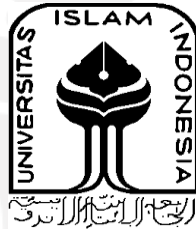


**PENGEMBANGAN *RUBBER PLUG* UNTUK MENGURANGI  
AKUMULASI *CHIPS* PADA PROSES *TURNING* PIPA  
*SEAMLESS OIL COUNTRY TUBULAR GOODS (OCTG)*  
STUDI KASUS DI PT CITRA TUBINDO TBK**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin**



**Disusun Oleh :**

**Nama : Muhammad Reyhan Arief Helmi**

**No. Mahasiswa : 17525014**

**NIRM : 2017023579**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA**

**2021**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Muhammad Reyhan Arief Helmi

NIM : 17525014

Program Studi : S1, Teknik Mesin

Institusi : Universitas Islam Indonesia

Judul Laporan : Pengembangan *Rubber Plug* untuk Mengurangi Akumulasi *Chips* pada  
Proses *Turning* Pipa *Seamless Oil Country Tubular Goods (OCTG)* Studi  
Kasus di PT Citra Tubindo Tbk

Dengan ini saya menyatakan, semua yang saya tulis pada tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali kutipan atau ringkasan yang saya ambil sebagai referensi dan telah saya cantumkan sumber-sumbernya. Apabila di kemudian hari pengakuan saya terbukti tidak benar, maka saya bersedia mengikuti hukuman ataupun sanksi yang diberikan sesuai hukum yang berlaku.

Yogyakarta, 20 Oktober 2021

A handwritten signature in black ink is written over a yellow 10,000 Indonesian Rupiah stamp. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text 'REPUBLIK INDONESIA', '10.000', and 'MERAI TEMPEL'. The serial number 'BF9A,DX45093568' is visible at the bottom of the stamp.

Muhammad Reyhan Arief Helmi

17525014

**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING**

**PENGEMBANGAN *RUBBER PLUG* UNTUK MENGURANGI  
AKUMULASI *CHIPS* PADA PROSES *TURNING* PIPA  
*SEAMLESS OIL COUNTRY TUBULAR GOODS (OCTG)*  
STUDI KASUS DI PT CITRA TUBINDO TBK**

**TUGAS AKHIR**

**Disusun Oleh :**

**Nama : Muhammad Reyhan Arief Helmi**  
**No. Mahasiswa : 17525014**  
**NIRM : 2017023579**

Yogyakarta, 11 Oktober 2021

Pembimbing I,



Purtojo, S.T., M.Sc.

Pembimbing II,



Faisal Arif Nurgesang, S.T., M.Sc.

**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI**

**PENGEMBANGAN *RUBBER PLUG* UNTUK MENGURANGI  
AKUMULASI *CHIPS* PADA PROSES *TURNING* PIPA  
*SEAMLESS OIL COUNTRY TUBULAR GOODS (OCTG)*  
STUDI KASUS DI PT CITRA TUBINDO TBK**

**TUGAS AKHIR**

**Disusun Oleh :**


**Nama : Muhammad Reyhan Arief Helmi**  
**No. Mahasiswa : 17525014**  
**NIRM : 2017023579**

Tim Penguji


Faisal Arif Nurgesang, S.T., M.Sc  
Ketua

  
Tanggal : 13 Oktober 2021

Santo Ajie Dhewanto, S.T., M.M.  
Anggota I

  
Tanggal : 12 Oktober 2021


Arif Budi Wicaksono, S.T., M.Eng.  
Anggota II

  
Tanggal : 12 Oktober 2021

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik Mesin



  
Dr. Eng. Kisdiono, S.T., M.Eng.

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Laporan tugas akhir ini saya persembahkan kepada Papa dan Mama yang tidak pernah lelah, lupa, dan bosan untuk memberi motivasi dan doa.*

*Kakak saya yang selalu membuat masakan enak dan juga menyemangati dan mendorong saya agar dapat menyelesaikan tugas akhir ini tepat waktu.*

*Dosen pembimbing Bapak Purtojo, S.T., M.Sc. dan Bapak Faisal Arif Nurgesang, S.T., M.Sc. yang memberikan kritik penuh dengan solusi serta motivasi hidup.*



## HALAMAN MOTTO

*"If you good at something, it creates a confidence. If you insecure about something, it creates an arrogance."*

(?)

