Ada pengaruh nyata)}$$

Berdasarkan data pada tabel 3.1 dan 3.2 tersebut di atas dapat dihitung antara lain:

$$1. \text{ Jumlah seluruh perlakuan} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} \quad (3-1)$$

$$2. \text{ Jumlah kuadrat seluruh perlakuan} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2 \quad (3-2)$$

$$3. \text{ Faktor koreksi (fk)} = \frac{\left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} \right)^2}{\sum ni} \quad (3-3)$$

$$4. \text{ Jumlah kuadrat total (JKT)} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2 - fk \quad (3-4)$$

$$5. \text{ Jumlah kuadrat perlakuan (JKP)} = \frac{\sum_{j=1}^k \left( \sum_{i=1}^n Y_{ij} \right)^2}{n_i} - fk \quad (3-5)$$

$$6. \text{ Jumlah kuadrat galat (JKG)} = \text{JKT} - \text{JKP} \quad (3-6)$$

$$7. \text{ Kuadrat tengah perlakuan (KTP)} = \frac{\text{JKP}}{k-1} \quad (3-7)$$

$$8. \text{ Kuadrat tengah galat (KTG)} = \frac{\text{JKG}}{N-k} \quad (3-8)$$

Dari data perhitungan di atas dapat dicari  $F_{hitung}$  dengan rumus:

$$F_{hitung} = \frac{\text{KTP}}{\text{KTG}} \quad (3-9)$$

Untuk uji analisis varian dibuat tabel analisis varian satu arah sebagai berikut:

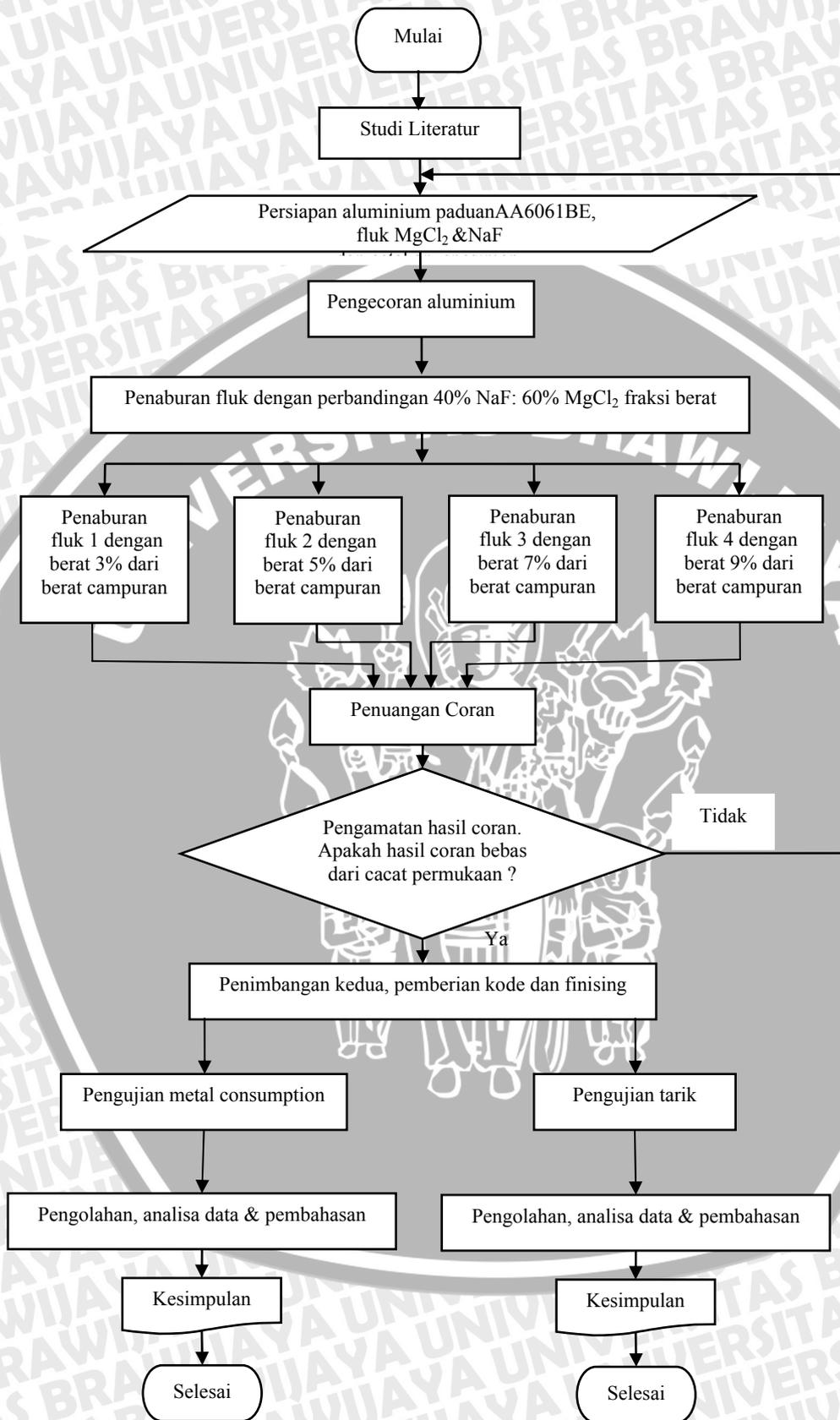
Tabel 3.4. Tabel analisis varian satu arah

Jumlah Varian	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Total	$F_{hitung}$	$F_{tabel}$
Pengujian	k-1	JKP	KTP	$F_{hitung} = \frac{\text{KTP}}{\text{KTG}}$	
Galat	N-k	JKG	KTG		
Total	N-1	JKT			

Pengujian ada tidaknya pengaruh perlakuan adalah dengan membandingkan antara  $F_{hitung}$  dengan  $F_{tabel}$ , sehingga :

1. Jika  $F_{hitung} > F_{tabel}$ , berarti  $H_0$  ditolak. Hal ini menyatakan bahwa ada perbedaan yang berarti antara variasi prosentase campuran fluk terhadap *metal consumption* dan kekuatan tarik hasil pengecoran aluminium paduan.
2. Jika  $F_{hitung} < F_{tabel}$ , berarti  $H_0$  diterima. Hal ini menyatakan bahwa tidak ada perbedaan yang berarti antara variasi prosentase campuran fluk terhadap *metal consumption* dan kekuatan tarik hasil pengecoran aluminium paduan.

