



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**ANALISA KOMPUTASI *STIR CASTING* MENGGUNAKAN
PERANGKAT LUNAK FLUENT**

TUGAS AKHIR

ALDILA SATRIA NEGARA

L2E 007 012

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN**

SEMARANG

2012

TUGAS SARJANA

Diberikan kepada:

Nama : Aldila Satria Negara

NIM : L2E007012

Pembimbing : Dr. Jamari, ST, MT

Jangka Waktu : 9 (Sembilan) bulan

Judul : **Analisa Komputasi *Stir Casting* Menggunakan Perangkat Lunak Fluent**

Isi Tugas :

1. Pemodelan *stir casting* dengan *software* Fluent.
2. Prediksi persebaran SiC yang terjadi pada saat proses *stir casting*.
3. Pengaruh variasi kecepatan putar dan lama pengadukan terhadap distribusi SiC.

Dosen Pembimbing,



Dr. Jamari, ST, MT

NIP. 197403042000121001

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi/Tesis/Disertasi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

NAMA : Aldila Satria Negara

NIM : L2E 007 012

Tanda Tangan : 

Tanggal : Maret 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

NAMA : Aldila Satria Negara

NIM : L2E 007 012

Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : Analisa Komputasi *Stir Casting* Menggunakan Perangkat Lunak Fluent

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan/Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing : Dr. Jamari, ST, MT.

Penguji : Dr. Syaiful, ST, MT

Penguji : Dr. Sulardjaka, ST, MT

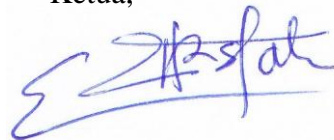
Penguji : Dr. Ir. Toni Prahasto, MSc

()
()
()
()

Semarang, Maret 2012

Jurusan Teknik Mesin

Ketua,



Dr. Sulardjaka, ST, MT

NIP. 197104201998021001

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Aldila Satria Negara

NIM : L2E 007 012

Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Tugas Akhir

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya dan Dr. Jamari, ST, MT yang berjudul :

“ANALISA KOMPUTASI *STIR CASTING* MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK FLUENT”

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir kami selama tetap mencantumkan nama kami sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang

Pada Tanggal : Maret 2012

Yang menyatakan



(Aldila Satria Negara)

HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

Hidup tidak akan ada artinya jika kita tidak bisa bermanfaat bagi orang lain. Lakukanlah yang terbaik untuk diri sendiri dan orang lain.

PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk:

- ❖ Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya.
- ❖ Ibu dan Bapak tercinta yang selalu memberikan do'a serta dukungan baik moral maupun material.
- ❖ Bos kenzie tersayang atas doanya.

ABSTRAK

Aluminium merupakan salah satu logam yang banyak diminati dalam dunia perindustrian. Banyak UKM yang dapat menduplikat komponen-komponen otomotif yang berasal dari perusahaan resminya berdasarkan bentuk dan dimensinya. Akan tetapi produk *casting* mereka belum mampu menyamai produk asli berdasarkan *lifetime*-nya.

Ada berbagai cara untuk meningkatkan sifat mekanik aluminium, salah satunya adalah dengan penambahan bahan penguat (*reinforcement*). *Stir casting* adalah proses pengecoran logam murni atau logam paduan (matriks) dilebur dan diaduk kemudian ditambahkan dengan bahan penguat hingga bahan penguat tersebut tersebar secara merata. Ini dapat dibuktikan dengan melakukan eksperimen. Akan tetapi, untuk melakukan eksperimen ini memerlukan biaya yang besar dan juga belum tentu bahan penguat terdistribusi secara merata ke dalam matriksnya. Bahan penguat yang dipakai adalah *silicon carbide* (SiC).

Dalam hal ini penulis mengembangkan pemodelan *stir casting* dalam *software* Fluent. Pemodelan ini dapat digunakan untuk mengetahui persebaran SiC karena mendekati hasil yang didapat Naheer berdasarkan komputasi dan eksperimen. Selanjutnya akan divariasikan kecepatan putar pengaduk, lama waktu putar pengadukan dan juga viskositas untuk fase pertama. Hasil pengadukan yang paling optimal bila ditinjau dari persebaran SiC adalah kecepatan putar 200 rpm dan lama waktu putar 5 menit untuk viskositas rendah, sedangkan kecepatan 400 rpm dan lama waktu putar 10 menit untuk viskositas tinggi.

Semakin besar kecepatan putar dan semakin lama waktu putar tidak serta merta menjadikan hasil pengadukan SiC merata. Ini harus disesuaikan dengan ukuran diameter dapur peleburan dan viskositas yang digunakan.