*"A little knowledge of science makes man an atheist, but an in-depth study of science makes him a believer of God."*

(Francis Bacon)

*"It needs an end or it loses meaning."*

(?)



## KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH

*Assalaamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh.*

Syukur kepada Allah SWT. Yang Maha Kuasa yang telah memberikan nikmat iman dan nikmat sehat-Nya kepada penulis sehingga laporan tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu.

Rasa terima kasih disampaikan kepada PT Citra Tubindo Tbk beserta karyawannya khususnya di departemen *threading and method* yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melaksanakan KP dan untuk mengumpulkan data di lapangan terkait topik tugas akhir yang penulis kerjakan meskipun kondisi yang saat ini sedang dilanda pandemi.

Rasa terima kasih disampaikan kepada mentor penulis di PT Citra Tubindo Tbk yaitu Pak Anwar Sarianto atas bimbingan dan ilmunya sehingga pengetahuan penulis tentang dunia manufaktur menjadi lebih dalam.

Tak lupa rasa terima kasih ini juga disampaikan kepada seluruh dosen Prodi Teknik Mesin UII yang telah membagikan ilmunya kepada penulis selama proses kuliah yang berjalan selama 4 tahun, khususnya kepada Bapak Purtojo, S.T., M.Sc. dan Bapak Faisal Arif Nurgesang, S.T., M.Sc. yang menjadi dosen pembimbing tugas akhir penulis, kepada keluarga yang selalu memotivasi, mendukung, dan mendorong dari belakang, dan kepada teman-teman sebagai pelepas penat sekaligus motivator untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Sekali lagi, penulis ucapkan terima kasih yang mendalam atas semua hal tersebut.

Laporan tugas akhir ini dibuat dengan tujuan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik mesin, selain itu, laporan tujuan ini juga dibuat dengan tujuan sebagai referensi bagi PT Citra Tubindo Tbk agar dapat melakukan *improvement* kedepannya.

Penulis menyadari bahwa laporan ini pada dasarnya memiliki kekurangan, baik dari metodologi penulisan maupun dari isinya. Oleh karena itu, penulis dengan terbuka menerima saran dan kritik yang membangun demi menyempurnakan laporan ini.

Demikian kata pengantar ini disampaikan, semoga isi dari laporan ini dapat bermanfaat bagi PT Citra Tubindo Tbk spesifiknya dan bagi pihak lain pada umumnya. Terima kasih.

*Wassalaamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh*

Yogyakarta, 11 Oktober 2021



Penulis





## ABSTRAK

*Rubber plug* merupakan sebuah produk yang digunakan untuk menyumbat bagian dalam pipa OCTG saat pipa OCTG sedang dilakukan pemesinan menggunakan mesin bubut *CNC*. Tujuan dari penyumbatan ini adalah untuk mencegah *coolant* dan *chips* masuk ke bagian yang lebih dalam dari pipa OCTG. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan desain *rubber plug* agar meminimalisir *chips* yang terakumulasi di bagian depan *rubber plug*. Pengembangan ini dilakukan dengan membuat tiga alternatif desain *rubber plug*. Dari ketiga desain alternatif, yang paling memenuhi kriteria desain adalah *proposed rubber plug design 2* yaitu *rubber plug* yang menggunakan baling-baling pada bagian depannya. Berdasarkan simulasi yang dilakukan menggunakan *Ansys Fluent*, diperoleh data bahwa jumlah aliran *coolant* yang berhasil keluar pada *proposed rubber plug design 2* meningkat 19,1% dibandingkan dengan desain *rubber plug* yang saat ini digunakan.