### 3.8 Diagram Alir Penelitian



## BAB IV

## ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

## 4.1 Data Hasil Pengujian.

4.1.1 Data Hasil Pengujian *Metal Consumption*.

Dari penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh data hasil pengujian *Metal Consumption* seperti pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian *Metal Consumption* (gram per gram).

Perlakuan	1	2	3	4
1	1,07	1,00	1,10	1,11
2	1,05	1,11	1,02	1,03
3	0,99	1,05	1,09	1,11
jumlah	3,21	3,16	3,21	3,25
rata-rata	1,07	1,05	1,07	1,08

Keterangan dari Tabel 4.1 sebagai berikut :

Variasi fraksi berat fluk	Fraksi berat fluk (%)
1	3%
2	5%
3	7%
4	9%

Analisa Statistik untuk *Metal Consumption*, sebagai contoh adalah pada variasi campuran ke satu yaitu fraksi berat 3%, sebagai berikut :

- *Metal Consumption* Rata – rata

$$\begin{aligned}\bar{x} &= \frac{\sum x}{n} \\ &= \frac{3,21}{3} \\ &= 1,07\end{aligned}$$

- Standar Deviasi

$$\begin{aligned}\sigma &= \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}} \\ \sigma &= \sqrt{\frac{0,07}{3-1}} \\ \sigma &= \sqrt{0,0085} = 0,09\end{aligned}$$

Standar Deviasi Rata – rata

$$\begin{aligned} \bar{\sigma} &= \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \\ &= \frac{0,09}{\sqrt{3}} \\ &= 0,05 \end{aligned}$$

- Interval Penduga

$$\begin{aligned} \text{Derajat Bebas (db)} &= n - 1 \\ &= 3 - 1 \\ &= 2 \end{aligned}$$

Dari tabel – T, dengan  $\alpha = 5\%$ , maka  $t(\alpha/2 ; db) = t(0.025 ; 2) = 4,303$

$$\begin{aligned} \bar{x} - t(\alpha/2, db) \cdot \bar{\sigma} < \mu < \bar{x} + t(\alpha/2, db) \cdot \bar{\sigma} \\ 1,07 - (4,303 \cdot 0,05) < \mu < 1,07 + (4,303 \cdot 0,05) \\ 0,84 < \mu < 1,30 \end{aligned}$$

Jadi dengan tingkat keyakinan 95%, pada variasi prosentase campuran ke satu dengan 40% NaF dan 60% MgCl<sub>2</sub>, diperoleh interval antara 0.956866097 sampai dengan 1.275709416. Dengan perhitungan yang sama dapat diketahui interval *Metal Consumption* untuk variasi fraksi berat campuran 2,3,4 dan 5, seperti pada tabel 4.2

Tabel 4.2 Interval Penduga untuk *Metal Consumption*

	Perlakuan			
	1	2	3	4
<i>Metal Consumption</i> Rata-rata (kg per kg)	1,06	1,05	1,07	1,08
Standar Deviasi Rata-rata	0,05	0,03	0,02	0,02
Interval Penduga <i>Metal Consumption</i>	0,84	0,93	0,96	0,98
	< $\mu$ <	< $\mu$ <	< $\mu$ <	< $\mu$ <
	1,30	1,18	1,18	1,19

#### 4.1.1.1 Analisa Varian Satu Arah Untuk *Metal Consumption*.

Untuk mengetahui apakah ada pengaruh nyata antara variasi fraksi berat fluk terhadap *Metal Consumption* maka dilakukan analisa terhadap data hasil penelitian dan perhitungannya adalah sebagai berikut :

- Jumlah seluruh perlakuan

$$\begin{aligned}
 &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} \\
 &= 1,07 + 1,05 + 0,99 + \dots + 1,11 \\
 &= 12,83
 \end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat seluruh perlakuan

$$\begin{aligned}
 &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2 \\
 &= (1,07)^2 + (1,05)^2 + (0,99)^2 + \dots + (1,11)^2 \\
 &= 13,75
 \end{aligned}$$

- Faktor koreksi ( $fk$ )

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} \right)^2}{n.k} \\
 &= \frac{(12,83)^2}{3.4} = 13,72
 \end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat total (JKT)

$$\begin{aligned}
 &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2 - fk \\
 &= 13,75 - 13,72 \\
 &= 0,03
 \end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat perlakuan (JKP)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\sum_{j=1}^k \left( \sum_{i=1}^n Y_{ij} \right)^2}{n} - fk \\
 &= \left( \frac{(3,21)^2 + (3,16)^2 + \dots + (3,25)^2}{3} \right) - 13,72 \\
 &= 0,0013
 \end{aligned}$$



- Jumlah kuadrat galat (JKG)
 
$$= JKT - JKP$$

$$= 0,0308 - 0,0013$$

$$= 0,0295$$
- Kuadrat tengah perlakuan (KTP)
 
$$= \frac{JKP}{k - 1}$$

$$= \frac{0,0013}{4 - 1}$$

$$= 0,0004$$

- Kuadrat tengah galat (KTG)
 
$$= \frac{JKG}{k(n - 1)}$$

$$= \frac{0,0295}{4(3 - 1)}$$

$$= 0,0037$$

- Dari data perhitungan di atas dapat dicari  $F_{hitung}$  dengan rumus:

$$F_{hitung} = \frac{KTP}{KTG} = \frac{0,0004}{0,0037} = 0,1177$$

Tabel 4.3 Tabel analisa varian satu arah untuk *Metal Consumption*

$\Sigma$ Varian	db	$\Sigma$ Kuadrat	Kuadrat Tengah	Fhitung	Ftabel
Perlakuan	3	0,0013	0,0004	0,1177	3,48
Galat	8	0,0295	0,0037		
Total	11	0,0308			

Dari tabel 4.3 diketahui bahwa  $F_{hitung}$  lebih kecil dari  $F_{tabel}$ , ini menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh nyata antara variasi fraksi berat fluk NaF dan  $MgCl_2$ , terhadap *Metal Consumption*.

