



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENINGKATAN *YIELD CASTING*
DAN PERBAIKAN KEKUATAN MEKANIS
DENGAN SIMULASI *CASTING* UNTUK PEMBUATAN
RUMAH TRASMISI
MENGUNAKAN MATERIAL FC300**

SKRIPSI

**SHANDY PUAR INDO
0906605416**

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN METALURGI DAN MATERIAL
DEPOK
JULI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENINGKATAN *YIELD CASTING*
DAN PERBAIKAN KEKUATAN MEKANIS
DENGAN SIMULASI *CASTING* UNTUK PEMBUATAN
RUMAH TRASMISI
MENGUNAKAN MATERIAL FC300**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana

**SHANDY PUAR INDO
0906605416**

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN METALURGI DAN MATERIAL
DEPOK
JULI 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Shandy Puar Indo

NPM : 0906605416

Tanda Tangan : 

Tanggal : 11 Juli 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Shandy Puar Indo
NPM : 0906605416
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Judul Skripsi : Peningkatan *Yield Casting* dan Perbaikan Kekuatan Mekanis dengan Simulasi *Casting* untuk Pembuatan Rumah Transmisi menggunakan Material FC 300

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan di terima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dwi Marta Nurjaya, ST., MT

Penguji 1 : Prof. Dr.Ing. Ir. Bambang Suharno

Penguji 2 : Dr. Ir. Rianti Dewi Sulamet Ariobimo

Ditetapkan : 12 Juli 2012

KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang selalu memberikan berkah, kebahagiaan serta rahmat-Nya dalam kehidupan penulis. Atas segala karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sebagai syarat menempuh ujian akhir Sarjana di Departemen Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Segala rasa syukur penulis haturkan dalam doa dan ucapan terima kasih ini.

Skripsi ini penulis dedikasikan untuk kedua orang tua penulis beserta seluruh anggota keluarga. Khususnya untuk Mama dan Papa yang selalu mendo'akan yang terbaik serta dukungan dan semangat untuk dapat menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih yang tulus kepada Dwi Marta Nurjaya S.T., M.T. selaku pembimbing penulis dalam penyusunan skripsi ini, sekaligus Pembimbing Akademis penulis. Terimakasih atas segala bimbingan, serta nasihat yang beliau berikan selama ini,

Dalam kesempatan ini pula perkenankan penulis menyampaikan ucapan terima kasih Kepada :

1. Seluruh Staf Pengajar dan Karyawan Depatemen Metalurgi dan Material, Universitas Indonesia.
2. Seluruh Staf Pengajar dan Karyawan Jurusan Teknik Pengecoran Logam, Politeknik Manufaktur Negeri Bandung.
3. Seluruh rekan seangkatan kelas ekstensi Depatemen Metalurgi dan Material, Universitas Indonesia.
4. Adik Kelas Jurusan Teknik Pengecoran Logam, Politeknik Manufaktur Negeri Bandung yang telah membantu saat proses pembuatan benda *casting*.

Akhir kata semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan menjadi sumbangan yang berarti, khususya bagi mereka yang membutuhkan.

Penulis

Shandy Puar Indo, 2012

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

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Shandy Puar Indo
NPM : 0906605416
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Departemen : Metalurgi dan Material
Fakultas : Teknik

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**PENINGKATAN *YIELD CASTING* DAN PERBAIKAN KEKUATAN
MEKANIS DENGAN SIMULASI *CASTING* UNTUK PEMBUATAN
RUMAH TRASMISI MENGGUNAKAN MATERIAL FC300**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini, Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia atau formatkan, mengelola dalam bentuk data (*database*), merawat, dan mempublikasi tugas akhir saya selama mencantumkan nama saya sebagai penulis atau pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada Tanggal : 11 Juli 2012

Yang menyatakan



(Shandy Puar Indo)

ABSTRAK

Nama : Shandy Puar Indo
NPM : 0906605416
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Judul Skripsi : Peningkatan *Yield Casting* dan Perbaikan Kekuatan Mekanis dengan Simulasi *Casting* untuk Pembuatan Rumah Transmisi menggunakan Material FC 300

Benda Rumah Transmisi pada penelitian sebelumnya tidak memenuhi standar FC 300 *JIS G 5501*. Sehingga penelitian kali ini bertujuan untuk meningkatkan nilai *yield casting* dan memperbaiki kekuatan mekanis dari benda Rumah Transmisi agar dapat memenuhi standar.

Proses desain ulang diambil dari desain penelitian sebelumnya. Kemudian dilakukan simulasi pengecoran menggunakan z-cast. Setelah hasil simulasi didapat, proses pengecoran pun bisa dilakukan. Untuk memperbaiki kekuatan mekanis (kekuatan tarik dan kekerasan) yaitu, menurunkan unsur Silikon (Si) serta menaikkan unsur Mangan (Mn) dari target komposisi material FC 300 sebelumnya.

Hasil penelitian desain ke-4 memiliki hasil terbaik, karena memiliki *yield casting* tinggi dan cacat *shrinkage* yang rendah saat simulasi pengecoran. Penambah yang digunakan Ø50 mm. *Yield casting* yang didapat setelah proses pengecoran yaitu 68.29% meningkat 9.29% dari *yield casting* sebelumnya. Penambahan unsur Mangan (Mn) 0.6%-1.0% dan menurunkan Silikon menjadi 1.8%-2.0% terlihat efektif meningkatkan kekuatan mekanis menjadi 271 N/mm² untuk uji tarik dan uji kekerasan 286.5HB.

Kata Kunci :
FC 300, Simulasi Pengecoran, Kekuatan Mekanis, Uji Tarik, Uji Kekerasan, *Yield Casting*.

ABSTRACT

Name : Shandy Puar Indo
NPM : 0906605416
Major : Metallurgy and Material Engineering
Title : Increase Yield Casting and Fixed Mechanical Properties with Casting Simulation for Making Transmission House using FC 300 Material.

In previous research a product Transmission House was not standard of JIS G 5501 for FC 300 material. So this research be focus to increase yield casting and fixing the mechanical properties of Transmission House in order to meet standard.

Re-design process is taking from previous design. Then do casting simulation using z-cast. After the result is obtained, we can do foundry process. To fix the mechanical properties (tensile strenght and hardness), reduce Silicon (Si) and increase Manganese (Mn) from the target composition FC 300 material before.

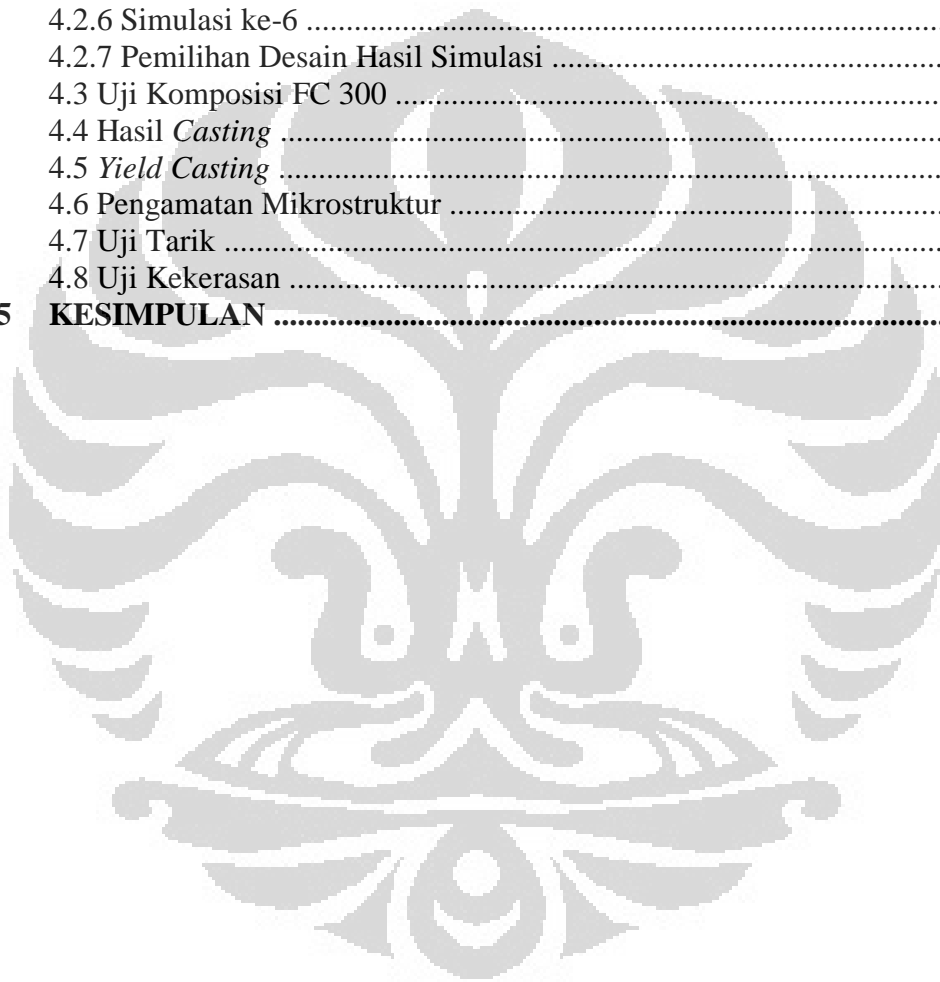
The best design is 4th cause having high yield casting and a little shrinkage while casting simulation. This design using riser Ø50 mm, and getting yield casting up to 68.29% increase 9.29% from previous research 59%. Addition unsure 0.6%-1.0% of manganese (Mn) and decrease silicon to be 1.8%-2.0%, is worked effective to increase the tensile strenght be 271 N/mm² and hardness be 286.5 HB.

Key Word :
FC 300, Casting Simulation, Mechanical Properties, Tensile Strenght, Hardness, Yield Casting.

DAFTAR ISI

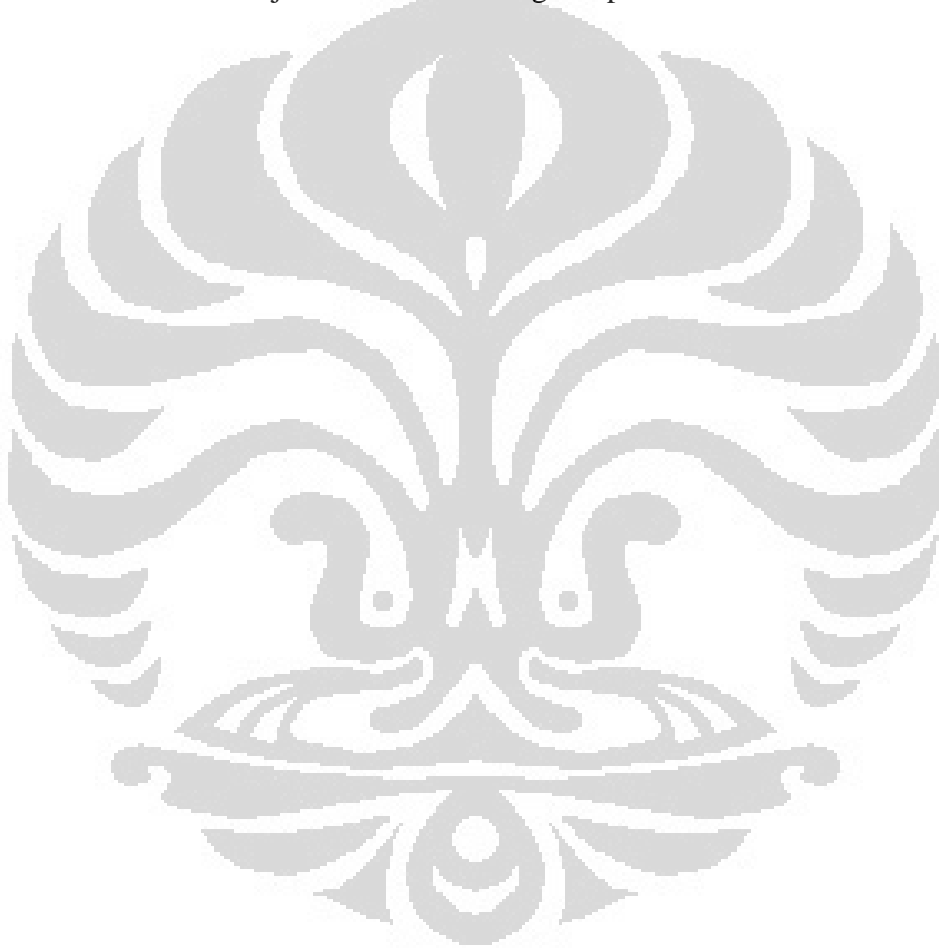
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Sistematikan Penulisan	4
2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Simulasi Pengecoran	5
2.2 Pengecoran Logam	6
2.3 Desain Produk Pengecoran Logam	7
2.3.1 Sistem Saluran	7
2.3.2 <i>Riser</i> (Penambah)	9
2.4 Besi Cor Kelabu Bergrafit Lamelar 300 (FC 300)	10
2.4.1 Grafit	10
2.4.2 Sifat-sifat Mekanis FC 300	12
2.4.3 Sifat-sifat Besi Cor Kelabu	13
2.4.4 Pengaruh Unsur Paduan pada FC (<i>Ferro Casting</i>)	13
2.5 Pengujian	13
3. METODOLOGI PENELITIAN	14
3.1 Bagan Alir Penelitian	14
3.2 Tahap-tahap Proses Pembuatan	15
3.2.1 Perencanaan dan Perancangan Produk Coran	15
3.2.2 Pembuatan Gambar 3D Benda Cor	16
3.2.3 Simulasi Pengecoran	16
3.2.4 Proses Pembuatan Cetakan dan Inti	17
3.2.5 Proses Peleburan dan Penuangan	17
3.2.6 Proses Pengerjaan Lanjut	17
3.3 Peralatan dan Bahan	17
3.3.1 Peralatan	17
3.3.2 Bahan	18
3.4 Pengujian	18
3.4.1 Pengujian Komposisi	18
3.4.2 Pengamatan Strukturmikro	19

3.4.3	Pengujian Tarik (<i>Tensile Strenght Test</i>)	20
3.4.4	Pengujian Kekerasan	21
3.5	<i>Yield Casting</i>	21
4	HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1	Dimensi Sistem Saluran dan Penambah	22
4.2	Simulasi Pengecoran	23
4.2.1	Simulasi ke-1	23
4.2.2	Simulasi ke-2	24
4.2.3	Simulasi ke-3	24
4.2.4	Simulasi ke-4	25
4.2.5	Simulasi ke-5	26
4.2.6	Simulasi ke-6	26
4.2.7	Pemilihan Desain Hasil Simulasi	27
4.3	Uji Komposisi FC 300	27
4.4	Hasil <i>Casting</i>	28
4.5	<i>Yield Casting</i>	29
4.6	Pengamatan Mikrostruktur	30
4.7	Uji Tarik	31
4.8	Uji Kekerasan	31
5	KESIMPULAN	32



DAFTAR TABEL

2.1	Ukuran Penambah	10
2.2	Sifat Mekanik dari FC 300	12
2.3	Sifat Mekanik FC 300 dalam Batang Sampel	12
2.4	Sifat Mekanik FC 300 sampel dari potongan benda <i>casting</i>	13
3.1	Komposisi Material Penelitian sebelumnya	18
3.2	Target Komposisi Material Penelitian saat ini	18
4.1	<i>Resume</i> Hasil Simulasi	27
4.2	Komposisi Material Penelitian saat ini	28
4.3	Nilai Standar Uji Tarik dalam batang sampel	31

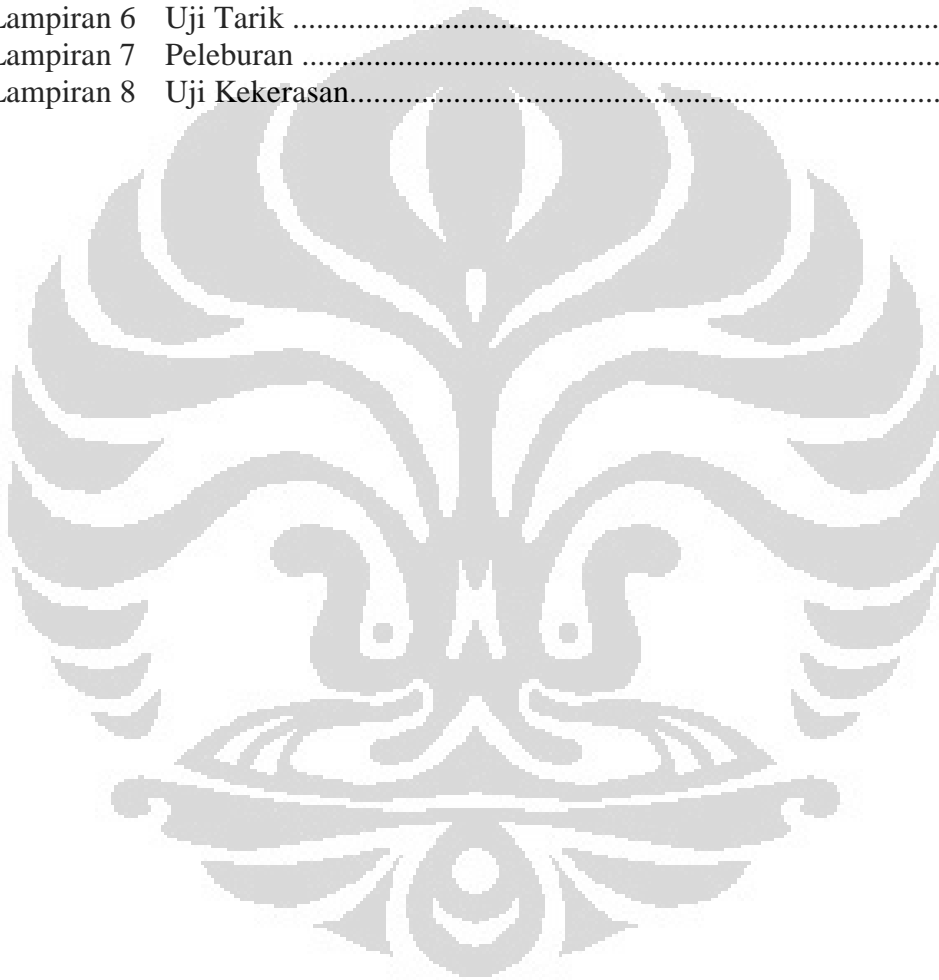


DAFTAR GAMBAR

1.1	Rumah Transmisi	2
2.1	Diagram Alir Pengecoran Logam	7
2.2	Penambah dengan $H = 1,5 D$	10
2.3	Bentuk Grafit	11
2.4	Distribusi Grafit	11
3.1	Diagram Alir Penelitian	14
3.2	Diagram Alir simulasi <i>Casting</i> (z-cast)	16
3.3	Perbandingan permukaan dari hasil poles	19
3.4	Diagram Alir Pengujian Tarik	21
4.1	Hasil Solidifikasi Simulasi ke-1	23
4.2	Hasil Solidifikasi Simulasi ke-2	24
4.3	Hasil Solidifikasi Simulasi ke-3	24
4.4	Hasil Solidifikasi Simulasi ke-4	25
4.5	Hasil Solidifikasi Simulasi ke-5	26
4.6	Hasil Solidifikasi Simulasi ke-6	26
4.7	Bagian Benda yang dicurigai terdapat cacat saat simulasi	29
4.7	Cacat Rontokkan Pasir	29
4.9	Hasil Pengamatan Strukturmikro perbesaran 100x (saat ini)	30
4.10	Hasil Pengamatan Strukturmikro perbesaran 100x (sebelumnya)	30
5.1	Desain ke-4 Produk Rumah Transmisi	32