Kata kunci: Aluminium, *Stir casting*, Analisa Komputasional, Distribusi SiC

ABSTRACT

Aluminium is one of the metals are much in demand in the industrial world. Many UKM that can duplicate an automotive components from a company official based on the shape and dimension. However, their casting products have not been able to match the original products based on its lifetime.

There are various ways to improve the mechanical properties of aluminum, one of which is the addition of a reinforcing material (reinforcement). Stir casting is a process of pure metal or metal casting alloy (matrix) that is melted and mixed and then added with reinforcing material to be homogeneous. the reinforcing material is spread evenly. This can be proved by experiment. However, for this experiment requires great cost and also reinforcing material may not be evenly distributed into the matrix. Reinforcing material that used is silicon carbide (SiC).

In this case the authors developed the modeling of stir casting in Fluent software to determine the distribution of SiC in the stir casting process. This modeling can be used to determine the distribution of SiC as close to the results obtained by computational and experimental Naher. The variations of stirring speed, stirring time and viscosity of the first phase. The most optimal results when the terms of the distribution of SiC is the stirring speed of 200 rpm and stirring time 5 minutes for low viscosity, while the stirring speed of 400 rpm and stirring time 10 minutes for high viscosity.

The greater stirring speed and the longer stirring time does not necessarily make the product homogeneously. It should be considered to the size of the furnace diameter and viscosity are used.

Keywords: *Stir casting, Computational analytis, SiC distribution*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat melewati masa studi dan menyelesaikan Tugas Akhir yang merupakan tahap akhir dari proses untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin di Universitas Diponegoro.

Keberhasilan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan orang-orang yang dengan segenap hati memberikan bantuan, bimbingan dan dukungan, baik moral maupun material. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Dr. Jamari, ST, MT, selaku dosen pembimbing Tugas Sarjana yang selalu memberikan bimbingan dan arahan baik dalam penelitian maupun penulisan laporan Tugas Sarjana.
2. Bapak Dr. Syaiful, ST, MT, Bapak Dr. Sulardjaka, ST, MT, dan Bapak Dr. Ir. Toni Prahasto, MSc, selaku dosen penguji dalam sidang tugas sarjana
3. Bapak Rifky Ismail, ST, MT, dan Bapak M. Tauviqirrahman, ST, MT, selaku dosen pembimbing dari LAB. EDT.
4. Teman-teman seperjuangan Lab. EDT (Engineering Design and Tribology).
5. Teman-teman Teknik Mesin 2007.
6. Semua pihak yang telah membantu tersusunnya laporan Tugas Akhir ini.

Penyusun menyadari bahwa dalam menyusun laporan ini terdapat kekurangan dan keterbatasan, oleh karena itu kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk kesempurnaan dan kemajuan Penulis dimasa yang akan datang sangat diharapkan. Akhir kata Penulis berharap semoga hasil laporan ini dapat bermanfaat bagi seluruh pembaca.

Semarang, Maret 2012

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN TUGAS SARJANA.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	vi
ABSTRAK.....	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvi
NOMENKLATUR.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	4
1.5. Metode Pengolahan Data.....	4
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Material Komposit.....	6
2.2. <i>Metal Matrix Composite</i> (MMC).....	7
2.2.1. Jenis <i>Metal Matrix Composite</i> (MMC).....	9
2.3. Aluminium.....	12

2.3.1	Karakteristik Aluminium.....	12
2.3.2	Peleburan Aluminium.....	13
2.4.	Material Keramik SiC.....	14
2.5.	<i>Stir Casting</i>	15
2.6.	Perancangan Alat <i>Stir Casting</i>	17
2.7.	Pengadukan dan Pencampuran.....	19
BAB III PIRANTI PEMROGRAMAN DAN SIMULASI.....		21
3.1.	<i>Computational Fluid Dynamic (CFD)</i>	21
3.2.	Software FLUENT.....	21
3.2.1	<i>Pre-processor</i>	22
3.2.2	<i>Solver</i>	22
3.2.3	<i>Post-processor</i>	22
3.3.	Skema Numerik.....	24
3.3.1	Metode Solusi <i>Pressure Based</i>	24
3.3.2	Metode Solusi <i>Density Based</i>	26
3.4.	Diskretisasi.....	27
3.4.1	<i>First-Order Upwind</i>	28
3.4.2	<i>Under-Relaxation Factor, α</i>	28
3.5.	<i>Pressure Based Solver</i>	29
3.5.1	Diskretisasi Persamaan Momentum.....	29
3.5.2	Diskretisasi Persamaan Kontinuitas.....	30
3.5.3	<i>Pressure-Velocity Coupling</i>	31
3.6.	Diskretisasi Waktu (<i>Time Discretization</i>).....	33
3.6.1	Integrasi Waktu <i>Implicit</i>	34
3.6.2	Integrasi Waktu <i>Explicit</i>	35
3.7.	Model Turbulen (<i>Turbulence Model</i>).....	35
3.7.1	Pemodelan <i>k-epsilon</i> ($k - \epsilon$).....	36
3.8.	Model Eulerian Multifase.....	37
3.9.	Perlakuan Dekat Dinding.....	37
3.10.	Jenis Grid.....	40