#### 4.1.2 Data Hasil Pengujian Kekuatan Tarik.

Dari penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh data hasil pengujian untuk kekuatan tarik seperti pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Data Hasil Pengujian Kekuatan Tarik ( N.mm<sup>2</sup>).

Perlakuan	1	2	3	4
1	419,05	392,28	369,52	358,10
2	415,24	380,95	380,95	380,95
3	417,14	400,00	392,38	388,57
jumlah	1245,71	1173,33	1142,86	1127,62
rata-rata	415,24	391,11	380,95	373,87

Keterangan dari Tabel 4.5 sebagai berikut :

Variasi fraksi berat fluk	Fraksi berat fluk (%)
1	3%
2	5%
3	7%
4	9%

Analisa Statistik untuk Kekuatan Tarik , sebagai contoh adalah pada variasi fraksi berat ke satu yaitu fraksi berat 3%, sebagai berikut:

- Metal Consumption Rata – rata

$$\begin{aligned}\bar{x} &= \frac{\sum x}{n} \\ &= \frac{1245,71}{3} \\ &= 415,24\end{aligned}$$

- Standar Deviasi

$$\begin{aligned}\sigma &= \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \\ \sigma &= \sqrt{\frac{1}{4} (29,02)} \\ \sigma &= \sqrt{14,51} \\ &= 3,81\end{aligned}$$

- Standar Deviasi Rata – rata

$$\begin{aligned} \bar{\sigma} &= \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \\ &= \frac{3,81}{\sqrt{3}} \\ &= 2,20 \end{aligned}$$

- Interval Penduga

$$\begin{aligned} \text{Derajat Bebas (db)} &= n - 1 \\ &= 3 - 1 \\ &= 2 \end{aligned}$$

Dari tabel – T, dengan  $\alpha = 5\%$ , maka  $t(\alpha/2 ; db) = t(0.025 ; 2) = 4,303$

$$\bar{x} - t(\alpha/2, db) \cdot \bar{\sigma} < \mu < \bar{x} + t(\alpha/2, db) \cdot \bar{\sigma}$$

$$415,24 - (4,303 \cdot 32,20) < \mu < 415,24 + (4,303 \cdot 2,20)$$

$$405,77 < \mu < 424,70$$

Jadi dengan tingkat keyakinan 95%, pada variasi prosentase campuran ke satu dengan 40% NaF dan 60% MgCl<sub>2</sub>, diperoleh interval antara 1225,637801 sampai dengan 1256,79077. Dengan perhitungan yang sama dapat diketahui interval Kekuatan Tarik untuk variasi fraksi berat 2,3,4 dan 5, seperti pada tabel 4.6

Tabel 4.6 Interval Penduga untuk Kekuatan Tarik

	Perlakuan			
	1	2	3	4
Kekuatan Tarik Rata-rata ( N.mm <sup>-2</sup> )	415,24	391,11	380,95	375,97
Standar Deviasi Rata-rata	2,20	5,53	6,60	9,16
Interval Penduga Kekuatan Tarik	405,77 < μ < 427,70	367,29 < μ < 414,93	352,56 < μ < 409,34	336,47 < μ < 415,27

#### 4.1.2.1 Analisa Varian Satu Arah Untuk Kekuatan Tarik

Untuk mengetahui apakah ada pengaruh nyata antara variasi fraksi berat fluk terhadap kekuatan tarik maka dilakukan analisa terhadap data hasil penelitian dan perhitungannya adalah sebagai berikut :

- Jumlah seluruh perlakuan

$$\begin{aligned} &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} \\ &= 419,05 + 415,24 + 411,43 + \dots + 388,57 \\ &= 3527,62 \end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat seluruh perlakuan

$$\begin{aligned} &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2 \\ &= (419,05)^2 + (415,24)^2 + (411,43)^2 + \dots + (388,57)^2 \\ &= 1540252,15 \end{aligned}$$

- Faktor koreksi ( $fk$ )

$$\begin{aligned} &= \frac{\left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} \right)^2}{n.k} \\ &= \frac{(3527,62)^2}{3 \times 4} = 1037008,01 \end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat total (JKT)

$$\begin{aligned} &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2 - fk \\ &= 1540252,15 - 1037008,01 \\ &= 503244,14 \end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat perlakuan (JKP)

$$\begin{aligned} &= \frac{\sum_{j=1}^k \left( \sum_{i=1}^n Y_{ij} \right)^2}{n} - fk \\ &= \left( \frac{(1245,71)^2 + (1173,33)^2 + \dots + (1127,62)^2}{3} \right) - 1037008,01 \\ &= 38859,56 \end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat galat (JKG)
 
$$= JKT - JKP$$

$$= 503244,14 - 38859,56$$

$$= 463384,58$$
- Kuadrat tengah perlakuan (KTP)
 
$$= \frac{JKP}{k-1}$$

$$= \frac{38859,56}{4-1}$$

$$= 12953,19$$

- Kuadrat tengah galat (KTG)
 
$$= \frac{JKG}{k(n-1)}$$

$$= \frac{463384,58}{4(3-1)}$$

$$= 58048,07$$

- Dari data perhitungan di atas dapat dicari  $F_{hitung}$  dengan rumus:

$$F_{hitung} = \frac{KTP}{KTG} = \frac{12953,19}{58048,07} = 0,22$$

Tabel 4.7 Tabel analisa varian satu arah untuk Kekuatan Tarik

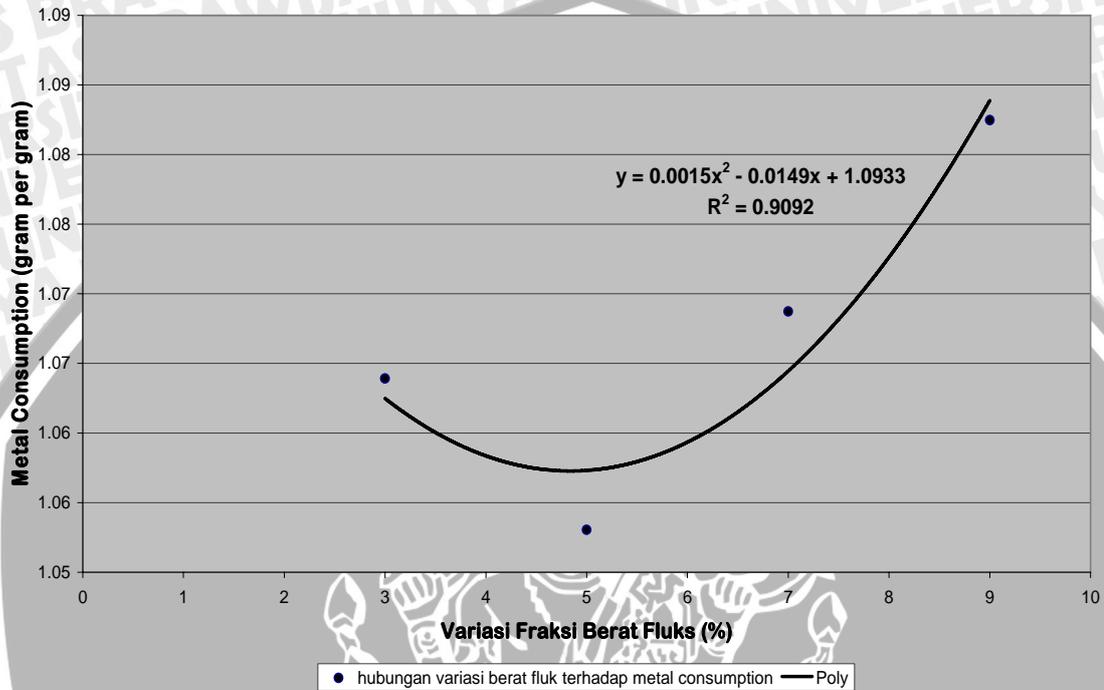
$\Sigma$ Varian	db	$\Sigma$ Kuadrat	Kuadrat tengah	Fhitung	Ftabel
Perlakuan	3	38859,56	12953,19	0,22	3,48
Galat	8	463384,58	58048,07		
Total	11	503244,14			

Dari tabel 4.3 diketahui bahwa  $F_{hitung}$  lebih kecil dari  $F_{tabel}$ , ini menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh nyata antara variasi fraksi berat fluk NaF dan  $MgCl_2$ , terhadap Kekuatan Tarik aluminium.

4.2 Pembahasan

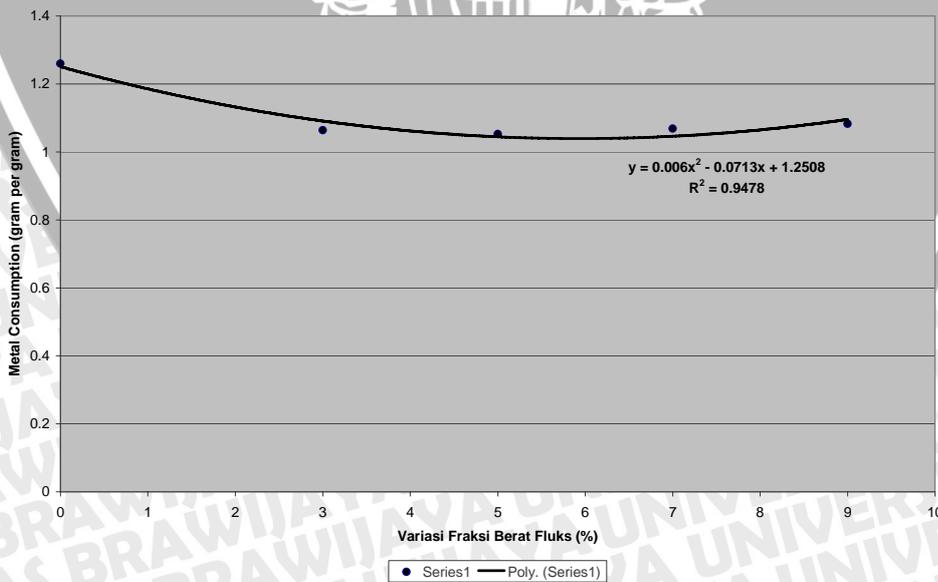
4.2.1 Pembahasan pengaruh variasi fraksi berat fluk terhadap *Metal Consumption*.

Grafik Hubungan Variasi Fraksi Berat Fluks terhadap Metal Consumption



Gambar 4.1 Grafik hubungan variasi fraksi berat fluk terhadap *Metal Consumption*

Grafik Pembeding Metal Consumption



Gambar 4.2 Grafik pengaruh fluk terhadap *Metal Consumption*

Keterangan dari gambar 4.1 sebagai berikut :

Variasi fraksi berat fluk	Fraksi berat fluk (%)
1	3%
2	5%
3	7%
4	9%

Pada Gambar 4.1 menunjukkan Grafik hubungan variasi fraksi berat fluk terhadap *Metal Consumption*, dapat dilihat bahwa *Metal Consumption* cenderung turun secara parabolik ketika mulai ditambahkan fluk pada aluminium paduan, dengan persamaan  $y = 0,0015x^2 - 0,0149x + 1,0933$  dengan nilai minimum sebesar 1,0563 gram per gram. Sampai pada variasi tertentu kemudian terus naik seiring dengan perubahan variasi fraksi berat fluk.