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Gambar Mekanik	35
Lampiran 2	Tinggi Hidrolisis	36
Lampiran 3	Faktor Hambat Alir	37
Lampiran 4	Perhitungan Rancangan Produk	38
Lampiran 5	Gambar 3D Desain Produk	43
Lampiran 6	Uji Tarik	46
Lampiran 7	Peleburan	50
Lampiran 8	Uji Kekerasan.....	53



BAB I

PENDAHULUAN

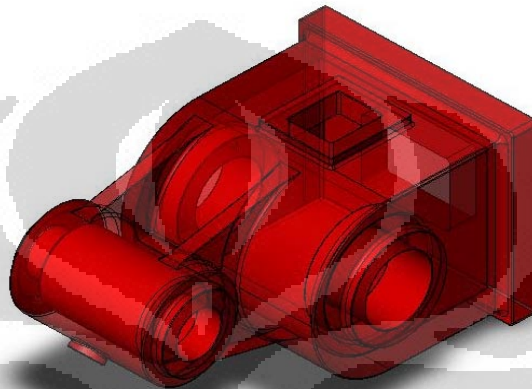
1.1 Latar Belakang

Rumah Transmisi adalah komponen yang digunakan sebagai tempat transmisi roda-roda gigi yang berputar di dalamnya. Dimana prinsip dari transmisi adalah bagaimana bisa digunakan untuk mengubah kecepatan pada suatu poros menjadi kecepatan yang diinginkan [1]. Komponen ini akan berpasangan dengan bagian mesin lainnya. Perputaran roda gigi itu akan menghasilkan getaran saat mesin dinyalakan. Oleh karena itu, material yang digunakan untuk pembuatan Rumah Transmisi diharapkan mampu meredam getar yang dihasilkan sekaligus berfungsi untuk menghindarkan suara bising dari mesin.

Disebabkan kondisi penggunaannya, seperti yang sudah dijelaskan di atas, material yang digunakan adalah material besi cor kelabu bergrafit *lamellar*. Material tersebut memiliki kemampuan untuk meredam getar dan meminimalisasi suara bising dari mesin. Hal ini sesuai pesanan dari suatu perusahaan yang meminta dibuatkan dengan menggunakan material FC 300 standar *JIS G 5501* [2]. Sifat-sifat mekanik dari besi cor kelabu tidak hanya ditentukan dari komposisi tetapi juga sangat dipengaruhi praktik pengecorannya, khususnya tingkat pendinginan di *casting*. Semua karbon yang terkandung dalam besi cor kelabu, selain dikombinasikan dengan besi untuk membentuk perlit dalam matriks, hadir juga sebagai grafit dengan bentuk serpih dan ukuran yang berbeda-beda [3].

Jika produksi menggunakan pengecoran, maka harus menggunakan dasar-dasar pengecoran, untuk mendapatkan hasil kualitas yang baik adalah kunci dari keberhasilannya. Dalam pengecoran sederhana masih menggunakan metode tradisional (*trial and error*) dari proses desain *casting* untuk menemukan hasil yang terbaik dan lebih kompetitif. Namun menggunakan simulasi pengecoran bisa memperkirakan kemungkinan yang akan terjadi dan menghindarkan hal-hal yang tidak diinginkan (cacat-cacat coran) [4].

Sejak pertengahan tahun 1980's, perangkat lunak untuk *numerical simulation* dari *flow* dan solidifikasi selama proses pengecoran menjadi lebih mudah diakses untuk pengecoran sebagai hasil pengembangan kedua perangkat lunak dan perangkat keras. Ini telah menarik banyak perhatian dari peneliti dan orang-orang pengecoran logam. Simulasi memberikan bantuan kepada *Foundry-men* untuk menjawab pertanyaan tentang proses yang ingin dilakukan, baik dari kontrol proses serta kerja praktiknya [5].



Gambar 1.1 Rumah Transmisi

Produk coran Rumah Transmisi tersebut sudah pernah dibuat sebelumnya untuk memenuhi tugas akhir di Politeknik Manufaktur Negeri Bandung sebagai syarat kelulusan Diploma 3 pada tahun 2009 [6]. Produk coran ini memang belum dapat dikatakan sempurna. Meskipun produk ini tidak terdapat cacat rongga maupun *shrinkage* pada benda, tetapi ada beberapa masalah yang terjadi. Masalah pertama yaitu nilai kekuatan mekanis yang didapat tidak sesuai dengan standar yang diinginkan. Masalah kedua adalah *yield casting* yang dihasilkan juga masih terlalu rendah.

Masalah-masalah itulah yang menjadikan coran Rumah Transmisi sebelumnya tidak layak pakai. Untuk menjadikannya layak pakai, harus dilakukan beberapa perubahan pada produk tersebut agar mendapatkan hasil sesuai dengan permintaan. Oleh karena itu, penelitian ini disusun untuk meningkatkan *yield casting* dan memperbaiki nilai kekuatan mekanis pada produk sebelumnya.

1.2 Rumusan Masalah

Yield casting adalah efisiensi penggunaan material saat pengecoran, untuk itu semakin tinggi nilai *yield casting* maka semakin rendah penggunaan material yang tidak akan menjadi benda produk seperti sistem saluran dan penambah. Hal penting yang perlu dicermati adalah saat mendesain ulang untuk meningkatkan *yield casting* jangan sampai mengurangi kualitas dari benda yang dibuat, baik dari segi bentuk atau dimensi maupun kekuatan mekanis benda. Oleh sebab itu diperlukan desain yang lebih efisien dan efektif dari desain sebelumnya tanpa mengurangi kualitas produk. Untuk mendapatkan desain yang baik serta mendapatkan kekuatan mekanis sesuai dengan standar, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana cara meningkatkan nilai *yield casting*?
2. Bagaimana cara memperbaiki nilai kekuatan mekanis seperti uji tarik dan kekerasan dengan mengubah komposisi dari material sebelumnya?

1.3 Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah, dapat terlihat bahwa penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan *yield casting* serta memperbaiki nilai kekuatan mekanis dari proses pembuatan benda cor sebelumnya dengan menggunakan simulasi *casting*.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini, yaitu

- a. Memperbaiki desain awal Rumah Transmisi menjadi lebih efektif dan efisien untuk mendapatkan nilai *yield casting* yang lebih tinggi dengan menggunakan simulasi *casting* agar tidak melakukan *trial and error*,
- b. Mengubah komposisi dari pembuatan sebelumnya dengan meningkatkan unsur Mangan (Mn) dan menurunkan Silikon (Si) yang diharapkan mampu memperbaiki nilai kekuatan mekanis agar sesuai dengan standar material FC 300 pada *JIS G 5501*.

1.5 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan ini, sistematika penulisan disusun agar konsep dalam penulisan skripsi menjadi berurutan sehingga didapat kerangka alur pemikiran yang mudah dan praktis. Sistematika tersebut dapat diartikan dalam bentuk bab-bab yang saling berkaitan. Bab-bab tersebut diantaranya :

a) Bab 1 Pendahuluan

Membahas latar belakang penulisan, tujuan penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

b) Bab 2 Tinjauan Pustaka

Membahas teori proses pengecoran logam, simulasi *casting*, desain produk pengecoran, dan material Besi Cor Kelabu FC 300.

c) Bab 3 Metodologi Penelitian

Membahas diagram alir penelitian, alat dan bahan yang diperlukan untuk penelitian, prosedur penelitian, serta pengujian-pengujian yang dilakukan.

d) Bab 4 Hasil dan Pembahasan

Membahas pengolahan data yang didapat dari penelitian serta menganalisis hasil penelitian baik berupa angka, gambar, maupun grafik serta membandingkan dengan teori dan literatur.

e) Bab 5 Kesimpulan

Membahas kesimpulan hasil penelitian yang telah dilakukan sesuai dengan tujuan penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Simulasi Pengecoran

Simulasi pengecoran adalah teknologi baru yang membantu, untuk mengetahui hasil akhir dari desain yang dibuat dengan bantuan perangkat lunak simulasi di komputer. Sehingga memudahkan seorang praktisi sebelum membuat cetakan yang mahal dan proses peleburan untuk benda yang dibuat.

Perangkat lunak simulasi pengecoran z-cast merupakan *casting* proses pertama sistem CAE untuk *windows* di korea, yang bekerja sama dengan KITECH dan Cubitek [7]. Z-cast berfungsi untuk simulasi proses *casting* (untuk mengoptimalkan desain pengecoran), dan seluruh metal proses (*flow, filling and solidification*). Fitur yang terdapat yaitu

- *Modeling for the casting design*
- *Automatic mesh generation and modifying*
- *Determining of inlet/thermocouple*
- *Solidification, flow, cyclic casting module*
- *Heat treatment/Microstructure module*
- *Material DB management*
- *Saving of animation*
- *Shrinkage display*
- *GUI for user's convenience*

Database yang dimiliki cukup banyak, seperti

Cast :

Aluminum, Copper, Magnesium, Zinc, Cast Steel, Cast Iron, Cr/Ni Base etc.

Mold :

SKD6, SKD61, *Steel, Green_Sand, Furan, CR_sand, ZR_Sand, Ceramic* etc.

Lain-lain :

Sleeve, Insulation, Core, Chill etc.

Secara umum menggunakan simulasi ; masukkan gambar 3D dari benda, sistem saluran dan penambah. Kemudian bisa men-simulasikan dan melihat secara *visual* pada layar. Hasil dari simulasi *casting* akan diketahui

tingkat konsentrasi tegangan, porositas pada benda yang kemungkinan akan terjadi saat proses pengecoran dilakukan, kelembaban pasir, profil temperatur dan waktu, nilai koefisien perpindahan panas, laju alir, *modulus thermal*, serta proses solidifikasi yang sangat berperan penting dalam desain coran yang efektif [8], semua itu dapat dilakukan tanpa harus mengeluarkan biaya untuk *trial and error* [4]. Namun penggunaan simulasi juga terdapat kelebihan dan kekurangan.

Kelebihan dari Simulasi [9] :

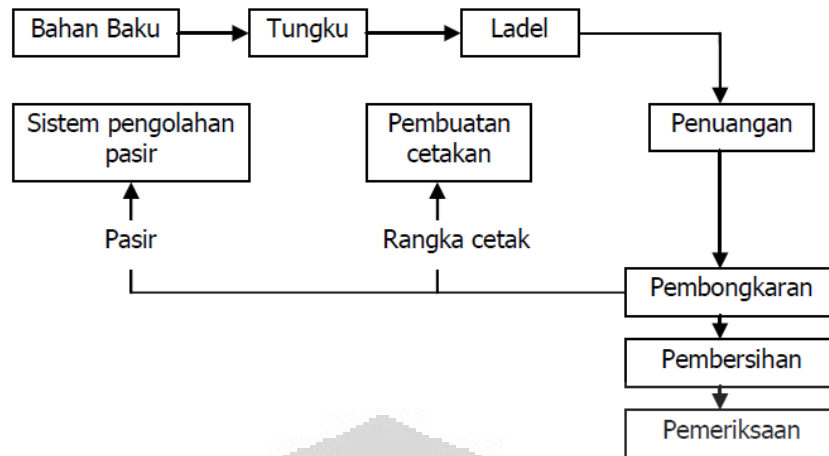
- a) Simulator mampu memberikan umpan balik kepada si pengguna ketika merancang dalam dunia nyata,
- b) Mengijinkan si perancang untuk meng-koreksi dan meng-efisiensi dari desain sebelum sistem dilaksanakan,
- c) Pengguna dapat mengeksplorasi dari desain *alternative* tanpa mengetahui secara nyata proses pembuatannya.

Kekurangan dari Simulasi [10] :

- a) Hasil simulasi mungkin tidak tersedia setelah proses simulasi dilakukan,
- b) Membutuhkan waktu yang lebih lama saat simulasi meskipun dalam dunia nyata hanya dengan waktu lebih singkat,
- c) Adanya bagian dari simulasi yang tak dapat dilakukan simulasi, sehingga simulator harus mencari cara untuk dapat melakukan simulasinya.

2.2 Pengecoran Logam

Pengecoran logam adalah salah satu proses manufaktur. Proses ini dapat digunakan untuk membuat benda-benda dengan bentuk rumit. Benda berlubang yang sangat besar yang sangat sulit atau sangat mahal jika dibuat dengan metode lain, dapat di produksi massal secara ekonomis menggunakan teknik pengecoran yang tepat. Prinsip dasar Pengecoran logam adalah proses pembuatan benda dengan mencairkan logam dan menuangkan ke dalam rongga cetakan, kemudian dibiarkan mendingin dan membeku, setelah itu dibongkar, dibersihkan lalu dilakukan pemeriksaan [11]. Secara umum aliran proses pengecoran logam dapat dilihat pada diagram alir berikut :



Gambar 2.1 Diagram Alir Pengecoran Logam [11]

2.3 Desain Produk Pengecoran Logam

Prinsip dasar pengecoran logam adalah dengan penuangan cairan logam ke dalam cetakan secepat mungkin. Tetapi hal ini sangat bertentangan dengan prinsip pencegahan terjadinya erosi, dimana cairan yang melintasi setiap rongga cetak harus setenang mungkin. Oleh karena itu, setiap perancangan yang dilakukan secara umum akan mempertimbangkan aspek yang lebih utama dan penting diantara konflik yang terjadi tersebut.

Beberapa pertimbangan desain pengecoran :

1. Pengisian rongga cetakan secepat mungkin
2. Meminimalkan Turbulensi
3. Pencegahan Erosi Cetakan Dan Inti
4. *Yield Casting* yang Maksimal
5. Pemisahan Sistem Saluran dan Penambah yang Ekonomis

2.3.1 Sistem Saluran

Sistem saluran dibuat bertujuan untuk mengalirkan cairan logam mengisi rongga cetak hingga penuh secepat mungkin agar tidak membeku sebelum penuh dan setenang mungkin agar tidak terjadi turbulensi [11].

Sistem saluran tersebut terdiri dari :

1. Cawan Tuang

Cawan tuang berfungsi menampung cairan dari ladel, harus mempunyai bentuk yang sesuai agar aliran tenang dan tidak memercik.

2. Saluran Turun

Penampang saluran turun pada umumnya bulat agar lebih mudah proses pembuatannya serta faktor hambatan pada aliran cairan, namun pada kasus tertentu mengecil dari atas ke bawah untuk mengurangi turbulensi cairan saat dituangkan [11].

3. Saluran terak

Saluran terak berfungsi sebagai perlambat logam cair, yang mengalir bebas dari saluran turun [12] saluran pemisah terak dari cairan. Selain itu terak diharapkan tidak terbawa, sehingga cairan logam bersih yang masuk ke dalam rongga cetak [13]. Dengan bentuk penampang yang mengecil pada daerah terak maka terak akan terjepit dan cepat membeku.

4. Saluran Masuk

Saluran ini berfungsi untuk mendistribusikan cairan keseluruhan bagian rongga cetak [12]. Penampang saluran masuk merupakan yang terkecil dari penampang saluran lainnya. Jumlah saluran masuk harus diatur agar distribusi suhu benda tuang selama penuangan merata [14].

Berikut adalah dasar perhitungan besar penampang sistem saluran :

Perhitungan saluran masuk [15]

$$A_{sm} = \frac{22,6 \times G}{tp \times \rho \times \xi \times \sqrt{h}}$$

dimana :

A_{sm} = Luas penampang saluran masuk (cm^2)

ξ = Faktor hambat alir

tp = Waktu tuang (detik/s)

G = Berat benda cor (Kg)

h = Tinggi hidrolis (cm)

22,6 = Konstanta Perhitungan

- Faktor hambat alir ditentukan berdasarkan kekasaran permukaan, banyaknya belokan dan ketajaman belokan rongga cetak, semakin banyak belokan tersebut maka akan semakin menghambat kemampuan alir [14].