3.11. Pemodelan <i>Stir Casting</i> dalam Fluent	40
3.12. Proses Simulasi <i>Stir Casting</i>	41
3.13. Simulasi <i>Stir Casting</i>	43
3.13.1 Model Komputasi	43
3.13.2 Langkah-langkah Pengerjaan	43
3.13.3 Keterangan Pengerjaan Simulasi <i>Stir Casting</i>	46
3.13.4 Variasi dalam Pemodelan.....	50
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	 51
4.1 Verifikasi Hasil Simulasi <i>Stir casting</i>	51
4.2 Fluida Air.....	53
4.2.1 Kecepatan Putar 100 rpm	53
4.2.2 Kecepatan Putar 200 rpm	54
4.2.3 Kecepatan putar 300 rpm	55
4.2.4 Perbandingan nilai daerah Q, R dan T pada masing-masing kecepatan.....	57
4.3 Fluida Glycerol	58
4.3.1 Kecepatan Putar 400	58
4.3.2 Kecepatan Putar 500	59
4.3.3 Kecepatan Putar 600	60
4.3.4 Perbandingan nilai daerah Q, R dan T pada masing-masing kecepatan.....	61
4.4 Studi Kasus pada Dapur Peleburan PT. NEVA.....	63
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	 68
5.1 Kesimpulan	68
5.2 Saran.....	68
 DAFTAR PUSTAKA	 69
 LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Skema umum dapur peleburan <i>stir casting</i>	2
Gambar 1.2	<i>Flowchart</i> penelitian.....	5
Gambar 2.1	Diagram alir pembuatan MMC	8
Gambar 2.2	a. <i>Fan Exit Guide Vanes</i> (FEDV), (b) <i>Rotating Blade sleeve</i> , (c) <i>Flight control hydraulic manifold</i> , (d) Pisau dari Ski es, tongkat <i>baseball</i> , dan bagian pemukul pada tongkat golf.....	9
Gambar 2.3	Produk pengecoran PT NEVA di Tegal.	18
Gambar 2.4	Rancangan alat <i>stir casting</i>	18
Gambar 2.5	Dapur peleburan PT. NEVA.....	19
Gambar 2.7	Bahan baku aluminium yang digunakan PT. NEVA.....	19
Gambar 3.1	Diagram alir prosedur simulasi Fluent	23
Gambar 3.2	Skema model solusi <i>pressure based</i>	25
Gambar 3.3	Skema model solusi <i>density based</i>	26
Gambar 3.4	Sub-pembagian daerah dekat-dinding	38
Gambar 3.5	Perlakuan dekat dinding (a) pendekatan fungsi dinding; (b) pendekatan model dekat-dinding.....	39
Gambar 3.6	Tipe sel 2D	40
Gambar 3.7	Tipe sel 3D	40
Gambar 3.8	Model dapur peleburan <i>stir casting</i>	41
Gambar 3.9	Diagram alir simulasi <i>stir casting</i> I.....	42
Gambar 3.10	Diagram alir 2 (lanjutan I).....	43
Gambar 3.11	Panel pemodelan aliran.....	45
Gambar 3.12	Panel solusi awal	45
Gambar 3.13	Panel solusi kendali	46
Gambar 3.14	Grid persegi terstruktur untuk mesh daerah <i>domain</i>	47
Gambar 3.15	Kondisi batas untuk daerah asal	48
Gambar 3.16	<i>Cell zone</i> pada daerah asal.....	49
Gambar 3.17	Skema dapur peleburan PT. Neva	50
Gambar 4.1	Daerah yang akan diukur nilai fraksi volume SiC.....	51