Dari gambar 4.1 dapat diketahui bahwa dari variasi fluk ke satu yaitu dengan variasi fraksi berat fluk 3%, nilai *Metal Consumption* rata-rata adalah sebesar 1,07 gram per gram, terus turun pada variasi fraksi berat fluk ke dua dengan berat fluk 5%, dengan nilai *Metal Consumption* rata-rata adalah 1,05 gram per gram, dan mencapai titik terendah pada 1,06 gram per gram. Selanjutnya naik pada variasi fraksi berat fluk ke tiga dengan fraksi berat fluk kurang lebih 7%, dengan nilai *Metal Consumption* adalah 1,07 gram per gram. Kenaikan ini disebabkan karena semakin meningkatnya fraksi berat fluk yang mengandung flor pada variasi fraksi berat fluk ke tiga sampai ke empat. Bila ditinjau dari dasar teori yang ada kenaikan fraksi berat dari fluk yang mengandung flor dapat membantu proses penetrasi fluk ke dalam lapisan oksida logam dari leburan aluminium untuk membantu proses pemisahan unsur yang masih mengandung logam aluminium pada dross (Utigard,1998:2), yaitu kumpulan oksida-oksida yang terjadi pada proses pencairan logam yang membentuk suatu lapisan di permukaan leburan aluminium. Tetapi karena fluk yang mengandung chlor lebih banyak daripada flor, maka jumlah logam aluminium yang dibutuhkan juga semakin meningkat.

Pada variasi fraksi berat fluk keempat dengan berat fluk 9%, dengan nilai rata-rata *Metal Consumption* 1,08 gram per gram, terus mengalami tanda-tanda kenaikan. Kembali kepada dasar teori yang ada selain dengan meningkatnya kadar fluk yang mengandung flor dapat memberikan nilai positif dimana dengan variasi tertentu dapat menurunkan *Metal Consumption*, akan tetapi meningkatnya fraksi berat fluk yang mengandung flor juga dapat memberikan pengaruh negatif. Karena dengan semakin

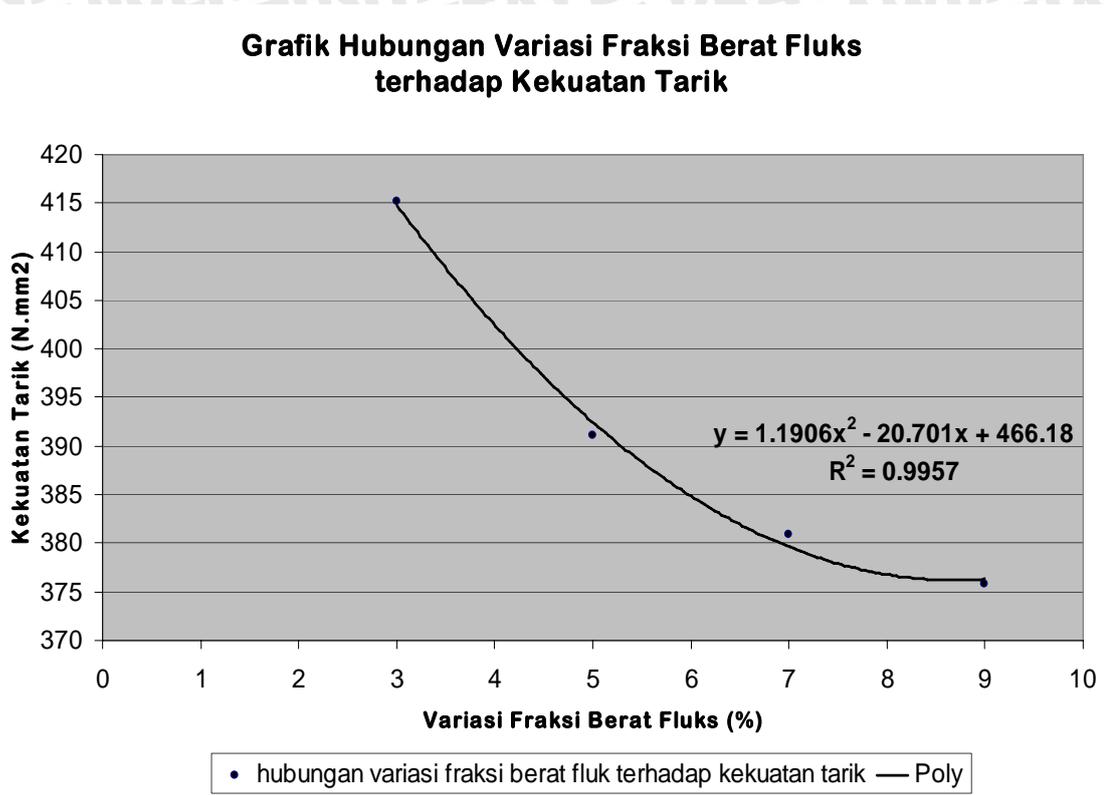
meningkatnya kadar fluk yang mengandung flor akan mempertebal lapisan dari fluk sehingga mengurangi fungsi dari fluk itu sendiri (Utigard,1998:2). Akibat berkurangnya fungsi fluk yang mengandung flor maka akan mengurangi efektifitas didalam pemisahan logam aluminium dari dross kembali ke dalam leburan, hal ini mengakibatkan jumlah leburan menurun yang secara langsung berpengaruh pada nilai *Metal Consumption*.