- Waktu tuang adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengisi rongga cetak dengan berat maksimal 1000 Kg dihitung dengan rumus : $t = 1,25 \sqrt{2G}$
- Tinggi hidrolisis ditentukan berdasarkan tinggi rangka cetak atas dan tinggi rangka cetak.
- Perbandingan luas penampang sistem saluran

$$A_{SM} : A_{STR} : A_{ST} = 2 : 3 : 4 \quad [15]$$

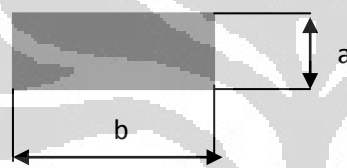
A_{SM} = Luas penampang saluran masuk

A_{STR} = Luas penampang saluran terak

A_{ST} = Luas penampang saluran turun

Berikut adalah perhitungan ukuran dari penampang sistem saluran [15]

➤ Saluran masuk

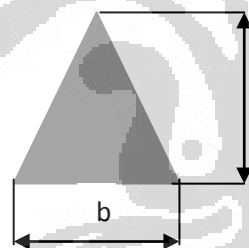


$$a = \sqrt{\frac{A_{sm}}{4n}}$$

$$b = 4a$$

n = Jumlah saluran masuk

➤ Saluran terak



$$A_{str} = 1,5 \times A_{sm}$$

$$b = \sqrt{\frac{4A_{str}}{3n}}$$

$$h = \frac{4}{3} b$$

➤ Saluran turun



$$A_{st} = 2 A_{sm}$$

$$d = \sqrt{\frac{4A_{st}}{\pi}}$$

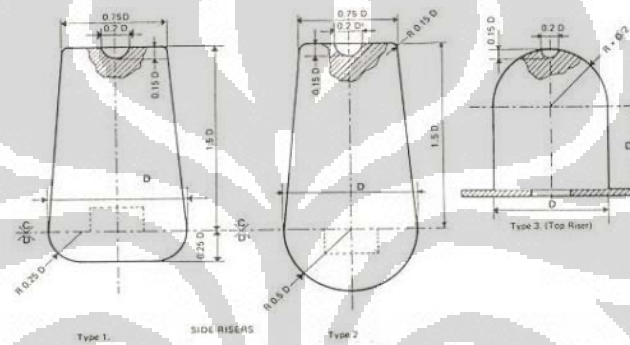
2.3.2 Riser (Penambah)

Penambah digunakan untuk menyuplai penyusutan *volume* cair dan kristalisasi pada saat proses pembekuan cairan [13]. Penambah sebagai cairan tambahan akan mengisi rongga-rongga yang terjadi karena penyusutan, maka penambah harus tetap berada dalam keadaan cair selama

proses pembekuan cairan berlangsung. Suatu sistem penambah terdiri dari penambah dan lehernya. Leher penambah merupakan saluran penghubung antara penambah dengan benda tuang. Dalam sistem ini pendinginan diatur sedemikian rupa sehingga berurutan dari benda tuang – leher penambah – penambah.

Tabel 2.1 Ukuran Penambah [15]

Diameter	Volume Penambah	Ukuran	Tipe
$D = 5,68 MP$	$V = 1,06.D^3$	$H = 1,5D$	1
$D = 4,91 MP$	$V = 1,16.D^3$	$H = 1,5D$	2
$D = 4,53 MP$	$V = 1,04.D^3$	$H = 1,5D$	3



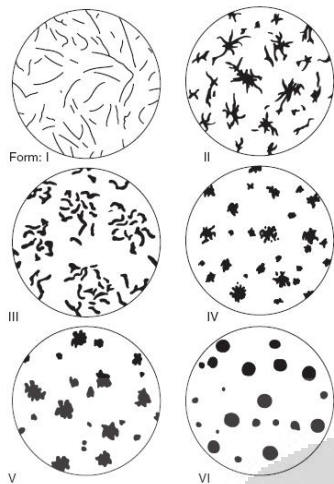
Gambar 2.2 Penambah dengan $H = 1,5 D$ [15]

2.4 Besi Cor Kelabu Bergrafit Lamelar 300 (FC 300)

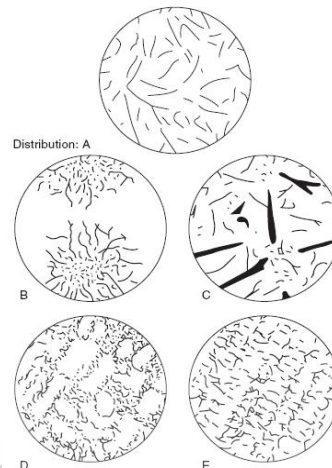
Besi cor kelabu terdiri dari paduan besi (Fe), karbon (C) biasanya sekitar 2.5 %, silikon (Si) 1-3 %, dan tambahan mangan (Mn) [16]. FC 300 (*Ferro Casting 300*) adalah Besi cor kelabu bergrafit lamelar dengan kekuatan Tarik minimum 300 N/mm^2 pada standar batang uji diameter 30 mm [2]. Dilihat dari struktur dasarnya besi cor kelabu memiliki matriks *pearlit* dan grafit serpih [16]. Serta memiliki nilai *shrinkage* sekitar 0.83 %-1.3 % [8].

2.4.1 Grafit

Grafit adalah kumpulan karbon yang lunak dan rapuh dihasilkan dari pendinginan yang lambat. Kekerasannya kira-kira 1HB, kekuatan tarik kira-kira 2 Kgf/mm^2 dan berat jenisnya kira-kira 2,2. Grafit terdiri dari beberapa bentuk, distribusi, dan ukuran. Keadaan inilah yang mempengaruhi sifat-sifat dari besi cor.



Gambar 2.3 Bentuk grafit [17]



Gambar 2.4 Distribusi grafit [17]

Bentuk I dan distribusi A, merupakan yang diinginkan dalam pembuatan besi cor kelabu. Bentuk serpih menjadikan besi cor jenis ini memiliki regangan yang sangat kecil karena grafit jenis ini mengalami pemusatan tegangan pada ujung-ujungnya jika diberikan suatu gaya tetapi memiliki kekuatan yang tinggi karena bila diberi gaya, maka gaya tersebut didistribusikan ke segala arah [18]. Grafit pada besi cor kelabu juga terbagi dalam distribusi tertentu [17].

Jenis A: Terbagi rata, orientasi sembarang

Bentuk ini mempunyai serpih-serpih grafit yang terbagi rata dan orientasi sembarang. Keadaan ini timbul dalam besi cor kelas tinggi yang mempunyai matriks perlit dan ukuran grafit yang cocok.

Jenis B: Pengelompokan “Rosette”, orientasi sembarang

Bentuk grafit pengelompokan “Rosette” adalah salah satu jenis dari sel eutektik yang mempunyai potongan-potongan eutektik halus dari grafit ditengah dengan serpih-serpih grafit radial disekitarnya. Kalau besi cair sedikit dioksidasi, potongan-potongan grafit pengelompokan “rosette” dengan grafit eutektik cenderung mengendap, sedangkan laju pendinginan yang besar atau kandungan silisium yang tinggi menyebabkan pengendapan ferit di tengah. Jenis ini muncul bersama dengan grafit jenis A pada coran yang tipis.

Jenis C: Ukuran serpih saling menumpuk, orientasi sembarang.

Struktur ini muncul pada sistem hiper-eutektik. Jumlah grafit yang banyak sehingga ferit mudah mengendap. Pada struktur ini kristal-kristal mula dari grafit yang panjang dan lebar ditumpuki dan dikelilingi oleh serpih-serpih grafit yang mengkristal di daerah eutektik.

Jenis D: Penyisihan antar dendrit, orientasi sembarang

Jenis ini muncul dengan adanya pendinginan lanjut dalam pembekuan eutektik. Salah satu dari keadaan pendinginan lanjut adalah oksidasi dalam pencairan yang juga cenderung membentuk struktur macam ini. Keadaan ini umumnya diperbaiki dengan inokulasi penggrafitan. Dalam hal ini kadang-kadang muncul dan mengembang di tengah-tengah grafit jenis *rosette* yang disisihkan pada bagian tengah coran yang tebal.

Jenis E: Penyisihan antar dendrit

Jenis grafit ini muncul jika kandungan karbon terlalu rendah. Ini akan mengurangi kekuatan karena jarak yang dekat antar potongan grafit. Tetapi kadang kekuatannya tinggi karena kandungan karbon rendah sehingga berkurangnya pengendapan grafit.

2.4.2 Sifat-sifat Mekanis FC 300

Menurut standar *JIS G 5501*, FC 300 memiliki sifat mekanis yang ditunjukkan pada tabel,

Tabel 2.2 sifat mekanik dari FC 300

Simbol	Uji Tarik dalam N/mm²	Kekerasan dalam HB
FC 300	300	262

Tabel 2.3 Sifat Mekanik FC 300 dalam Batang Sampel

Simbol	Tebal dari besi cor dalam mm	Uji Tarik dalam N/mm²
FC 300	20 sampai 40	250 minimal
	40 sampai 80	220 minimal
	80 sampai 150	210 minimal
	150 sampai 300	190 minimal

Tabel 2.4 Sifat Mekanik FC 300 sampel dari potongan benda *casting*

Simbol	Tebal dari besi cor dalam mm	Uji Tarik dalam N/mm ²
FC 300	10 sampai 20	270 minimal
	20 sampai 40	240 minimal
	40 sampai 80	210 minimal
	80 sampai 150	195 minimal

2.4.3 Sifat-sifat fisik Besi Cor Kelabu

Sifat fisik yang dimiliki FC 300 antara lain berat jenis 7.25 g/cm^3 pada temperatur 20^0 C [19]. Tahan terhadap gesekan dan mudah di proses permesinan. Mesin atau alat-alat yang terkena beban getar biasanya menggunakan material ini [20].

2.4.4 Pengaruh unsur paduan pada FC (*Ferro Casting*) [3]

Dalam material *FC* memiliki beberapa unsur paduan yang berpengaruh terhadap material tersebut, paduan tersebut antara lain :

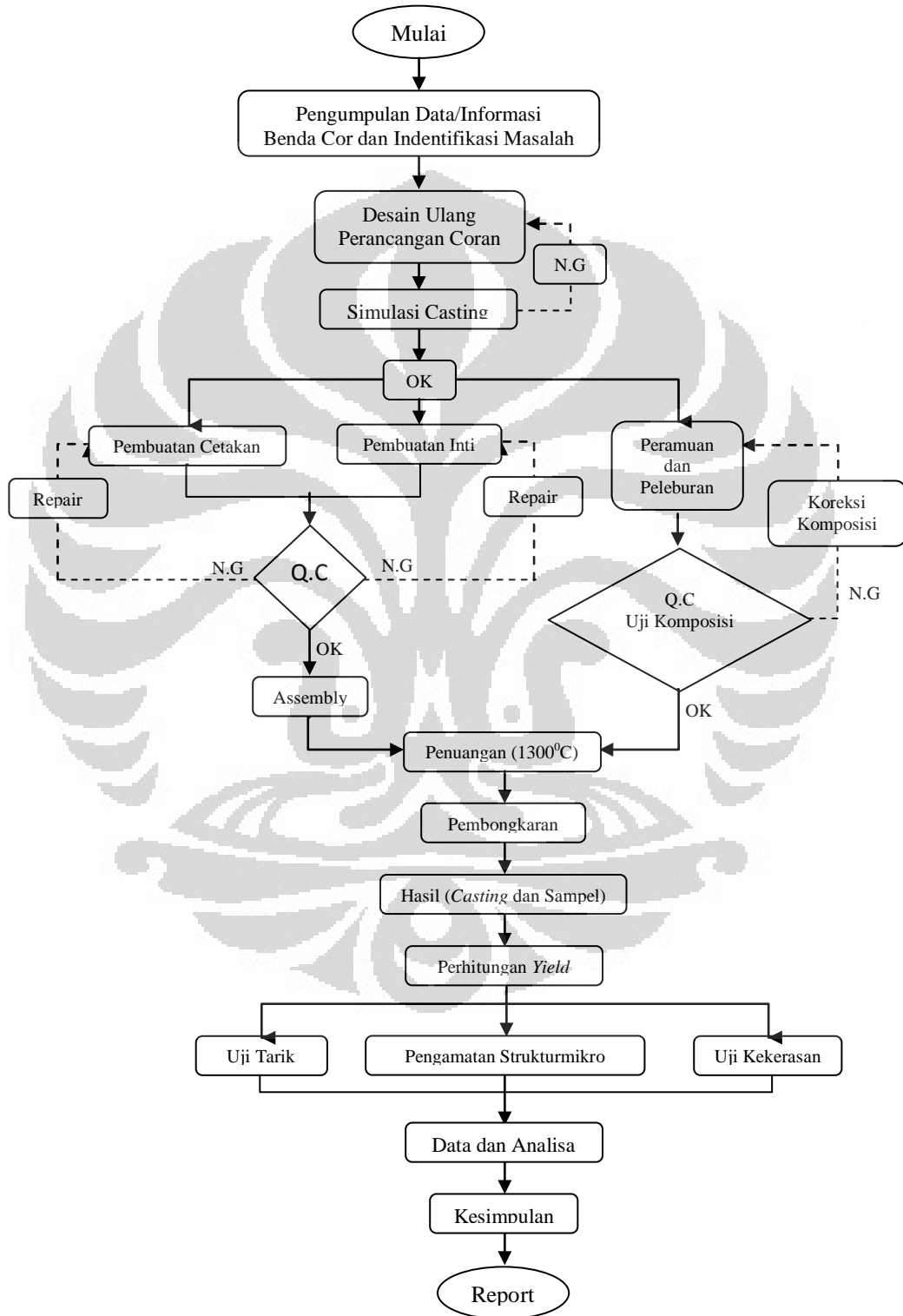
- **Sulfur** (max 0.15 %), menjadikannya kental dan rapuh
- **Mangan** 0.5 s.d 0.7 %, menggalakkan pertumbuhan struktur perlit dan mengikat sulfur (*MnS*).
- **Phosfor** hingga diatas 0.3 % membentuk Fe_3P dan Fe_3C , suhu eutektik turun hingga 956^0 C dan mampu alir tinggi.
- **Silikon** (1.4 s.d 4.3 %), menggalakkan pembentukan grafit dan pembentuk ferit (kekuatan Tarik, perpanjangan, dan kekerasan menurun)
- **Karbon** (2 s.d 4 %), menurunkan kekuatan Tarik, perpanjang dan kekerasan menurun.

2.5 Pengujian

Untuk mendapatkan hasil sesuai standar, maka dilakukan beberapa pengujian, seperti ; Uji Komposisi, Pengamatan Mikrostruktur, Uji Tarik, dan Uji Kekerasan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Tahap-tahap Proses Pembuatan

Setiap tahapan yang umum pasti terdiri dari beberapa proses spesifik yang dicakup dan tentunya mendukung kegiatan umum tersebut. Kegiatan umum pembuatan produk coran rumah transmisi bertujuan untuk mendapatkan hasil produk coran rumah transmisi yang paling efektif dan efisien, berkualitas dan memenuhi *standard JIS G 5501* [2].

3.2.1 Perencanaan dan Perancangan Produk Coran

Perancangan coran meliputi perancangan sistem saluran dan penambah. Untuk menyalurkan cairan logam kedalam rongga cetak dalam waktu tertentu dengan aliran yang tenang dan bebas dari terak digunakan sistem saluran yang terdiri dari cawan tuang, saluran turun, saluran terak dan saluran masuk [11]. Penentuan letak dari sistem saluran biasanya mengikuti kaidah-kaidah dari pengecoran, seperti

- a. Saluran masuk ditempatkan pada bagian tipis,
- b. Penambah diletakkan di bagian *modul/volume* bagian terbesar,
- c. Usahakan seluruh modul membeku dalam waktu yang hampir sama,
- d. Beri lubang gas pada bagian yang kemungkinan akan menimbulkan banyak gas terbentuk,
- e. Buat aliran cairan se-tenang mungkin.

Bentuk, ukuran, jumlah, dan penempatan sistem saluran yang digunakan mengacu dari hasil perhitungan [14]. Tahap-tahap perhitungan, sesuai dengan :

- a. Perhitungan *volume* dan berat benda
- b. Perhitungan penambah, meliputi :
 - Perhitungan *volume feeding* dengan pendekatan komposisi (*saetigungsgrad, carbon equivalent*),
 - Perhitungan dimensi penambah dan leher penambah (modul penambah dari bagian modul terbesar, diameter penambah, volume penambah > *volume feeding total*, modul leher penambah, D.leher penambah, penampang leher penambah),

c. Perhitungan sistem saluran, dimulai dari ; berat tuangan, waktu tuang, faktor hambat alir, tinggi hidrolis, kemudian :

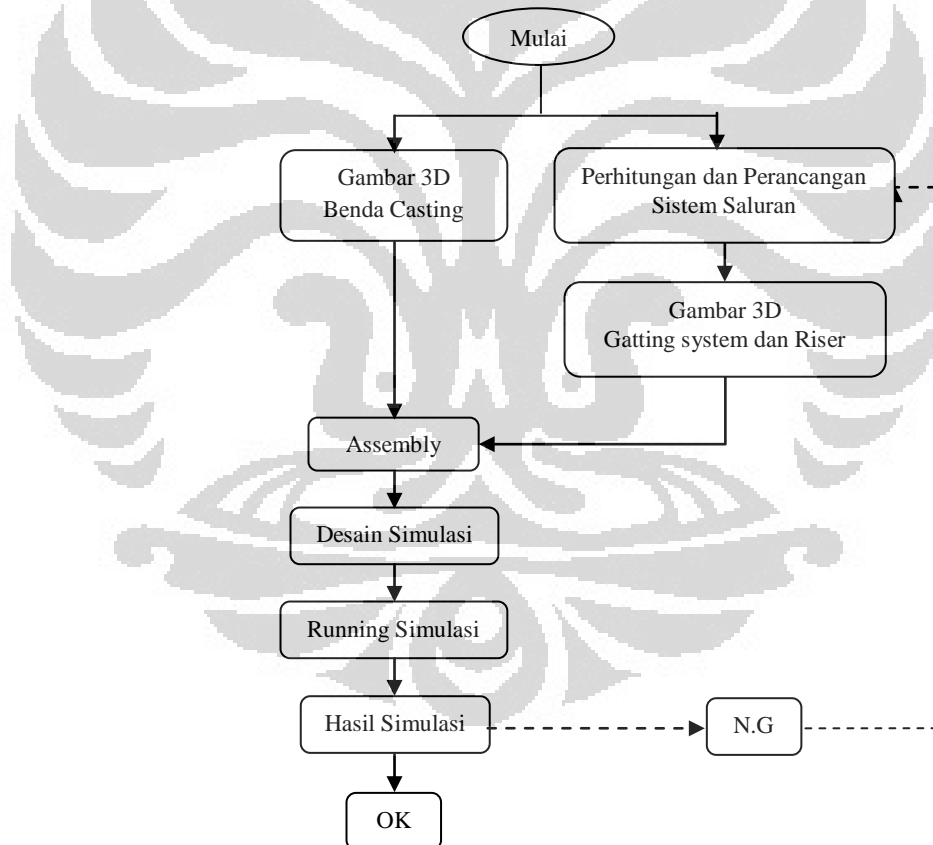
- Perhitungan saluran masuk
- Perhitungan saluran terak
- Perhitungan saluran turun

Hasil perhitungan perancangan produk coran bisa dilihat di lampiran 4.