Gambar 4.2	Grafik perbandingan nilai fraksi volume pada daerah Q dan T antara hasil simulasi dengan hasil Naher dkk.....	52
Gambar 4.3	<i>Contour</i> fraksi volume SiC kecepatan putar 100 rpm (a) waktu putar 5 menit (b) waktu putar 10 menit fluida air.....	53
Gambar 4.4	Grafik perbandingan nilai fraksi volume SiC hasil pengadukan pada kecepatan putar 100 rpm dalam waktu 5 dan 10 menit fluida air.....	54
Gambar 4.5	<i>Contour</i> fraksi volume SiC kecepatan putar 200 rpm (a) waktu putar 5 menit (b) waktu putar 10 menit fluida air.....	54
Gambar 4.6	Grafik perbandingan nilai fraksi volume SiC hasil pengadukan pada kecepatan putar 200 rpm dalam waktu 5 dan 10 menit fluida air.....	55
Gambar 4.7	<i>Contour</i> fraksi volume SiC kecepatan putar 300 rpm (a) waktu putar 5 menit (b) waktu putar 10 menit fluida air.....	56
Gambar 4.8	Grafik perbandingan nilai fraksi volume SiC hasil pengadukan pada kecepatan putar 300 rpm dalam waktu 5 dan 10 menit fluida air	56
Gambar 4.9	Grafik perbandingan nilai fraksi volume SiC hasil pengadukan pada daerah Q.....	57
Gambar 4.10	Grafik perbandingan nilai fraksi volume SiC hasil pengadukan pada daerah R	57
Gambar 4.11	Grafik perbandingan nilai fraksi volume SiC hasil pengadukan pada daerah T	57
Gambar 4.12	<i>Contour</i> fraksi volume SiC kecepatan putar 400 rpm (a) waktu putar 5 menit (b) waktu putar 10 menit fluida glycerol.....	58
Gambar 4.13	Grafik perbandingan nilai fraksi volume SiC hasil pengadukan glycerol pada kecepatan putar 400 rpm dalam waktu 5 dan 10 menit.....	58
Gambar 4.14	<i>Contour</i> fraksi volume SiC kecepatan putar 500 rpm (a) waktu putar 5 menit (b) waktu putar 10 menit fluida glycerol.....	59

Gambar 4.15	Grafik perbandingan fraksi volume SiC hasil pengadukan glycerol pada kecepatan putar 500 rpm dalam waktu 5 dan 10 menit.....	59
Gambar 4.16	<i>Contour</i> fraksi volume SiC kecepatan putar 600 rpm (a) waktu putar 5 menit (b) waktu putar 10 menit fluida glycerol.....	60
Gambar 4.17	Grafik perbandingan fraksi volume SiC hasil pengadukan glycerol pada kecepatan putar 600 rpm dalam waktu 5 dan 10 menit.....	61
Gambar 4.18	Grafik perbandingan fraksi volume SiC hasil pengadukan pada daerah Q fluida glycerol.....	61
Gambar 4.19	Grafik perbandingan fraksi volume SiC hasil pengadukan pada daerah R fluida glycerol.....	62
Gambar 4.20	Grafik perbandingan fraksi volume SiC hasil pengadukan pada daerah T fluida glycerol.....	62
Gambar 4.21	<i>Contour</i> fraksi volume SiC kecepatan putar 400 rpm, (a) 1 menit, (b) 3 menit, (c) 5 menit, (d) 7 menit, (e) 10 menit, geometri Neva	64
Gambar 4.22	<i>Contour</i> fraksi volume SiC kecepatan putar 500 rpm, (a) 1 menit, (b) 3 menit, (c) 5 menit, (d) 7 menit, (e) 10 menit, geometri Neva	65
Gambar 4.23	<i>Contour</i> fraksi volume SiC kecepatan putar 600 rpm, (a) 1 menit, (b) 3 menit, (c) 5 menit, (d) 7 menit, (e) 10 menit, geometri Neva	66

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Sifat fisik dan mekanik logam Aluminium	12
Tabel 2.2	Temperatur tuang beberapa jenis logam.....	13
Tabel 2.3	Sifat beberapa jenis penguat.....	14
Tabel 3.1	Data sifat fluida Glycerol	47
Tabel 3.2	Data Sifat material SiC	47
Tabel 3.3	Data Sifat Fluida air.....	48

NOMENKLATUR

Simbol	Keterangan	Satuan
A	Luas area permukaan	$[m^2]$
A_f	Luas sisi f , $ A = A_x i + A_y j $ dalam 2D	$[m^2]$
α_p	Faktor <i>under-relaxation</i>	$[-]$
E	Konstanta empiris	$[-]$
F	Vektor Gaya	[Newton]
I	Matrik identitas	$[-]$
J_f	Laju alir massa yang melalui f	[MPa]
k	Energi kinetik turbulen	$[m^2/s^2]$
κ	Konstanta Von Karman	$[-]$
μ	Viskositas dinamik fluida	[kg/ms]
ρ	Kerapatan Fluida	$[kg/m^3]$
S_ϕ	Sumber ϕ tiap satuan volume	$[-]$
τ	Tensor tegangan	[Pa]
v	Vektor kecepatan ($u\hat{i} + v\hat{j}$ dalam 2D)	[m/s]
Γ_ϕ	Koefisien difusi	$[-]$
∇_ϕ	Gradien ϕ ($\left(\frac{\partial\phi}{\partial x}\right)i + \left(\frac{\partial\phi}{\partial y}\right)j$ dalam 2D)	$[-]$