Dalam proses pemberian fluk ini fluk yang mengandung flor mempunyai peranan yang lebih dibanding dengan fluk yang mengandung klor di dalam proses pemisahan oksida dengan logam yang diikatnya karena fluk yang mengandung flor lebih reaktif dari fluk yang mengandung klor (Utigard,1998:7). Akan tetapi  $MgCl_2$  sebagai fluk yang mengandung klor dapat membantu menurunkan titik lebur dan *hydroscopic* dari fluk (Utigard,1998:12).

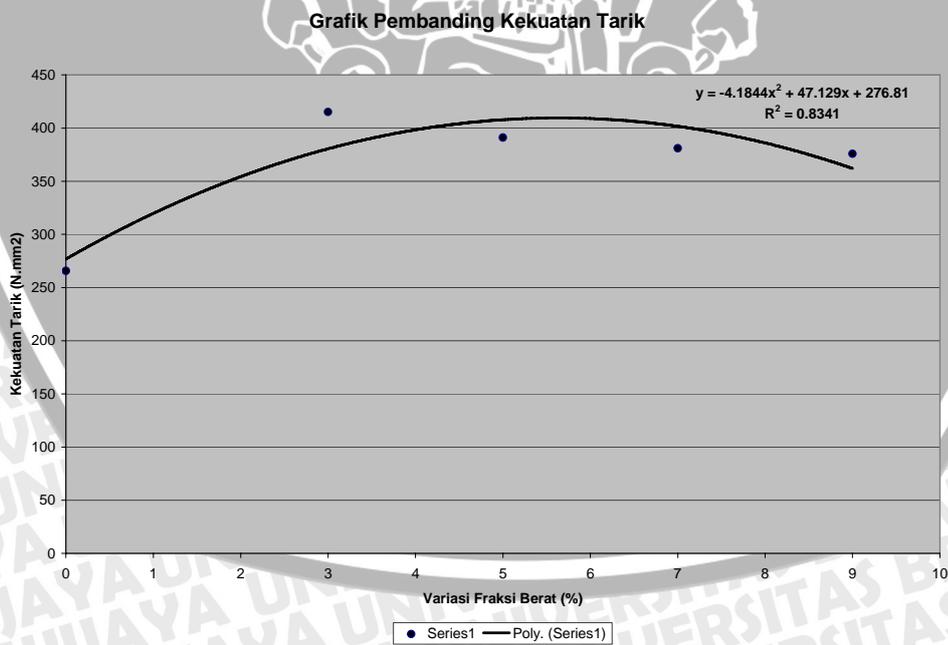
Dari penelitian dapat diketahui bahwa variasi fraksi berat fluk 7%, merupakan campuran fluk yang tepat dalam proses pemisahan unsur logam aluminium dengan oksidanya pada proses peleburan aluminium sehingga dapat menurunkan nilai dari *Metal Consumption*.



4.2.2 Pembahasan pengaruh variasi fraksi berat fluk terhadap Kekuatan Tarik.



Gambar 4.3 Grafik hubungan variasi fraksi berat fluk terhadap Kekuatan Tarik

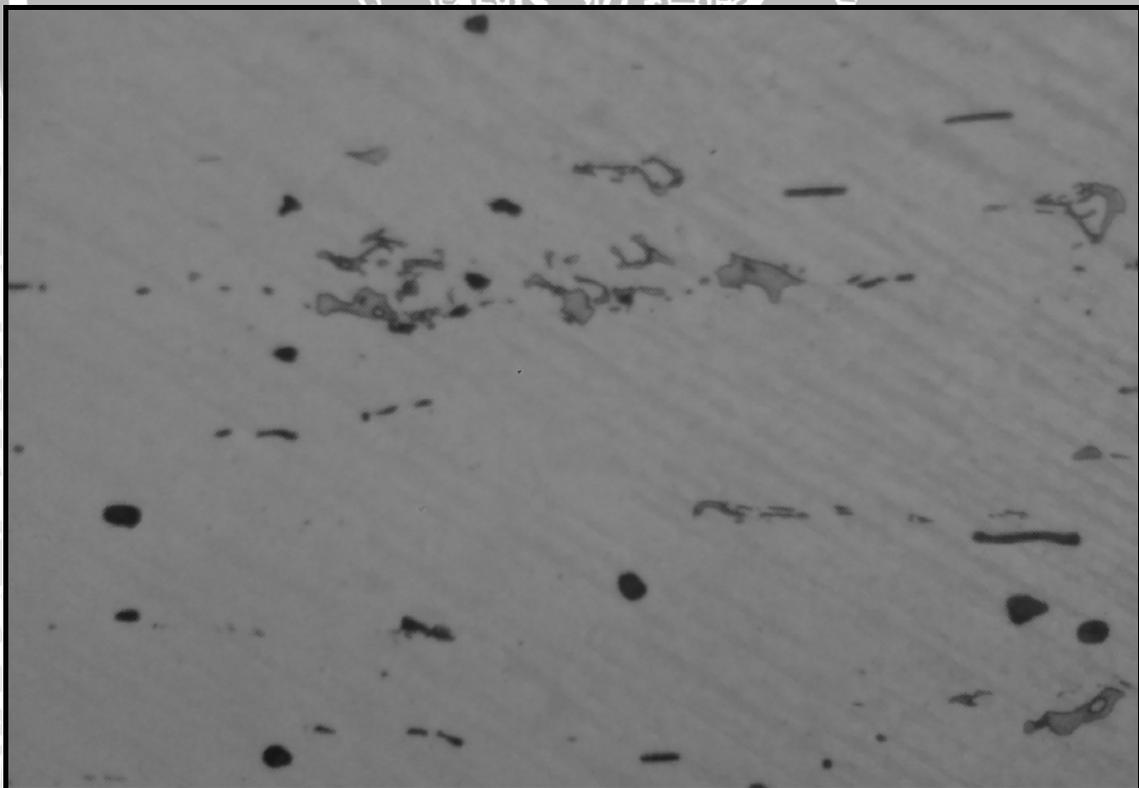


Gambar 4.4 Grafik hubungan pengaruh fluk terhadap Kekuatan Tarik

Keterangan dari gambar 4.2 sebagai berikut :