3.2.2 Pembuatan Gambar 3D Benda Cor

Pembuatan gambar 3D dilakukan menggunakan perangkat lunak *solidwork*. Gambar meliputi ; benda, penambah, sistem saluran (saluran turun, saluran terak, dan saluran masuk). Hasil 3D dapat dilihat di lampiran 5.

3.2.3 Simulasi Pengecoran



Gambar 3.2 Diagram Alir simulasi *Casting* (z-cast)

Letak sistem saluran dan penambah diambil berdasarkan rancangan yang paling efektif dan efisien menurut hasil simulasi.

3.2.4 Proses Pembuatan Cetakan dan Inti

Pembuatan cetakan coran Rumah Transmisi menggunakan metode cetakan tangan dengan menggunakan pasir cetak greensand. Metode pembuatan inti menggunakan pasir CO₂ karena dalam pembuatannya relatif mudah dan cepat, serta biayanya murah dibandingkan dengan metoda yang lain.

3.2.5 Proses Peleburan dan Penuangan

Peramuan komposisi peleburan mengacu pada komposisi yang telah ditentukan. Temperatur kesetimbangan didih ditentukan berdasarkan tabel temperatur setimbang dan didih. Temperatur penuangan dan tapping ditentukan 150° C dan 200° C diatas temperatur *liquidus*.

3.2.6 Proses Pengerjaan Lanjut

Proses pengerjaan lanjut dilakukan untuk memisahkan coran dari pasir cetak, pasir inti, sistem saluran, dan penambah. Pemisahan pasir cetak dan inti dilakukan menggunakan *shake out*, pahat pneumatik, dan *shootblasting*. Sedangkan penyingkiran sistem saluran dan penambah dilakukan menggunakan gerinda.

3.3 Peralatan dan Bahan

3.3.1 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu.

- Perangkat Lunak Simulasi Pengecoran z-cast
- *Workshop foundry* ; Pasir Cetak dan Inti, Rangka Cetak, Alat Pembuatan Inti CO₂ proses, Alat Peleburan, Alat Pembersihan Benda *Casting*, dan Timbangan
- Alat Uji Tarik
- Alat Uji Komposisi (*spectrometry*)
- Mikroskop Optik

3.3.2 Bahan

Berikut penggunaan bahan dasar utama dengan beberapa paduan yang digunakan untuk mencapai komposisi yang diinginkan, yaitu.

- Bahan Daur Ulang (FC 250) : 50.00 Kg
- Baja *Low Mn* : 210.00 Kg
- Paduan
 - a. *carburisher* : 10.10 Kg
 - b. FeSi : 6.50 Kg
1.40 Kg (saat koreksi komposisi)
 - c. FeMn : 2.80 Kg
 - d. *Super select* : 0.90 Kg (Inokulasi)

3.4 Pengujian

Untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan maka perlu dilakukan beberapa pengujian. Hal ini bertujuan untuk mengendalikan kualitas benda *casting*.

3.4.1 Pengujian Komposisi

Pengujian komposisi dilakukan bertujuan untuk mengetahui komposisi yang didapatkan tercapai sesuai dengan *range* komposisi yang ditentukan atau tidak. Pengujian yang dilakukan menggunakan spektrometer.

Tabel 3.1 Komposisi Material Penelitian sebelumnya[6]

Unsur	C (%)	Si (%)	Mn (%)	Cr (%)	S (%)	P (%)
Target	3.1	2.1	<0.5	-	-	-
Hasil	2.89	2.42	0.48	0.108	0.012	0.015

Tabel 3.2 Target Komposisi Material Penelitian saat ini

Unsur	C (%)	Si (%)	Mn (%)	Cr (%)	S (%)	P (%)
Target	3.0-3.4	1.8-2.0	0.6-1.0	-	max 0.15	max 0.3

Dilihat CE dari penelitian sebelumnya 3.8326, sedangkan CE pada penelitian kali ini 3.694. Hasil perhitungan dapat dilihat di lampiran 4. Silikon (Si) akan mereduksi kelarutan Karbon (C) kedalam Fe serta

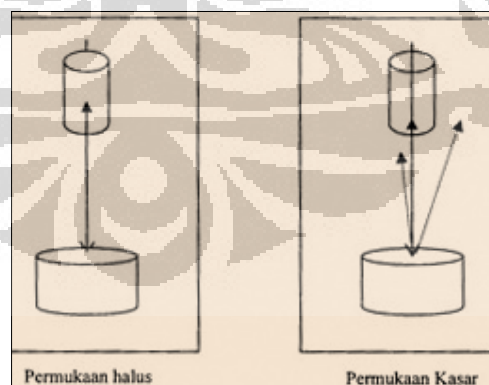
menurunkan kandungan Karbon (C) eutektik menjadi kurang dari 4.3. Dimana pengurangan target komposisi Silikon diharapkan mampu mengurangi jumlah ferit yang terbentuk dalam strukturmikro [3] dan bentuk grafit yang terbentuk sesuai dengan literatur [17]. Kemudian dengan menambahkan Mangan (Mn), bertujuan untuk membentuk banyak *matriks* perlit [3]. Sehingga kekuatan mekanis dari material dapat meningkat sesuai dengan standar FC 300 Seperti yang diketahui dalam besi cor kelabu diharapkan memiliki matriks *pearlite* dan grafit serta diharapkan hanya terbentuk sedikit jumlah ferit.

3.4.2 Pengamatan Strukturmikro

Pengamatan Strukturmikro bertujuan untuk mengamati dan mempelajari strukturmikro suatu logam dan paduan serta kaitannya dengan sifat mekanik, dengan menggunakan mikroskop optik atau elektron. Berikut tahap-tahap pengamatan :

- a. Pemotongan Sampel
- b. Peng-amplasan (mulai dari amplas kasar hingga amplas halus)
- c. Poles

Mendapatkan permukaan yang shining, bertujuan untuk mendapatkan hasil pemantulan vertikal saat dilakukan pegamatan. Seperti pada gambar, berikut :



Gambar 3.3 Perbandingan permukaan dari hasil poles [21]

- d. Etsa

Etsa merupakan proses pengikisan batas butir secara selektif dan terkendali dengan pencelupan ke dalam larutan pengetsa baik

menggunakan listrik maupun tidak ke permukaan sampel sehingga detail struktur yang akan diamati akan terlihat jelas dan tajam.

e. Pengamatan

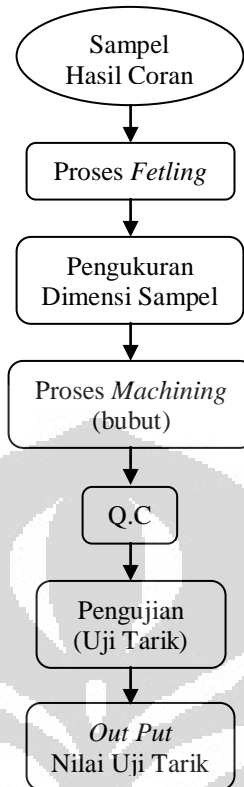
Struktur mikro adalah gambar atau konfigurasi distribusi fasa-fasa, yang apabila diamati dengan mikroskop optik dapat dipelajari antara lain:

- Jenis fasa
- Bentuk dan ukuran butiran
- Mikro-porositas
- Bentuk, ukuran, dan distribusi grafit pada besi cor

Dari jenis fasa dan konfigurasi bentuk butiran, dapat dipelajari jenis perlakuan apa saja yang pernah dialami oleh logam. Dengan demikian, berdasarkan pemahaman terhadap struktur mikro dapat dianalisa: Sifat material, perkiraan kasar komposisi kimia dan sejarah material.

3.4.3 Pengujian Tarik (*Tensile Strength Test*)

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik suatu material. Caranya yaitu dengan menarik sampel uji tarik dengan mesin uji tarik sampai sampel uji tarik putus. Untuk mendapatkan keabsyahan pengujian mekanik dari pihak lain maka pengujian yang akan dilakukan harus mengacu pada standar yang diakui oleh semua pihak. Standar pembuatan sampel uji tarik menurut standar *JIS Z 2201* diambil dari *test bar* yang dibuat bersamaan dengan produk yang dibuat [2]. Proses pembuatan sampel melalui beberapa tahap. Kemudian hasil dari uji tarik di lihat mengacu pada *JIS G 5501* [2].



Gambar 3.4 Diagram Alir Penguujian Tarik

3.4.4 Penguujian Kekerasan

Penguujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui kekerasan material. Prosesnya yaitu dengan cara penjejakan pada sampel. Sesuai dengan *JIS G 5501* standar penguujian dilakukan dengan nilai HB.

3.5 Yield Casting

Yield casting adalah efisiensi penggunaan cairan logam, sehingga cairan yang menjadi *gating system* dan *riser* menjadi lebih sedikit dibandingkan benda produk. Perhitungannya yaitu perbandingan benda produk dengan keseluruhan tuangan (*benda+gating system* dan *riser*) [14].

Rumus :

$$Yield = \frac{Massa Benda Cor}{Berat Tuangan (Massa Benda Cor + Massa Gating System dan Riser)} \times 100\%$$

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan desain ulang perancangan sistem saluran dan penambah, kemudian di-simulasikan dengan menggunakan perangkat lunak, lalu perubahan komposisi material FC 300 yang mengacu pada standar yang ada. Sehingga mendapatkan nilai *yield casting* dan kekuatan mekanis (uji tarik dan kekerasan) sesuai dengan standard *JIS G 5501*. Untuk mendukung dari penelitian ini, maka dilakukan proses dan beberapa pengujian yang kemudian standar-standar resmi dijadikan acuan untuk mengetahui berhasil atau tidaknya penelitian ini.

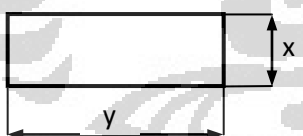
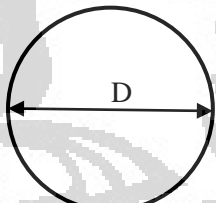
4.1 Dimensi Sistem Saluran dan Penambah

Setelah dilakukan perhitungan sesuai dengan berat benda cor, maka didapatkan.

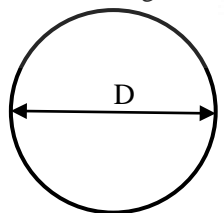
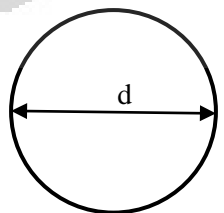
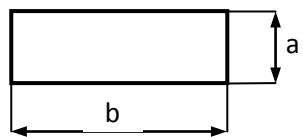
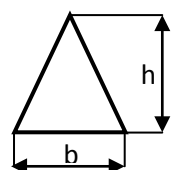
$$\text{Volume Benda} = 1,778,331.99 \text{ mm}^3$$

$$\text{Berat Benda} = 12.892 \text{ Kg} \approx 13 \text{ Kg}$$

a. Penambah

Leher penambah 	$x = 40 \text{ mm}$ $y = 21.5 \text{ mm}$	Diameter Penambah 	50 mm (2buah)
---	--	---	------------------

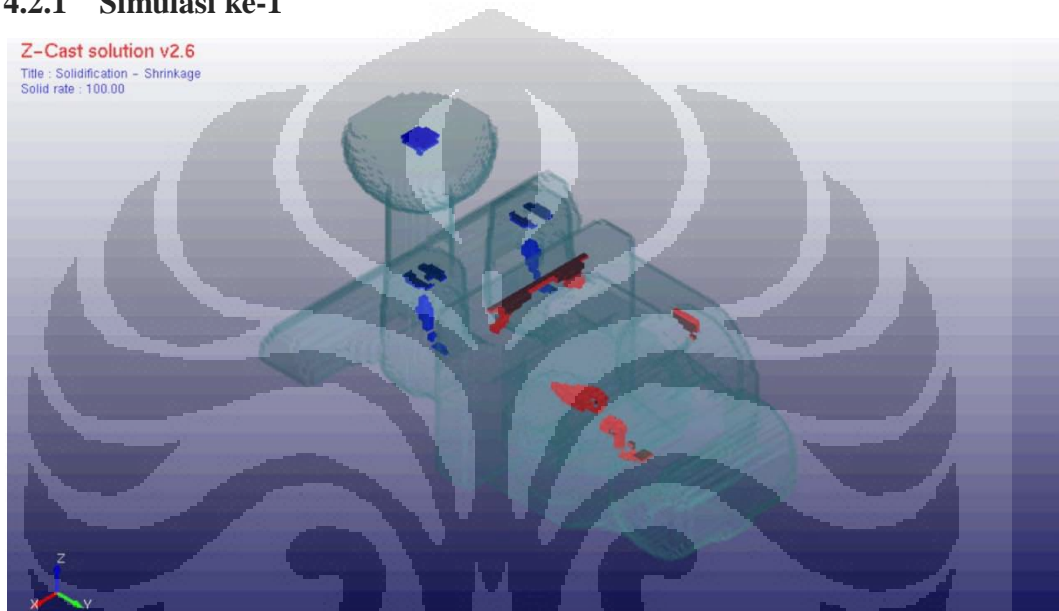
b. Sistem Saluran

Cawan Tuang 	$D = 50 \text{ mm}$	Saluran Turun 	$d = 30 \text{ mm}$
Saluran Masuk 	$a = 7.5 \text{ mm}$ $b = 40 \text{ mm}$	Saluran Terak 	$h = 40 \text{ mm}$ $b = 30 \text{ mm}$

4.2 Simulasi Pengecoran

Dilakukan 6 kali simulasi yang kemudian dari simulasi tersebut diambil hasil yang terbaik dengan beberapa pertimbangan. Mulai dari *lay-out* rancangan hingga mendapatkan hasil yang paling efektif, efisien dan minim cacat. Selain cacat yang terjadi dalam simulasi, pemilihan rancangan yang akan diterapkan juga meliputi nilai *yield casting* yang didapat dari tiap simulasi.

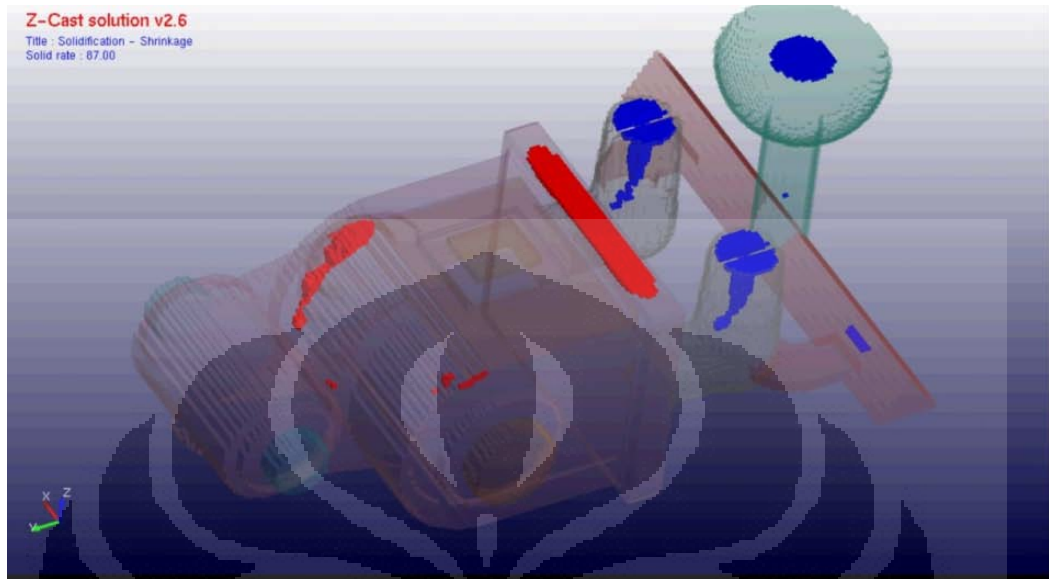
4.2.1 Simulasi ke-1



Gambar 4.1 Hasil Solidifikasi Simulasi ke-1

Simulasi ini dilakukan hanya untuk mengetahui rancangan terdahulu, terlihat banyak terdapat *shrinkage*. Namun hasil akhir yang sudah dilakukan tidak terdapat cacat seperti yang nampak pada simulasi. Simulasi ini kemudian menjadi pertimbangan untuk diambilnya rancangan pada simulasi berikutnya. Rancangan ini tidak masuk dalam pertimbangan penelitian karena *yield casting* yang didapat nilainya kecil, yaitu 60 %.

4.2.2 Simulasi ke-2



Gambar 4.2 Hasil Solidifikasi Simulasi ke-2

Dengan mengurangi dimensi penambah dari ukuran 70 mm menjadi 50 mm diharapkan mendapatkan nilai *yield casting* yang lebih tinggi dibandingkan dengan simulasi ke-1, yaitu 65.42 %. Masih terdapat *shrinkage* yang sama dengan desain awal.

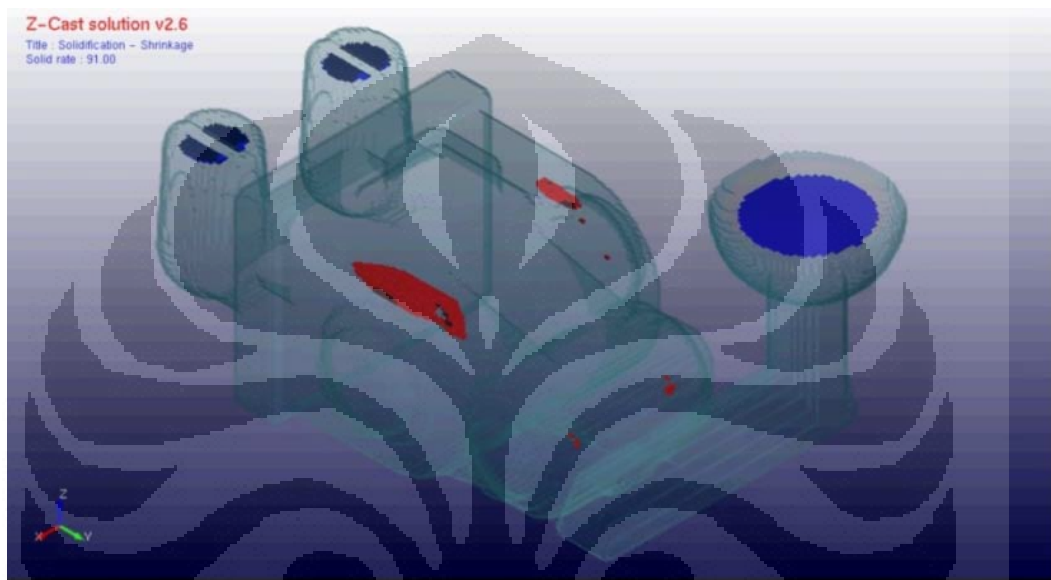
4.2.3 Simulasi ke-3



Gambar 4.3 Hasil Solidifikasi Simulasi ke-3

Setelah dilakukan beberapa pertimbangan, maka dilakukan pemindahan letak *ingate* ke bagian yang lebih tipis dengan asumsi bagian tipis tersebut tidak membeku terlebih dahulu saat cairan dialirkan kedalam rongga. Namun *shrinkage* masih terjadi, hal ini dikarenakan pada bagian tersebut belum ditambahkan penambah. *Yield casting* desain ke-3 ini merupakan yang tertinggi 86.49 %, namun desain ini tidak digunakan.

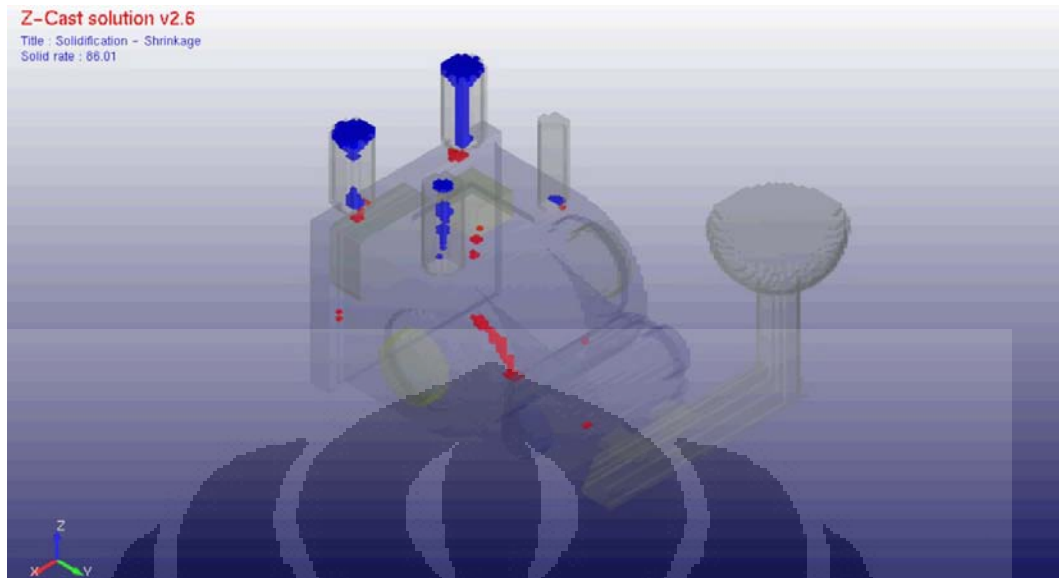
4.2.4 Simulasi ke-4



Gambar 4.4 Hasil Solidifikasi Simulasi ke-4

Pada desain ke-4, ditambahkan penambah pada bagian benda yang tebal. *Yield casting* desain ke-4 menurun jauh sekitar 15.51 %. Ini terjadi karena adanya penambahan penambah. Terlihat *shrinkage* yang terjadi dalam simulasi sebelumnya hilang, namun pada bagian lainnya masih mengalami *shrinkage*. Cacat tersebut terjadi akibat tidak adanya *overflow*, sehingga gas sisa dalam rongga cetak terjebak dalam cetakan.

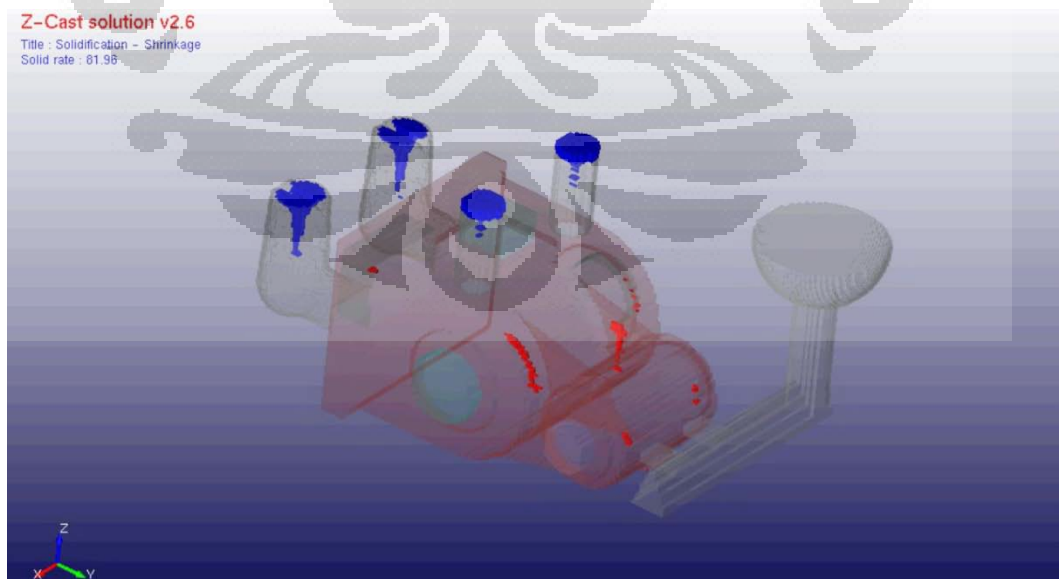
4.2.5 Simulasi ke-5



Gambar 4.5 Hasil Solidifikasi Simulasi ke-5

Desain ke-5 ini merupakan perbaikan dari desain ke-3. Dengan penambahan 4 *overflow*, *yield casting* desain ini menjadi 78.55 %. Mengambil kesimpulan dari hasil simulasi ke-3, cacat terjadi pada bagian permukaan. Maka ditambahkan *overflow* pada bagian yang cacat untuk menghilangkan cacat tersebut, cacat sudah mulai berkurang namun masih ada cacat pada bagian lain.

4.2.6 Simulasi ke-6



Gambar 4.6 Hasil Solidifikasi Simulasi ke-6

Desain ke-6 ini penyempurnaan desain ke-4, yaitu penambahan *overflow* pada bagian permukaan yang cacat di simulasi ke-4. Penambahan *overflow* terlihat efektif, namun *yield casting* menurun menjadi 70 %. Seperti yang terlihat pada gambar cacat pindah ke *overflow*, sehingga cacat yang terbentuk menjadi sedikit.

Tabel 4.1 Resume Hasil Simulasi

Simulasi	Perubahan	Hasil	Yield Casting
1 (Awal)	-	Banyak <i>Shrinkage</i>	60%
2	Diameter Penambah (Ø70 mm → Ø50 mm)	Banyak <i>Shrinkage</i>	65.42%
3	Memindahkan sistem saluran	Banyak <i>Shrinkage</i>	86.49%
4	Memberi Penambah dari desain ke-3	<i>Shrinkage</i> berkurang	70.98%
5	Menghilangkan penambah dan Menambahkan <i>overflow</i> dengan Ø 50 mm	<i>Shrinkage</i> berkurang, namun lebih menyebar	78.55%
6	Gabungan dari desain 4 dan 5	Sedikit <i>Shrinkage</i>	70%

4.2.7 Pemilihan Desain Hasil Simulasi

Pertimbangan desain digunakan berdasarkan dari hasil simulasi. Karena, nilai *yield casting* yang tinggi tidak menjamin untuk mendapatkan hasil yang bagus. Dari simulasi yang telah dilakukan, diambil simulasi ke-4 yang akan diaplikasikan, meskipun simulasi ke-6 mengindikasikan cacat yang lebih sedikit. Karena cacat *shrinkage* [22,23] yang terjadi pada simulasi ke-6 lebih kritis terjadi dibandingkan simulasi ke-4. Cacat pada simulasi ke-4 dapat di-*minimalisir* dengan menambahkan *overflow* pada permukaan. *Overflow* tidak bisa digunakan dalam simulasi karena ukurannya yang kecil, sehingga ada proses yang tidak bisa dilakukan dalam simulasi, yaitu pembuatan mesh untuk benda. Selain itu juga pemberian *overflow* juga pasti dilakukan saat pembuatan untuk memperlancar pembuangan gas yang terjadi saat proses pembuatan.

4.3 Uji Komposisi FC 300

Pada penelitian sebelumnya kehadiran unsur Krom (Cr) dan tingginya Silikon (Si) dipermasalahkan yang kemudian jadi indikasi kegagalan kekuatan mekanisnya. Setelah dilakukan studi literatur dari berbagai sumber

[24], maka ditentukan komposisi material yang akan dibuat. Namun hanya unsur Silikon yang mempengaruhi menurunnya kekuatan mekanis, karena unsur krom masih dalam batas wajar.

Table 4.2 Komposisi Material Penelitian saat ini

Unsur	C (%)	Si (%)	Mn (%)	Cr (%)	S (%)	P (%)
Target	3.0-3.4	1.8-2.0	0.6-1.0	-	max 0.15	max 0.3
Hasil	3.188	1.666*	0.855	0.108	0.014	0.013

Untuk komposisi material hampir keseluruhan target sudah terpenuhi, namun ada unsur yang menyimpang seperti Silikon (Si). Unsur *Si kurang dari target, namun sudah dilakukan koreksi komposisi sebelum cairan dituangkan. Hasil koreksi spektrometri tidak ditemukan, tapi bisa diketahui nilai akhirnya.

Dari data koreksi, penambahan Si = 1.4 kg ;

$(\text{Berat Si} / \text{Kapasitas Tanur}) \times \% \text{ Si}$

$= (1.4 \text{ Kg} / 250) \times 75\%$

$= 0.42\%$

Kemudian nilai tersebut terkena *losses* sekitar 25 % sehingga mendapatkan nilai 0.315 %. Nilai ini dijumlahkan dengan nilai hasil pertama, jadi kemungkinan nilai Si yang didapat sekitar 1.981 %. Pengurangan kandungan Silikon (Si) dalam material, turut membantu untuk mengurai jumlah ferit dan grafit yang terbentuk tidak terlalu pipih atau tajam dalam strukturmikro. Serta penambahan unsur Mangan (Mn) dalam material berpengaruh untuk membentuk strukturmikro perlit menjadi lebih banyak.

4.4 Hasil Casting

Visual benda pada bagian-bagian yang terkena cacat maupun yang dicurigai terdapat cacat saat simulasi. Secara keseluruhan benda tidak mengalami cacat yang bersifat merusak baik fungsi maupun dimensi.



(a)

(b)

Gambar 4.7 Bagian benda yang dicurigai terdapat cacat saat simulasi (a. Bagian Kiri)
(b. Bagian kanan)

Tidak nampak terjadi cacat seperti yang di-simulasi. Benda terbentuk sesuai dengan rongga cetak. Kecurigaan terjadinya cacat *shrinkage* pada benda juga tidak terbukti, dengan uji berat benda. Karena jika terjadi susut atau *shrinkage* pada benda maka berat benda pun ikut turun, hal ini dibuktikan dengan berat benda yang bahkan lebih dari perhitungan.



Gambar 4.8 Cacat Rontokkan Pasir

Cacat *shrinkage* tidak terjadi, namun ada cacat *dirt* atau rontokkan pasir yang terjadi pada permukaan bagian bawah benda seperti yang terlihat di gambar 4.7. Cacat *dirt* adalah jenis cacat lubang kecil pada permukaan, yang dikarenakan jatuhnya pasir ke benda coran, ketika pasir dilepaskan akan meninggalkan lubang kecil [23].

Biasa terjadi akibat kurang bersihnya rongga cetak saat *assembly*, jadi jika cacat terjadi dibagian permukaan bawah kemungkinan terjadi sebelum penuangan dilakukan.

4.5 Yield Casting [14]

$$Yield = \frac{Massa \text{ Benda Cor}}{Berat \text{ Tuangan (Massa Benda Cor + Massa Gating System dan Riser)}} \times 100\%$$

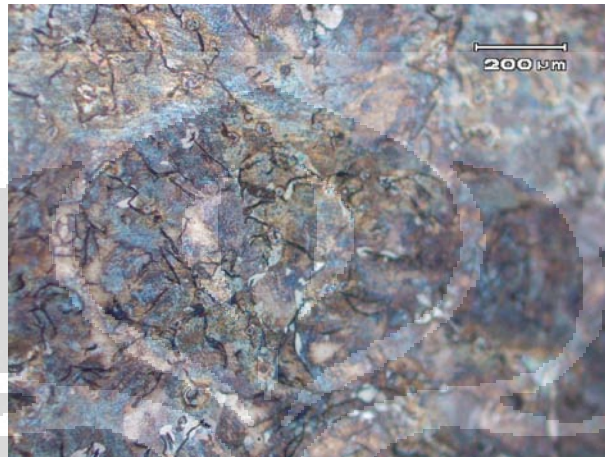
$$Yield = \frac{14 \text{ Kg}}{14 \text{ Kg} + 6.5 \text{ Kg}} \times 100\%$$

$$Yield = \frac{14 \text{ Kg}}{20.5 \text{ Kg}} \times 100\%$$

$$Yield = 68.29 \%$$

Yield casting yang didapat lebih rendah dari hasil perhitungan. Hal ini bisa disebabkan dari ukuran sistem saluran yang tidak proporsional sesuai dengan perhitungan yang didapat. Sehingga nilai *yield casting* turun sekitar 2.69 %.

4.6 Pengamatan Mikrostruktur



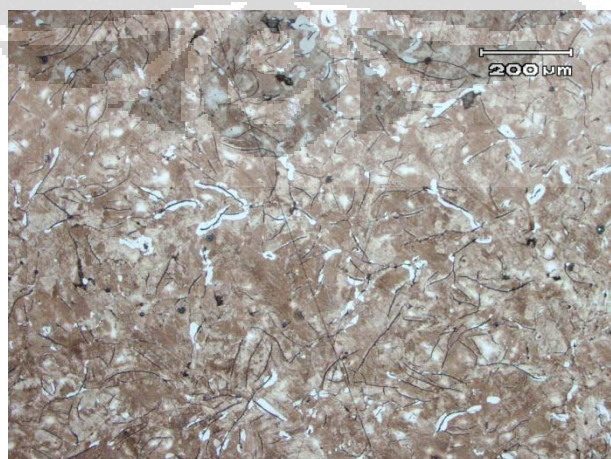
Gambar 4.9 Hasil Pengamatan Struktur mikro perbesaran 100x (penelitian saat ini)

Bentuk Grafit : I
Distribusi Grafit : A

Mikrostruktur
Perlit = 90 %
Ferrit = 10 %

Bentuk grafit dan distribusi memenuhi kriteria [17], gambar kurang fokus kemungkinan disebabkan permukaan yang kurang rata. Tapi secara keseluruhan tidak ada kesalahan baik dalam bentuk maupun

jumlah mikrostruktur yang terbentuk.



Gambar 4.10 Hasil Pengamatan Struktur mikro perbesaran 100x (penelitian sebelumnya)

Jika dibandingkan dengan strukturmikro yang terdahulu seperti pada gambar 4.10 hasil strukturmikro yang terbentuk kali ini lebih masuk kriteria yang terdapat dalam literatur, karena strukturmikro terdahulu bentuk grafit terlalu tipis dan memanjang serta ferit yang terbentuk juga jumlah terlalu banyak.

4.7 Uji Tarik

Nilai Uji Tarik yang didapatkan tidak sesuai, yaitu 271 N/mm^2 . Nilai tersebut tidak sesuai dengan target nilai yang diinginkan 300 n/mm^2 . Hal ini kemungkinan tidak lepas dari kurang halus nya bagian permukaan batang uji tarik. Ketidak halusan bagian permukaan ini disebabkan proses pembubutan yang kasar atau mungkin juga pemakanan awal dari pembubutan sehingga menyisakan goresan/*scratch* pada bagian permukaan.