Variasi fraksi berat fluk	Fraksi berat fluk (%)
1	3%
2	5%
3	7%
4	9%

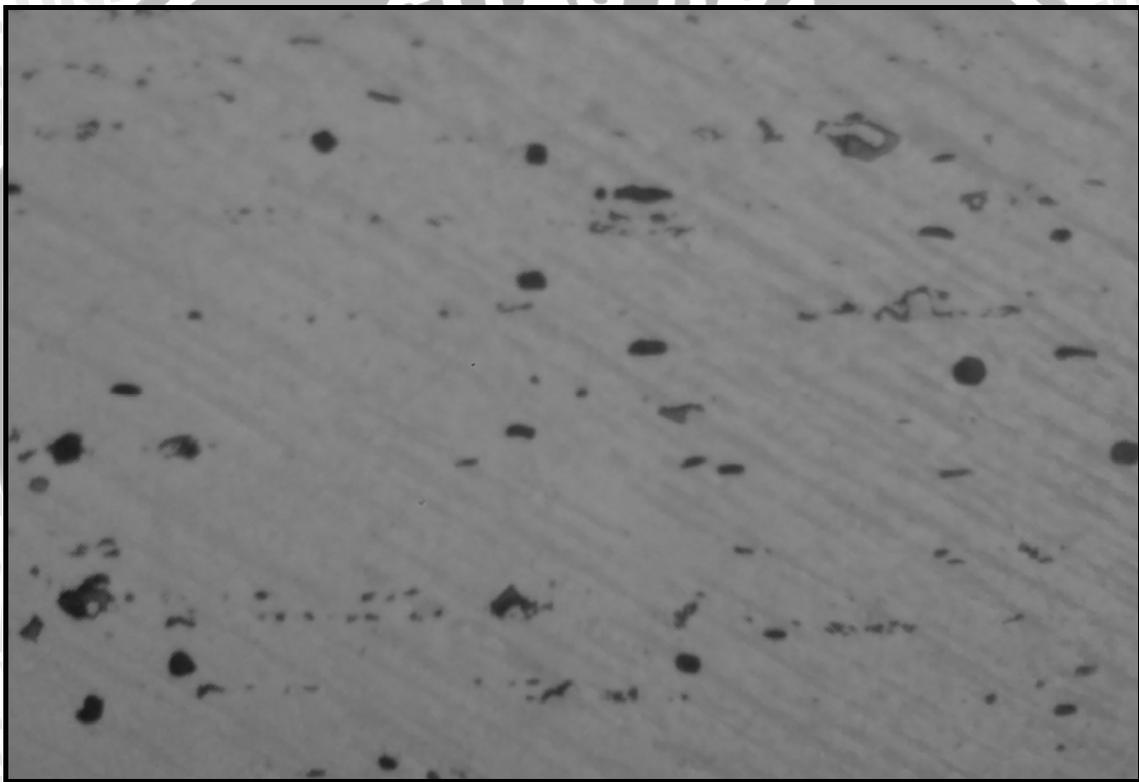
Dari data yang ada menunjukkan bahwa kekuatan tarik mengalami peningkatan dengan penambahan fluk pada aluminium. Pada Gambar 4.2 menunjukkan grafik hubungan variasi fraksi berat fluk terhadap kekuatan tarik. Kekuatan tarik aluminium yang sebelumnya berkisar pada  $265,71 \text{ N.mm}^{-2}$  mengalami kenaikan pada variasi fraksi berat fluk ke satu yaitu fraksi berat fluk 3%, dengan nilai kekuatan tarik rata-rata  $415,24 \text{ N.mm}^{-2}$ , menurun pada variasi fraksi berat fluk ke dua pada titik 2 dengan nilai kekuatan tarik  $391,11 \text{ N.mm}^{-2}$ . Seharusnya jika ditinjau kembali pada teori dasar, dengan semakin meningkatnya berat fluk yang mengandung flor pada tiap variasi fluk akan membantu meningkatnya pengurangan inklusi pada leburan aluminium, karena jika pada leburan aluminium logam terdapat inklusi yang berlebih maka akan mengakibatkan turunnya sifat mekanik dari material.



Gambar 4.5 Foto mikro spesimen fluk 3% dengan pembesaran 250x.

Setelah dilakukan pada foto mikro spesimen uji, terjadi adanya porositas pada bagian dalam spesimen uji, ini menandakan bahwa terjadi inklusi pada saat proses pengecoran. Porositas ini dapat dilihat dengan adanya butiran-butiran hitam pada gambar spesimen. Dari gambar diatas juga terlihat bahwa ada bercak-bercak yang merupakan sisa campuran fluk yang tidak larut, hal ini terlihat dari mikro setelah pengujian tarik. Porositas ini menyebabkan turunnya tahanan penampang spesimen terhadap gaya pengujian yang diberikan pada spesimen, sehingga kekuatan tarik turun.

Seperti pada *Metal Consumption* dengan semakin meningkatnya fraksi berat fluk yang mengandung flor pada prosentase tertentu dapat menyebabkan inklusi yang terjadi pada leburan turun sehingga dapat menaikkan kekuatan tarik material.