Tabel 4.3 Nilai Standar Uji Tarik dalam batang sampel

Simbol	Tebal dari besi cor dalam mm	Uji Tarik dalam N/mm^2
FC 300	20 sampai 40	250 minimal
	40 sampai 80	220 minimal
	80 sampai 150	210 minimal
	150 sampai 300	190 minimal

Sesuai dengan nilai *range* yang ada dalam *JIS G 5501* [2] seperti yang diberi tanda warna kuning, maka nilai uji tarik yang sudah dilakukan masih masuk dalam kategori FC 300. Meskipun nilai yang didapat menyimpang sekitar 29 N/mm^2 .

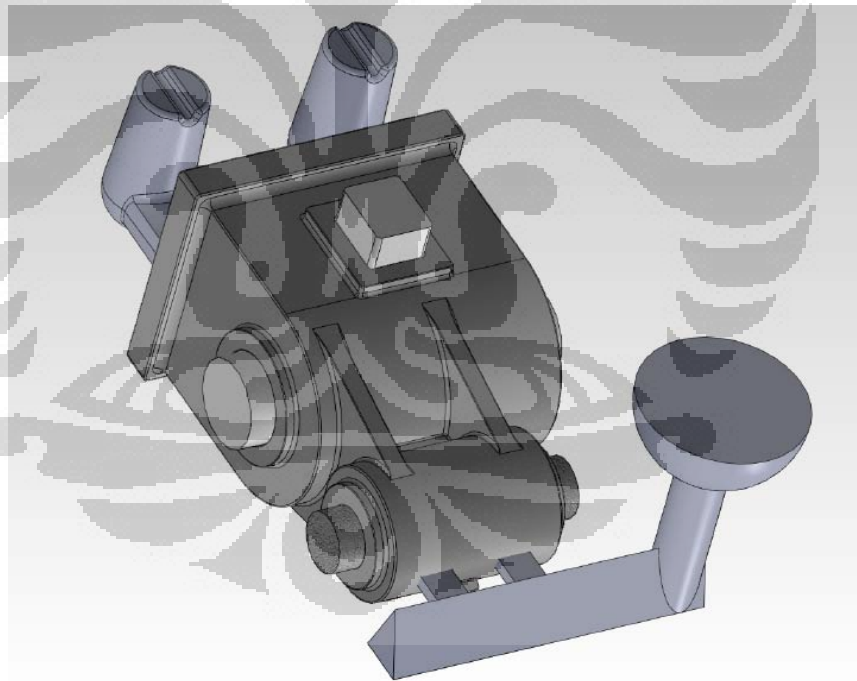
4.8 Uji Kekerasan

Uji kekerasan ini dilakukan untuk mengetahui nilai uji tarik yang menyimpang karena faktor *eksternal* atau *internal* material, sehingga mengetahui material ini sesuai dengan *JIS G 5501* [2] atau tidak. Hasil dari pengujian mendapatkan nilai kekerasan 30.5 HRC jika di konversi mendapatkan nilai 286.5 HB [25]. Nilai kekerasan FC 300 dalam *JIS G 5501* yaitu 262 HB, dengan begitu dapat dipastikan material ini sudah sesuai dengan nilai kekuatan mekanis dalam standar yang diharapkan.

BAB V KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan :

1. Peningkatan *yield casting* didapat menggunakan desain ke-4 dengan mengurangi ukuran diameter penambah dari $\varnothing 70$ mm menjadi $\varnothing 50$ mm .
2. Kekuatan mekanis pun meningkat menjadi 271 N/mm^2 untuk uji tarik dan uji kekerasan 286.5 HB , dengan menurunkan unsur Silikon (Si) serta menaikkan unsur Mangan (Mn) dari target komposisi sebelumnya, bekerja efektif dalam promot perlit dan menurunkan jumlah ferit. Sehingga kekuatan mekanis pun meningkat.
3. Nilai *yield casting* yang didapat 68.29% meningkat 9.29% dari penelitian sebelumnya yang hanya mendapatkan *yield casting* 59% ,



Gambar 5.1 Desain ke-4 Produk Rumah Transmisi

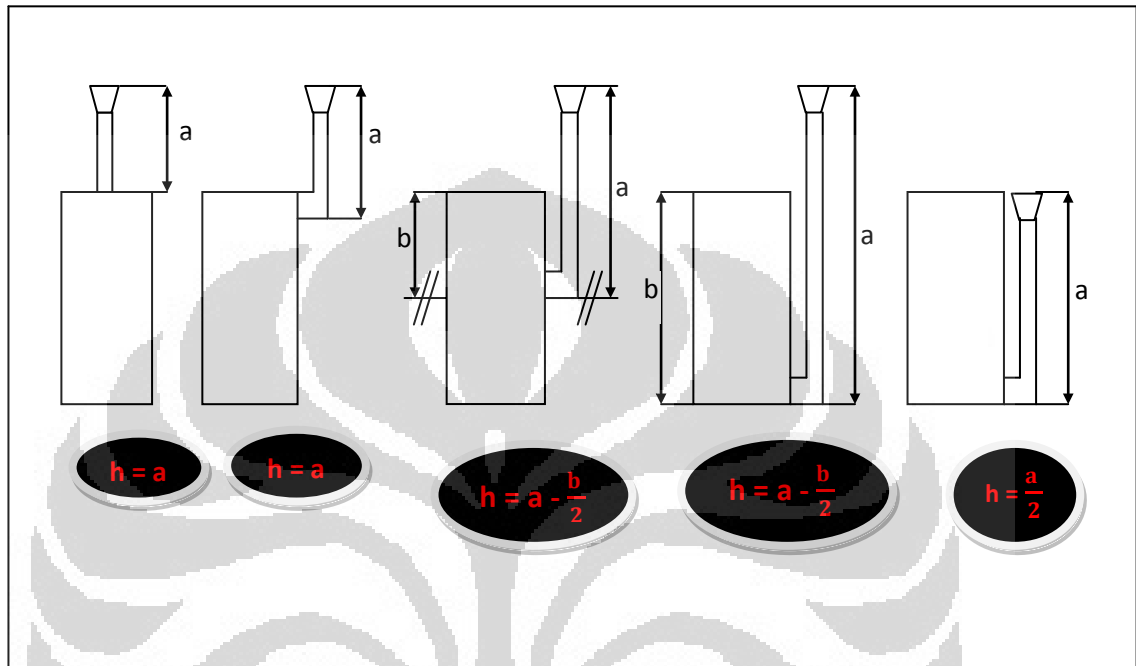
DAFTAR REFERENSI

- 1 <http://xlusi.com/2012/car-components/clutch/transmisi-gear-box/>, 8 Mei 2012, 8:36 WIB.
- 2 Association, Japanese Standards. *JIS Handbook 1984 Ferrous Material and Metallurgy*. Edisi 2010, Japan : Japanese Standards Association. 1984.
- 3 Soedihono. Teknologi Besi Cor Kelabu, “*Metalographie IV*”. Bandung : Politeknik Manufaktur Bandung. 1989. 2-8
- 4 <http://www.finitesolutions.com/WhatisCastingSimulation/tabid/63/Default.aspx>, 12 April 2012, 5:48 WIB
- 5 Jolly, Mark. 2002. Casting Simulation : How Well do Reality and Virtual Casting Match? State of the Art Review. *Journal of Casting Simulation*. U.K. 14, 303-313.
- 6 Alfian, Feri, N., Shandy, P.I., 2009. *Perancangan dan Pembuatan Coran Rumah Transmisi Menggunakan Material FC 300*, Bandung : Politeknik Manufaktur Negeri Bandung.
- 7 <http://dhio.in/products/z-cast/>, 12 April 2012, 6:05 WIB
- 8 Kalpakjian S, Schmid SR. *Metal Casting : Design, Materials, and Economics, “Manufacturing engineering and technology”*. 5th ed. International Edition Prentice-Hall; 2001. Page 12_2 – 12_8
- 9 Craig, Donald. 1996. *Advantages of Simulation*. July 8 1996. NDT. <http://web.cs.mun.ca/~donald/msc/node6.html>, 1 May 2012, 17:17 WIB
- 10 Craig, Donald. 1996. *Disadvantages of Simulation*. July 8 1996. NDT. <http://web.cs.mun.ca/~donald/msc/node7.html>, 1 May 2012, 17:17 WIB
- 11 Surdia, Tata. E Chijiiwa, Kenji. Pendahuluan dan Rencana Pengecoran, “*Teknik Pengecoran Logam*”. Jakarta : PT Pradnya Paramita. 2000. halaman 3, 65-66
- 12 Ravi, B. *Metal Casting : Computer-Aided Design and Analysis*. New Delhi: Prantice-Hall of India. 2005. Page 10
- 13 Company, The Materials Information. *Design Variables, “ASM Handbook, Volume 15 casting”*. 2nd Edition. Amerika: ASM Handbook. 1992. 1246-1281
- 14 Tinto, Rio. *Ductile Iron, The Essentials Of Gating And Riser Design*, Canada : Sorelmetal Iron and Titanium. 2000. Page 9-10, 17

- 15 Yudiyanto, Oyok. *Diktat ; Perancangan Coran*. Bandung : Politeknik Manufaktur Bandung. 2009. Halaman 18-33
- 16 Company, The Materials Information. *ASM Handbook, Volume 1 Properties and Selection: Irons, Steels, and High Performance Alloys Section: Publication Information and Contributors*. 2nd Edition. Amerika: ASM Handbook. 1992. Page 34
- 17 Brown, John R. *Grey Cast Iron, "Foseco ferrous foundrymans handbook"*. 2000. Page 35-36
- 18 Durand-Charre, Madeleine. *Microstructure of Steels and Cast Irons* (James H. Davidson B.Met. Ph.D. C.Eng. M.I.M, penejemah). New York: Springer science. 2003. Page 349
- 19 Cambridge Engineering Department. *Materials data book* (Edition 2003). Cambridge: Cambridge University Engineering. 2003. page 10
- 20 Callister, William D. *Materials Science and Engineering*. 7th Edition. United States America: John Wiley & Sons, Inc. 1940. Page 367-370
- 21 Modul Metalografi dan HST. 2010. Universitas Indonesia : Laboratorium Metalografi dan HST. Halaman 8
- 22 Colton, J. S. 2011. *Casting Defect and Design Issue*. Manufacturing Processes and Systems, Georgia Institute of Technology.
<http://www.me.gatech.edu/jonathan.colton/me4210/castdefect.pdf>
- 23 <http://www.scribd.com/chinmaydas/d/19162058-Casting-Defects>, 11 Juni 2012, 12:58 WIB
- 24 <http://www.castingquality.com/wp-content/uploads/2010/07/grey-cast-iron-composition.pdf>, 15 April 2012, 6:05 WIB
- 25 http://aviationandaccessories.tpub.com/TM-43-0106/css/TM-43-0106_289.htm, 15 Mei 2012, 11:39 WIB

LAMPIRAN 2

Tinggi Hidrolis

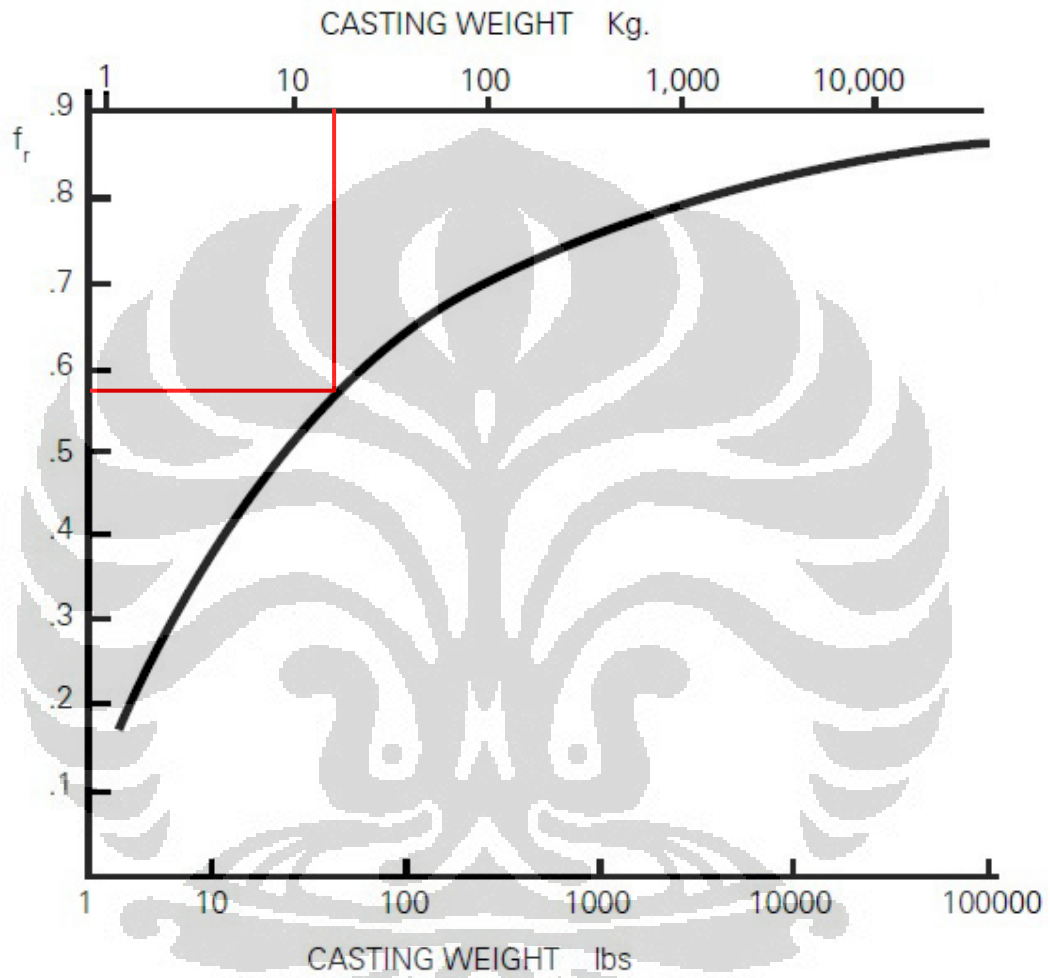


Perhitungan :

$$h (\text{hidrolis}) = 150 - \frac{73}{2} = 113.5 \text{ mm} = 11.35 \text{ cm}$$

LAMPIRAN 3

Faktor Hambat Alir



LAMPIRAN 4

Perhitungan Rancangan Produk

Volume dan Berat Benda serta Penambah, Sistem Saluran dan Yield

1. Perhitungan Volume dan Berat Benda

- a. Perhitungan volume benda cor menggunakan software desain 3D

$$V = 1,778,331.99 \text{ mm}^3$$

- b. Diketahui :

$$\rho_{\text{padat FC 300}} = 7.3 \text{ kg/dm}^3$$

$$\rho_{\text{cair FC 300}} = 6.8 \text{ kg/dm}^3$$

- Berat padat

$$G_{\text{padat}} = V \times \rho_{\text{padat}}$$

$$G_{\text{padat}} = 1.778,331,99 \text{ dm}^3 \times 7.3 \text{ kg/dm}^3$$

$$G_{\text{padat}} = 12.892,906,93 \text{ kg}$$

- Berat cair

$$G_{\text{cair}} = V \times \rho_{\text{cair}}$$

$$G_{\text{cair}} = 1.778,331,99 \text{ dm}^3 \times 6.8 \text{ kg/dm}^3$$

$$G_{\text{cair}} = 12.092,657,53 \text{ kg}$$

Keterangan :

G = Berat (kg)

V = Volume (dm³)

ρ = Berat Jenis (kg/dm³)

2. Perhitungan penambah

- a. Perhitungan volume feeding dengan pendekatan komposisi

Target komposisi bahan FC 300 → C = 3.2 %, Si = 1.8 %, P = < 0.15%

Penyusutan Besi Cor Kelabu = 1%

- Saettigungsgrad

$$\bullet \text{ Sc} = \frac{3.1 \%}{4.3 \% - 0.33 (2.12 \% + 0.10 \%)} = 0.829$$

- Sc (0.829) < 1, maka FC 300 kondisi hypo-eutectic.

- Estimasi kekuatan tarik normal = $1000 - 800 (0,829) = 336.8 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

➤ *Carbon Equivalent*

- $CE = 3,1\% + 0.33 (1.8 \% + 0.10\%) = 3.694$
- $CE (3.694) < 4.3$, maka FC 300 kondisi hypo-eutectic.

$$V_{\text{feeding total}} = \frac{1 \times 1.77833199}{16 - 1} = 0.1186 \text{ L}$$

b. Perhitungan dimensi penambah dan leher penambah

Kebutuhan jumlah penambah pada bagian benda cor dengan modul terbesar adalah 2 buah, maka :

$$M_c : M_{lp} : M_p = 1 : 1.1 : 1.2$$

➤ Modul penambah = Modul bagian Coran $\times 1.2 \times \sqrt{\frac{St}{100}}$

$$= 0.7974 \text{ cm} \times 1.2 \times \sqrt{\frac{127.203736}{100}}$$

$$= 1.079213603 \text{ cm} \approx 1.08 \text{ cm}$$

➤ Diameter Penambah Samping = $4.53 \times 1.08 \text{ cm}$

$$= 4.888837622 \text{ cm}$$

$$\approx 50 \text{ mm} \approx 0.5 \text{ dm}$$

➤ Volume penambah > $V_{\text{feeding total}} = 0.145 \text{ L} > 0.1186 \text{ L} (X)$

Diameter penambah = 50 mm sebanyak 2 buah

Volume penambah = $1.16 \times 0.5^3 = 0.145 \text{ L}$

2 buah penambah = $0.145 \text{ L} \times 2 = 0.29 \text{ L}$ (hanya untuk
-modul terbesar)

➤ Volume penambah > $V_{\text{feeding total}} = 0.29 \text{ L} > 0.1186 \text{ L} (\checkmark)$

$G_{\text{penambah cair}} = 6.8 \text{ kg/L} \times 0.29 \text{ L} = 1.972 \text{ kg} \approx 2 \text{ kg}$

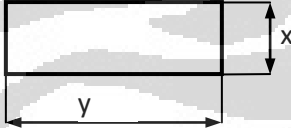
Maka penambah yang digunakan adalah dengan diameter 50mm sebanyak 2buah

$$\begin{aligned} \text{➤ Modul leher penambah} &= \text{Modul bagian Coran} \times 1.1 \times \sqrt{\frac{St}{100}} \\ &= 0.7974 \text{ cm} \times 1.2 \times \sqrt{\frac{127.203736}{100}} \\ &= 0.989 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } D_{lp} &= 4 \times M_{lp} \times \sqrt{0.5} \\ &= 4 \times 0.989 \text{ cm} \times \sqrt{0.5} \\ &= 2.8 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{➤ } M'_{lp} = \frac{D_{lp}}{4} = \frac{2.8 \text{ cm}}{4} = 0.7 \text{ cm}$$

➤ Penampang leher penambah

$\begin{aligned} y &= 40 \text{ mm (proporsional)} \\ x &= \frac{2 \cdot y \cdot M'_{lp}}{y - 2 \cdot M'_{lp}} \\ &= \frac{2 \cdot 4 \cdot 0.7}{4 - 2 \cdot 0.7} \\ &= 2.154 \text{ cm} \approx 21.5 \text{ mm} \end{aligned}$	
--	--

- **Perhitungan sistem saluran**

$$\begin{aligned} \text{Berat tuang}_{\text{cair}} &= G_{\text{tuangan}_{\text{cair}}} + G_{\text{penambah}_{\text{cair}}} \\ &= 12.092,657,53 \text{ kg} + 5.411168 \text{ kg} \\ &= 17.5032553 \text{ kg} \end{aligned}$$

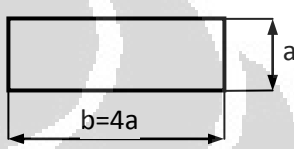
$$\begin{aligned} \text{Waktu Tuang: } t &= 1.25 \times \sqrt{2G} \\ &= 1.25 \times \sqrt{2 \times 17.5032553} \\ &= 7.395907975 \text{ detik} \\ &= 7.4 \text{ detik} \end{aligned}$$

Faktor hambat alir: $\xi = 0,58$

$$\text{Tinggi Hidrolis} = 11.35 \text{ cm}$$

- **Penampang saluran masuk**

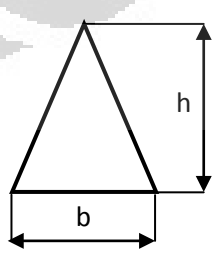
$$\begin{aligned} \text{Asm} &= \frac{22.6 \times \text{Gtuangan cair}}{\xi \times \rho \times t \times \sqrt{H \text{ hidrolis}}} \\ &= \frac{22.6 \times 17.5032553 \text{ kg}}{0.58 \times 6.8 \frac{\text{kg}}{\text{l}} \times 7.4 \text{ s} \times \sqrt{11.35}} \\ &= 4.023098907 \text{ cm} \end{aligned}$$

$\begin{aligned} a &= \sqrt{\frac{\text{Asm}}{n \cdot 4}} = \\ &= \sqrt{\frac{4.023098907 \text{ cm}}{2.4}} \\ &= 0.709145516 \text{ cm} \\ &\approx 7.5 \text{ mm} \\ \mathbf{b} &= 4 \cdot a \\ &= 4 \times 7.5 \\ &= 30 \text{ mm} \end{aligned}$	
--	--

➤ **Asm : Astr : Ast**
2 : 3 : 4

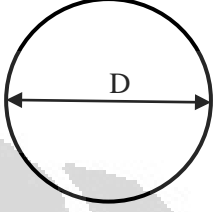
- **Penampang saluran terak**

$$\begin{aligned} \text{Astr} &= 3/2 \text{ Asm} \\ &= 3/2 \times 4.023098907 \text{ cm} \\ &= 6.035 \text{ cm} \end{aligned}$$

$\begin{aligned} b &= \sqrt{1.5 \times \text{Astr}} \\ &= \sqrt{1.5 \times 6.035} \\ &= 3.008737277 \text{ cm} \\ &\approx 30 \text{ mm} \\ h &= \frac{4}{3} \times b \\ &= \frac{4}{3} \times 30 \\ &= 40 \text{ mm} \end{aligned}$	
--	--

- **Penampang saluran turun**

$$\begin{aligned} A_{st} &= 4/2 A_{sm} \\ &= 4/2 \times 4.023098907 \text{ cm} \\ &= 8.0466 \text{ cm} \end{aligned}$$

$\begin{aligned} D &= \sqrt{\frac{4 \times A_{st}}{\pi}} \\ &= \sqrt{\frac{4 \times 8.0466}{\pi}} \\ &= 3.2 \text{ cm} \approx 30 \text{ mm} \end{aligned}$	 <p>A diagram showing a circle with a horizontal double-headed arrow across its center, labeled with the letter 'D', representing the diameter.</p>
---	---

c. Yield Casting

$$Yield = \frac{Massa \text{ Benda Cor}}{Massa \text{ Benda Cor} + Massa \text{ Gating System dan Riser}} \times 100\%$$

- Berat benda = 12.892 Kg
- Berat Penambah = 2.000 Kg
- Berat Sistem Saluran = 3.270 Kg

$$Yield = \frac{12.892 \text{ Kg}}{12.892 \text{ Kg} + 5.270 \text{ Kg}} \times 100\%$$

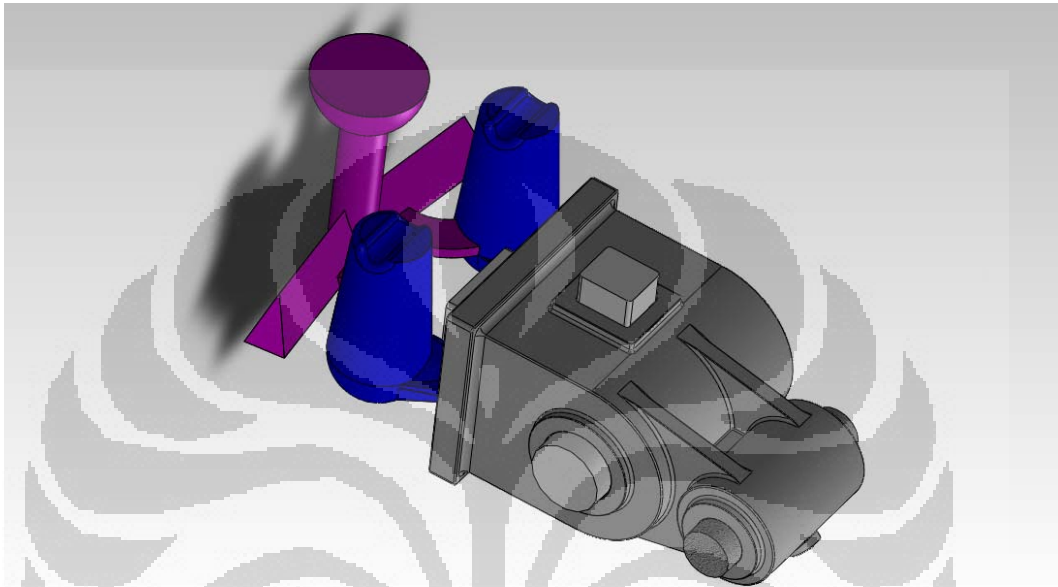
$$Yield = \frac{12.892 \text{ Kg}}{18.162 \text{ Kg}} \times 100\%$$

$$Yield = 70.98\%$$

LAMPIRAN 5

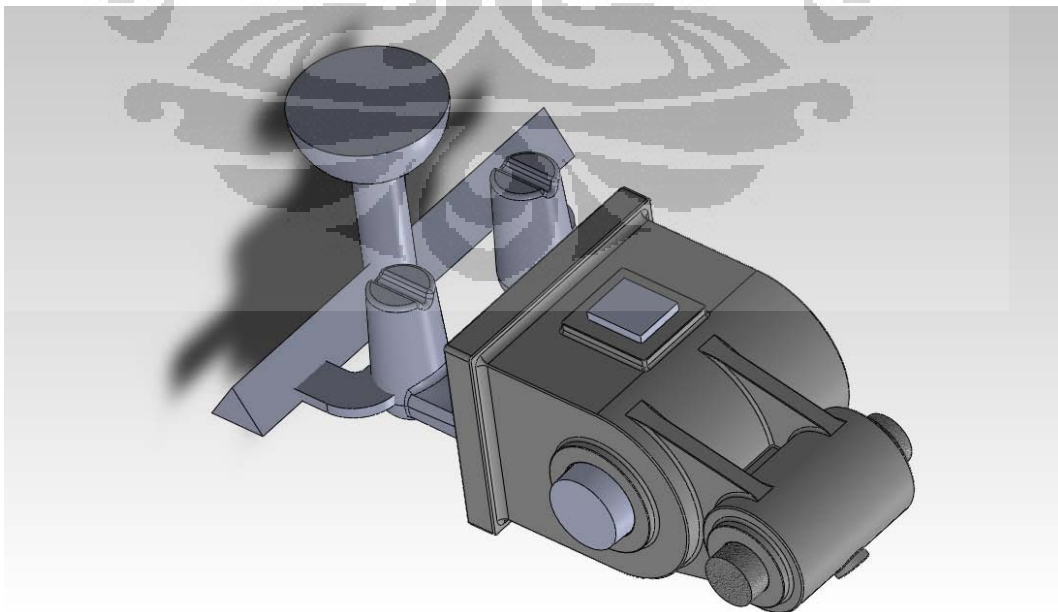
Gambar 3D Desain Produk

Desain Ke-1



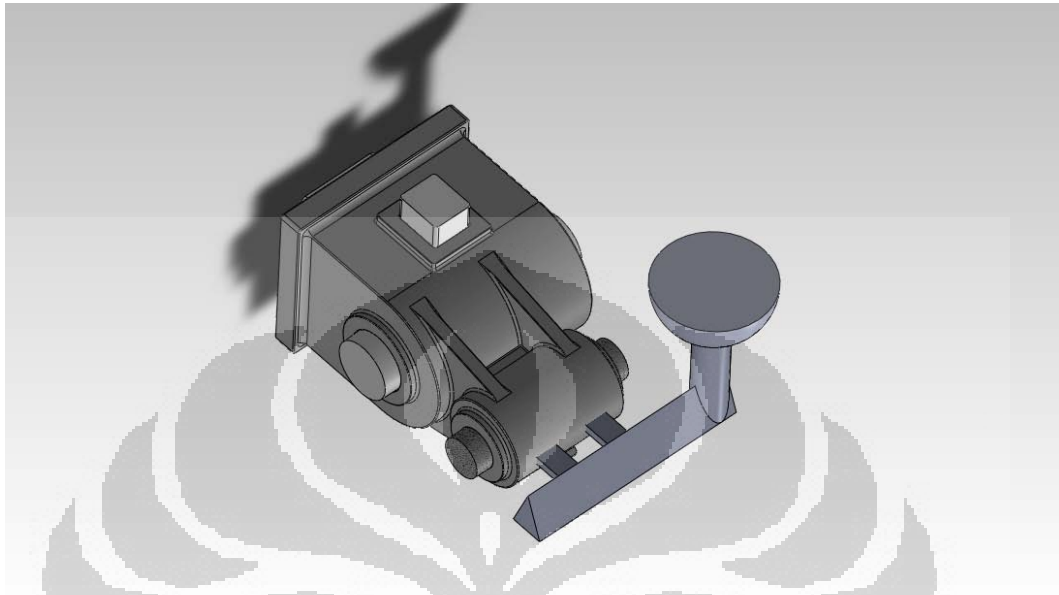
Desain awal yang digunakan pada penelitian sebelumnya. Menggunakan 2 buah penambah $\text{Ø } 70 \text{ mm}$. *Yield casting* yang didapat hanya 60%.

Desain Ke-2



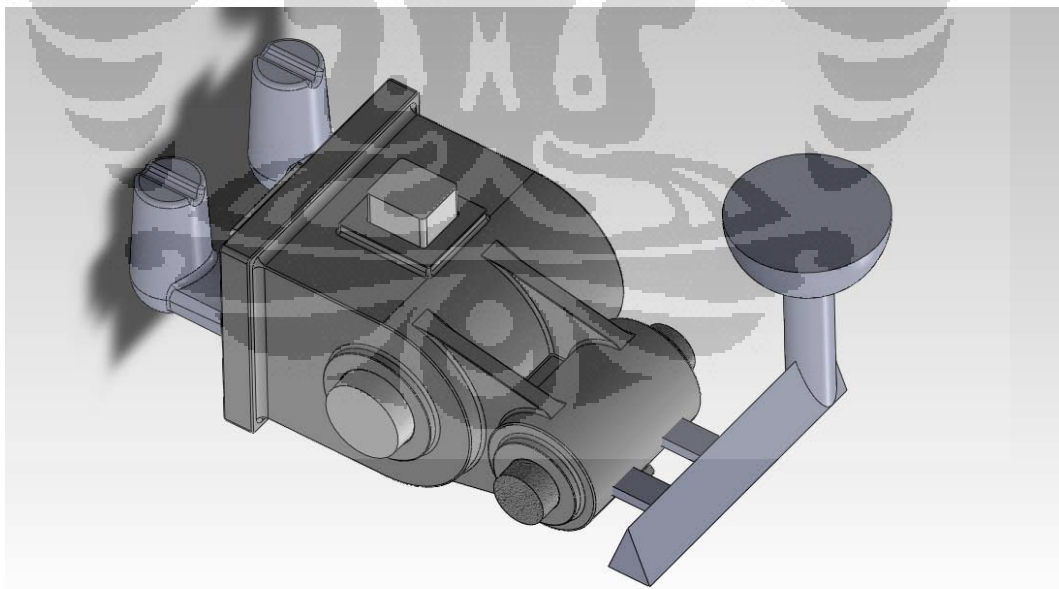
Desain ke-2 melakukan perubahan dengan mengganti ukuran penambah dari \varnothing 70 mm menjadi \varnothing 60 mm. *Yield casting* yang didapat menjadi 65.42%.

Desain Ke-3



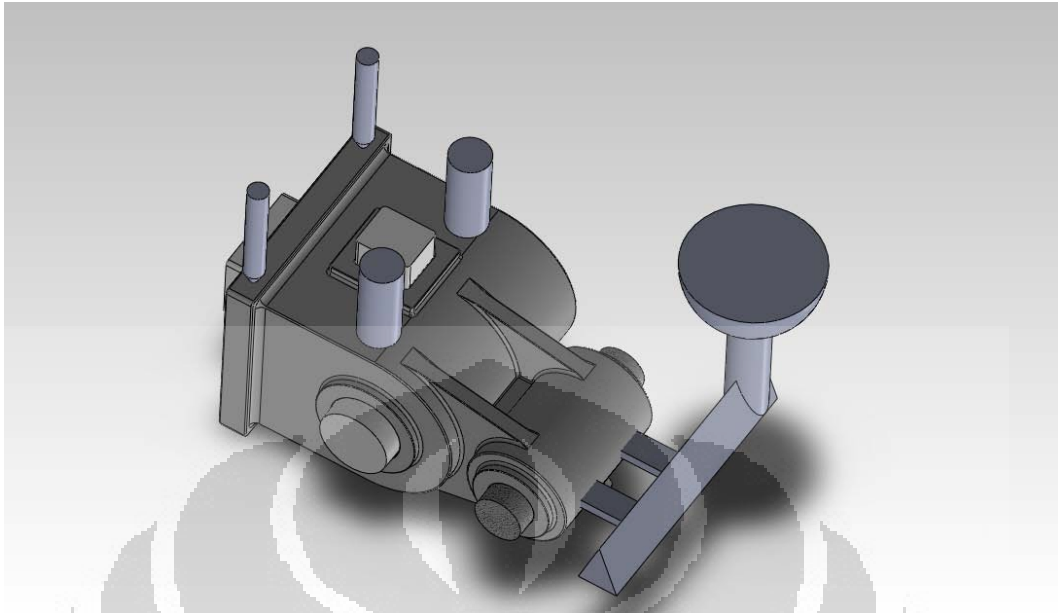
Desain ke-3 memindahkan letak sistem saluran dan tidak menggunakan penambah. *Yield casting* yang didapat menjadi 86.49%.

Desain Ke-4



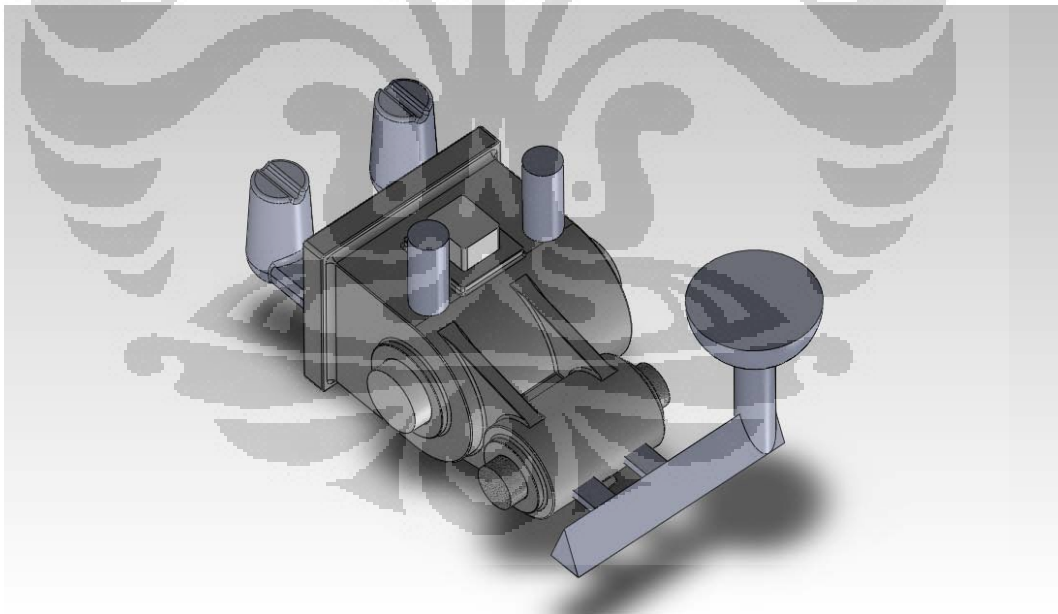
Desain ke-4 menambahkan 2 penambah dengan \varnothing 50 mm. Penambahan 2 penambah menjadikan *yield casting* turun menjadi 70.98%.