Gambar 4.6 Foto mikro spesimen fluk 7% dengan pembesaran 250x

Kemudian kekuatan tarik terus turun mencapai  $380,95 \text{ N.mm}^{-2}$  setelah melewati titik variasi ke 3 dengan variasi berat 7%, hingga mencapai titik variasi keempat dengan fraksi berat fluk 9%, dengan nilai kekuatan tarik rata-rata  $375,87 \text{ N.mm}^{-2}$ . Walaupun kekuatannya menurun, tetapi tingkat penurunannya cenderung rendah pada variasi berat fluk 3% sampai 9%. Kecenderungan ini menandakan berkurangnya tingkat porositas yang ditunjukkan dengan berkurangnya bercak-bercak pada hasil foto mikro

spesimen pada gambar 4.4, sehingga tahanan penampang spesimen terhadap gaya yang diberikan lebih besar dan kekuatan tariknya naik.

Berdasar pada kajian pustaka beberapa fluk yang digunakan dalam proses pengecoran dapat menambah elemen dari unsur penyusun fluk ke dalam leburan atau disebut *metal transfer* (Utigard,1998: 2, 11). Fluk NaF akan menambahkan unsur Na pada leburan aluminium (Utigard,1998:2). Maka dengan bertambahnya berat NaF pada fluk maka akan menambah jumlah unsur Na pada leburan. Sedangkan menurut teori unsur Na ini adalah merupakan pengotor/inklusi pada proses pengecoran (Utigard,1998:9), maka dengan bertambahnya fluk NaF maka unsur Na akan bertambah dan menjadi inklusi pada leburan aluminium yang dapat menyebabkan turunnya kekuatan mekanik dari material (Utigard,1998:11).

Dari hasil penelitian dapat diketahui penggunaan fluk dengan fraksi berat 3%, merupakan campuran yang tepat dalam penghilangan inklusi pada Aluminium sehingga dapat meningkatkan kekuatan tarik dari Aluminium.



## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisa data dapat diambil kesimpulan, bahwa tidak ada pengaruh yang nyata dengan perubahan variasi fraksi berat fluk dari 3% sampai dengan 9%, tetapi dapat diperoleh dua kondisi, yaitu:

- **Metal Consumption**

Untuk variasi fraksi berat  $3\% \leq x \leq 4,967\%$ , terjadi penurunan nilai *metal consumption* secara parabolik. Kemudian untuk untuk variasi fraksi berat  $4,967\% \leq x \leq 9\%$  terjadi kenaikan nilai *metal consumption*, dimana *metal consumption* terendah terjadi pada  $x = 4,967\%$  dengan nilai *metal consumption* sebesar 1,0563 gram per gram.

- **Kekuatan Tarik**

Untuk variasi fraksi berat  $3\% \leq x \leq 8,692\%$ , terjadi penurunan nilai kekuatan tarik secara parabolik. Kemudian untuk untuk variasi fraksi berat  $8,692\% \leq x \leq 9\%$  terjadi kenaikan nilai kekuatan tarik, dimana kekuatan tarik minimum terjadi pada  $x = 8,692\%$  dengan nilai kekuatan tarik sebesar  $370,606 \text{ N.mm}^{-2}$ .

### 5.2 Saran

1. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut dengan memvariasikan prosentase campuran fluk terhadap logam aluminium yang akan dicor.
2. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap variabel terikat lainnya.
3. Pada saat melakukan penelitian hendaknya sangat diperhatikan pengontrolan terhadap variabel bebas, harapannya dengan pengontrolan yang baik diperoleh hasil penelitian yang akurat.



## DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, K. 2008. *Pengaruh Variasi Prosentase Fluk Naf, MgCl<sub>2</sub> Terhadap Metal Consumption dan Kekuatan Tarik Aluminium Paduan AA 6061*. Malang.
- Amstead,B.H.,Oswald,Philip F. Dan Begemab, Myron L. 1987. *Manufacturing Process*. Singapore: John Wiley and Sons.
- Amanto, Hari., Daryanto. 2006. *Ilmu Bahan*. Jakarta : PT, Bumi Aksara.
- Budinski,G.K. 1996. *Engineering Materials : Properties and Selection(5<sup>th</sup>.ed)*. New Jersey : Prentice Hall.
- DeGarmo,E.Paul. 1969. *Material and Process in Manufacturing (3<sup>th</sup>.ed)*. New York: The Macmillian Company.
- Dieter,George.F., Djaprie, Sriati. 1988. *Metalurgi Mekanik*. Jakarta: Erlangga.
- Donalt,T.et. *High Purity Salt Aluminium Flux*.US. Patent No.60533959.
- Heine,W., Loper,C.R.Jr dan Rosenthal,P.C. 1967. *Principle of Metal Casting (2<sup>nd</sup>.ed)*. New Delhi: Tata Mc Graw Hill Publishing Company Ltd.
- Jain,P.L 1979. *Principle of Foundry Technology*. New Delhi: Tata Mc Graw Hill Publishing Company Ltd.
- Khurmi, R.S. dan Gupta,J.K. 1980. *Machine Design*. New Delhi: Eurasia Publishing House(Put) Ltd.
- Novianto, Oksatria. 2008. *Aluminium, Bahan Utama Mobil Masa Depan*. (<http://www.mobilku.com>) . Tanggal akses: 12 Juli 2008.
- Polukhin,P.,Fedosov,N.,Korloyov,A.,and Metvejew,Y. 1974. *Rolling Mill Practice*. Moskow: Peace Publisher.
- Surdia, Tata dan Chijiwa, Kenji. 1986. *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Utigard T.A. 1998, *Properties of Fluxes Used in Molten Aluminium Processing*. (<http://www.sciencedirect.com>). Tanggal akses: 10 Maret 2008.
- World of Alluminium.2007. *Alluminium Reduction Technology*. (<http://ww.world-aluminium.org>). Tanggal akses: 5 Mei 2008.
- World Metal Ascociation. *Molten Light Metal Processing : Part One*. (<http://www.keytometal.com.ru/>). Tanggal akses: 10 Mei 2008.
- Yitnosumarto,S. 1993. *Percobaan, Perancangan, Analisis dan Interpretasinya*. Jakarta: P.T. Gramedia Pustaka Utama.