Desain Ke-5



Desain ke-5 menghilangkan penambah namun menggantikannya dengan 4 *overflow* di bagian atas benda. *Yield casting* pada desain ini menjadi 78.55%.

Desain Ke-6

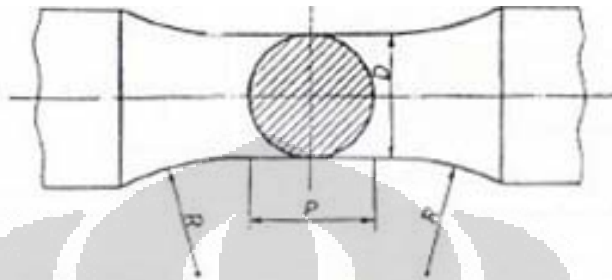


Desain ke-6 perubahan dari desain ke-4 namun menambahkan 2 *overflow*. *Yield casting* berkurang sekitar 0.98% yaitu menjadi 70%.

LAMPIRAN 6

Hasil Uji Tarik

Bentuk Test Piece, sesuai Standar uji tarik berdasarkan JIS Z 2201:



satuan : mm

Tipe Sampel	Dimensi Casting	<i>P</i> (Parallel Length)	Diameter (<i>D</i>)	Radius Fillet
8A	13	8	8	16 min.
8B	20	12.5	12.5	25 min.
8C	30	20	20	40 min.
8D	45	32	32	64 min.

Berikut hasil pengujian uji tarik sesuai dengan *JIS Z 2201* No. *Test Piece* 8C

Tabel 4.1 Hasil Uji Tarik

Sample Uji Tarik	Nilai Uji Tarik (N/mm ²)
1	265
2	274
3	274
Rata-rata	271



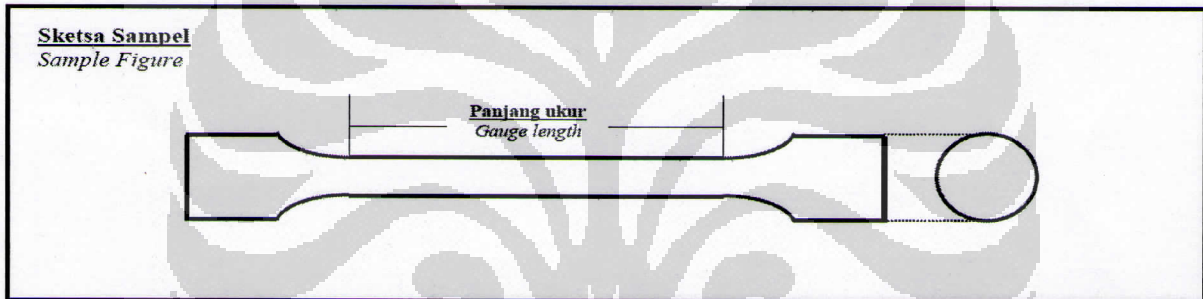
FAKULTAS TEKNIK – UNIVERSITAS INDONESIA
LABORATORIUM UJI
DEPARTEMEN TEKNIK METALURGI & MATERIAL

KAMPUS BARU UI - DEPOK 16424 - INDONESIA
 Telp: 021 – 7863510, 78849045 Fax : 021 – 78888111 E-mail : lum@metal.ui.ac.id

LAPORAN PENGUJIAN TARIK
TENSILE TEST REPORT

Page 1 of 6

No Laporan <i>Report Nr</i>	0392	Bahan <i>Material</i>	Steel
Pemakai Jasa <i>Customer</i>	Shandy - DTMM FTUI	Identitas Bahan <i>Material Identity</i>	Code: FC (1)
Alamat <i>Address</i>	Departemen Teknik Metalurgi dan Material FTUI Depok	Tanggal Terima <i>Receiving Date</i>	5 April 2012
No Kontrak <i>Contract Nr.</i>	0392/PT.02/FT04/P/2012	Standar <i>Standard</i>	JIS Z 2201
Tanggal Uji <i>Date of Test</i>	9 April 2012	Mesin Uji <i>Testing machine</i>	Servopulser Shimadzu Kapasitas 20 Ton *




SAMPSEL				Kuat Tarik <i>Tensile Strength</i> (Kg/mm ²)[N/mm ²]	Batas Luluh <i>Yield Strength</i> (Kg/mm ²)[N/mm ²]	Regangan <i>Elongation</i> (%)	Keterangan <i>Remark</i>
Kode <i>Code</i>	Dimensi Ukur <i>Size dimension</i> (mm)	Luas <i>Area</i> (mm ²)	Panjang Ukur <i>Gauge length</i> (mm)				
FC (1)	19.90	311.02	-	27[265]**	-	-	-

catatan :

* ketidakpastian pengukuran di estimasi dengan tingkat kepercayaan 95% dengan faktor cakupan K=2

** dikali dengan 9.8

Depok, 10 April 2012
Manajer Teknis
Laboratorium Uji
Departemen Teknik Metalurgi Dan Material


 (Ahmad Ashari, ST)



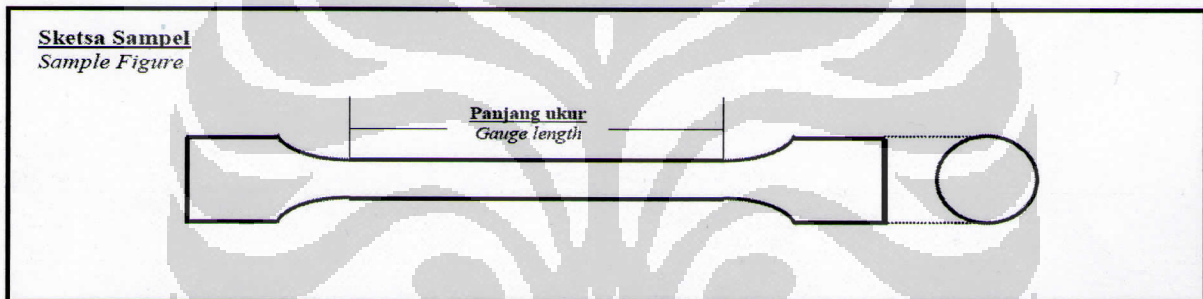
FAKULTAS TEKNIK – UNIVERSITAS INDONESIA
LABORATORIUM UJI
DEPARTEMEN TEKNIK METALURGI & MATERIAL

KAMPUS BARU UI - DEPOK 16424 - INDONESIA
Telp: 021 – 7863510, 78849045 Fax : 021 – 78888111 E-mail : lum@metal.ui.ac.id

LAPORAN PENGUJIAN TARIK
TENSILE TEST REPORT

Page 2 of 6

No Laporan <i>Report Nr</i>	0392	Bahan <i>Material</i>	Steel
Pemakai Jasa <i>Customer</i>	Shandy - DTMM FTUI	Identitas Bahan <i>Material Identity</i>	Code: FC (2)
Alamat <i>Address</i>	Departemen Teknik Metalurgi dan Material FTUI Depok	Tanggal Terima <i>Receiving Date</i>	5 April 2012
No Kontrak <i>Contract Nr.</i>	0392/PT.02/FT04/P/2012	Standar <i>Standard</i>	JIS Z 2201
Tanggal Uji <i>Date of Test</i>	9 April 2012	Mesin Uji <i>Testing machine</i>	Servopulser Shimadzu Kapasitas 20 Ton *



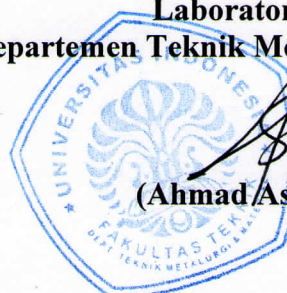
SAMPSEL				Kuat Tarik <i>Tensile Strength</i> (Kg/mm ²)[N/mm ²]	Batas Luluh <i>Yield Strength</i> (Kg/mm ²)[N/mm ²]	Regangan <i>Elongation</i> (%)	Keterangan <i>Remark</i>
Kode <i>Code</i>	Dimensi Ukur <i>Size dimension</i> (mm)	Luas <i>Area</i> (mm ²)	Panjang Ukur <i>Gauge length</i> (mm)				
FC (2)	19.96	312.90	-	28[274]**	-	-	-

catatan :

* ketidakpastian pengukuran di estimasi dengan tingkat kepercayaan 95% dengan faktor cakupan K=2

** dikali dengan 9.8

Depok, 10 April 2012
Manajer Teknis
Laboratorium Uji
Departemen Teknik Metalurgi Dan Material



(Ahmad Ashari, ST)



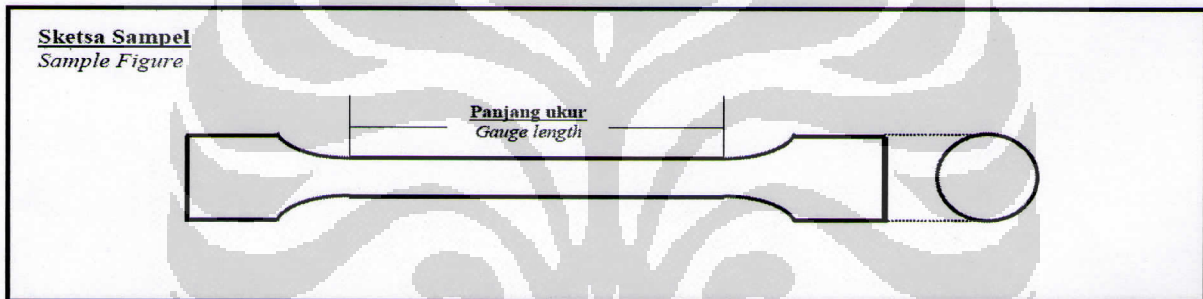
FAKULTAS TEKNIK – UNIVERSITAS INDONESIA
LABORATORIUM UJI
DEPARTEMEN TEKNIK METALURGI & MATERIAL

KAMPUS BARU UI - DEPOK 16424 - INDONESIA
 Telp: 021 – 7863510, 78849045 Fax : 021 – 78888111 E-mail : lum@metal.ui.ac.id

LAPORAN PENGUJIAN TARIK
TENSILE TEST REPORT

Page 3 of 6

No Laporan <i>Report Nr</i>	0392	Bahan <i>Material</i>	Steel
Pemakai Jasa <i>Customer</i>	Shandy - DTMM FTUI	Identitas Bahan <i>Material Identity</i>	Code: FC (3)
Alamat <i>Address</i>	Departemen Teknik Metalurgi dan Material FTUI Depok	Tanggal Terima <i>Receiving Date</i>	5 April 2012
No Kontrak <i>Contract Nr.</i>	0392/PT.02/FT04/P/2012	Standar <i>Standard</i>	JIS Z 2201
Tanggal Uji <i>Date of Test</i>	9 April 2012	Mesin Uji <i>Testing machine</i>	Servopulser Shimadzu Kapasitas 20 Ton *



SAMPSEL				Kuat Tarik <i>Tensile Strength</i> (Kg/mm ²)[N/mm ²]	Batas Luluh <i>Yield Strength</i> (Kg/mm ²)[N/mm ²]	Regangan <i>Elongation</i> (%)	Keterangan <i>Remark</i>
Kode <i>Code</i>	Dimensi Ukur <i>Size dimension</i> (mm)	Luas <i>Area</i> (mm ²)	Panjang Ukur <i>Gauge length</i> (mm)				
FC (3)	19.80	307.90	-	28[274]**	-	-	-

catatan :

* ketidakpastian pengukuran di estimasi dengan tingkat kepercayaan 95% dengan faktor cakupan K=2

** dikali dengan 9.8

Depok, 10 April 2012
Manajer Teknis
Laboratorium Uji
Departemen Teknik Metalurgi Dan Material



(Ahmad Ashari, ST)

LAMPIRAN 7

Peleburan

1. Bahan

- Bahan Daur Ulang (FC 250) : 50.00 Kg
- Baja *Low Mn* : 210.00 Kg
- Paduan
 - a. *carburisher* : 10.10 Kg
 - b. FeSi : 6.50 Kg
 - 1.40 Kg (saat koreksi komposisi)
 - c. FeMn : 2.80 Kg
 - d. *Super select* : 0.90 Kg (Inokulasi)

2. Proses

- Tapping = 1499⁰ C
Pouring = 1300⁰ C
Waktu Tuang = 8 detik

3. Komposisi

Unsur	C (%)	Si (%)	Mn (%)	Cr (%)	S (%)	P (%)
Target	3.0-3.4	1.8-2.0	0.6-1.0	-	max 0.15	max 0.3
Hasil	3.188	1.666*	0.855	0.108	0.014	0.013

palman		LEMBAR KENDALI PROSES PELEBURAN				JURUSAN PENGECORAN LOGAM			
TANGGAL: 30/03/12		NOMOR MUATAN: TS/41/281		NAMA BAHAN: FC 300					
Data Keadaan Tanur									
Tanur	Jenis Lining	Umur lining	No. Inspeksi	Catatan/Peringatan					
		charging							
Rencana peleburan									
C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Al	Cu
3,0-3,4	1,6-2,0	0,6-1,0							
Bahan Dasar	Jenis	Berat (kg)	Bahan Paduan	Berat kg	Koreksi 1	Koreksi 2	Koreksi 3		
BDU	FC 25	50	<input type="checkbox"/> Carburisher	10,9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Shrap	low Mn	310	<input type="checkbox"/> FeSi	6,5	1,4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
			<input type="checkbox"/> SiC ...		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
			<input type="checkbox"/> FeMn	2,8	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
KOREKSI			<input type="checkbox"/> FeMo ...	7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
			<input type="checkbox"/> FeCr		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
			<input type="checkbox"/> Cu ...		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
			<input type="checkbox"/> Ni ...		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Berat Bahan Baku				Berat Paduan					
Metalurgi Peleburan			Inokulasi	Nodularisasi	Degasi		Instruktur		
CEL	Bahan	Super Blend		/					
Keseimbangan	Jumlah	0,9							
Dilat.	Metode								
Data Proses Peleburan									
Waktu	Urutan Proses	Suhu Cairan	Hz	kW	AC	mA	Pi	Po	Suhu air
07.45	Dihidupkan		50						
	Bahan Awal		990	170	100				
09.27	Beban Maksimum				1000				
	Keadaan Cair								
	Keseimbangan/Sampling								
	Suhu Didih								
	Penzhanan								
10.01	Pengeluaran 1	1999	Catatan:						
	Pengeluaran 2								
	Pengeluaran 3								
	Pengeluaran 4								
Data Benda Uji									
Jenis	Baji	Epsilon	Cil	Batang Uji					
Jumlah			1						
Data Proses Penuangan									
Nama Produk		Jumlah Cetakan	Suhu Tuang *)		Berat Cairan	Catatan			
			Awal	Akhir					
Rumah transmisi									
Batang Uji									
Sisa Cairan:					*) Untuk jumlah cetakan jamak, cetakan pertama dan terakhir.				
Operator	Instruktur	Ko. Lab. Produksi			UKM Pengecoran				

00103112 10:33:44 Sample: POLMAN R 12-281 PD 25 L111

Program: FECAIP Task: FECAIP

Run	Cl	S11	S	P1	Mn3	Ni	Cr	Mn2	V3	Cl5	W	T14	Sn2
1)	Rb6	582	M9	M91	Zn5	FEZ							
		3.18175	1.66667	0.01461	0.01325	0.85949	0.03192	0.11009	-0.00904	0.00434	0.04406	-0.00175	0.00312
		-0.00108	0.00004	0.00133	0.00080	0.00353	94.0688						
2)		3.19431	1.65573	0.01493	0.01790	0.85066	0.03116	0.10740	-0.00945	0.00407	0.04309	-0.00354	0.00297
		0.00008	-0.00020	0.00082	0.00038	0.00250	94.0765						
		✓		✓									
Avg		3.18804	1.66620	0.01477	0.01713	0.85519	0.03154	0.10874	-0.00925	0.00421	0.04358	-0.00264	0.00305
		0.00058	-0.00008	0.00107	0.00059	0.00392	94.0726						
58		0.00987	0.00067	0.00022	0.00019	0.00639	0.00054	0.00190	0.00029	0.00019	0.00069	0.00127	0.00011
		0.00003	-0.00017	0.00034	0.00030	0.00073	0.0055						
848		0.27831	0.04007	1.31995	1.38065	0.74449	1.49878	1.75047	-3.10994	4.53427	1.53031	-47.72532	3.52358
		1221.00002	-206.87381	33.86128	50.32842	24.16330	0.0055						

LAMPIRAN 8

Uji Kekerasan

Titik	Nilai Kekerasan (HRC)	Rata-Rata (HRC)	Rata-rata (HB)
1	31.6	30.54	286.5
2	31.7		
3	29.6		
4	29.3		
5	30.5		

Dilakukan konversi nilai dari HRC menjadi HB, karena tidak tersedia indenter Brinell