Kata kunci: pipa OCTG, mesin bubut *CNC*, *rubber plug*, *coolant*, *chips*

## **ABSTRACT**

*Rubber plug is a product that is used to clogging up the inner part of the OCTG pipe when the OCTG Pipe is been machining by CNC lathe machine. The purpose of this clogging is to prevent the coolant and the chips to go deeper inside the OCTG pipe. Hence the development of the rubber plug is required to minimize the accumulation of the chips in front of the rubber plug. This development is carried out by making three alternative design. The result of this development are three alternative design of the rubber plug. From these three alternative design, the one that fulfill the design criteria is the second design which is the one that used propeller. From the simulation that had been done with Ansys Fluent, from the data that obtained the coolant flow that successfully made it out from the second alternative design is increases by 19.1% compared to the existing design.*

*Keyword: OCTG pipe, CNC lathe machine, rubber plug, coolant, chips*

## DAFTAR ISI

Lembar Pernyataan Keaslian.....	ii
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing .....	iii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji .....	iv
Halaman Persembahan .....	v
Halaman Motto .....	vi
Kata Pengantar atau Ucapan Terima Kasih.....	vii
Abstrak .....	ix
<i>Abstract</i> .....	x
Daftar Isi .....	xi
Daftar Tabel.....	xiii
Daftar Gambar .....	xiv
Daftar Notasi.....	xvii
Bab 1 Pendahuluan .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah .....	4
1.4 Tujuan Perancangan.....	5
1.5 Manfaat Perancangan.....	5
1.6 Sistematika Penulisan .....	5
Bab 2 Tinjauan Pustaka .....	6
2.1 Kajian Pustaka .....	6
2.2 Dasar Teori .....	8
2.2.1 Perancangan.....	8
2.2.2 <i>Downtime</i> .....	9
2.2.3 Produktivitas.....	9
2.2.4 <i>Oil Country Tubular Goods (OCTG)</i> .....	10
2.2.5 <i>Turning</i> .....	10
2.2.6 <i>Threading</i> .....	11
2.2.7 <i>Cutting Fluid</i> .....	12

2.2.8	<i>Chips</i> .....	13
2.2.9	<i>Computational Fluid Dynamics (CFD)</i> .....	14
Bab 3	Metode Penelitian .....	16
3.1	Alur Penelitian .....	16
3.2	Peralatan dan Bahan.....	17
3.3	Hasil Observasi .....	17
3.4	Kriteria Pengembangan Desain <i>Rubber Plug</i> .....	20
3.5	Metode Simulasi .....	20
3.6	Parameter Simulasi .....	26
3.7	Langkah Simulasi .....	27
Bab 4	Hasil dan Pembahasan .....	38
4.1	Pengembangan Desain <i>Rubber Plug</i> .....	38
4.1.1	<i>Proposed Rubber Plug Design 1</i> .....	38
4.1.2	<i>Proposed Rubber Plug Design 2</i> .....	39
4.1.3	<i>Proposed Rubber Plug Design 3</i> .....	41
4.2	Hasil Pengembangan Desain <i>Rubber Plug</i> .....	43
4.3	Analisis Dan Pembahasan.....	44
4.3.1	Kualitas <i>Mesh</i> .....	44
4.3.2	Verifikasi Hasil Simulasi.....	49
4.3.3	Perbandingan Kecepatan Minimum <i>Coolant</i> .....	54
4.3.4	Perbandingan Jumlah Aliran <i>Coolant</i> yang Berhasil Keluar .....	58
4.4	Kendala .....	59
Bab 5	Penutup.....	63
5.1	Kesimpulan .....	63
5.2	Saran .....	63
Daftar Pustaka	.....	64
LAMPIRAN	.....	66
.....	.....	67

## DAFTAR TABEL

Tabel 3-1 Alat dan bahan.....	17
Tabel 4-1 Rangkuman perbandingan nilai rata-rata skewness dan nilai maksimum aspect ratio.....	48
Tabel 4-2 Rangkuman perbandingan nilai mass flux error .....	54
Tabel 4-3 Rangkuman perbandingan kecepatan minimum coolant .....	58
Tabel 4-4 Rangkuman perbandingan jumlah aliran coolant yang berhasil keluar.....	59

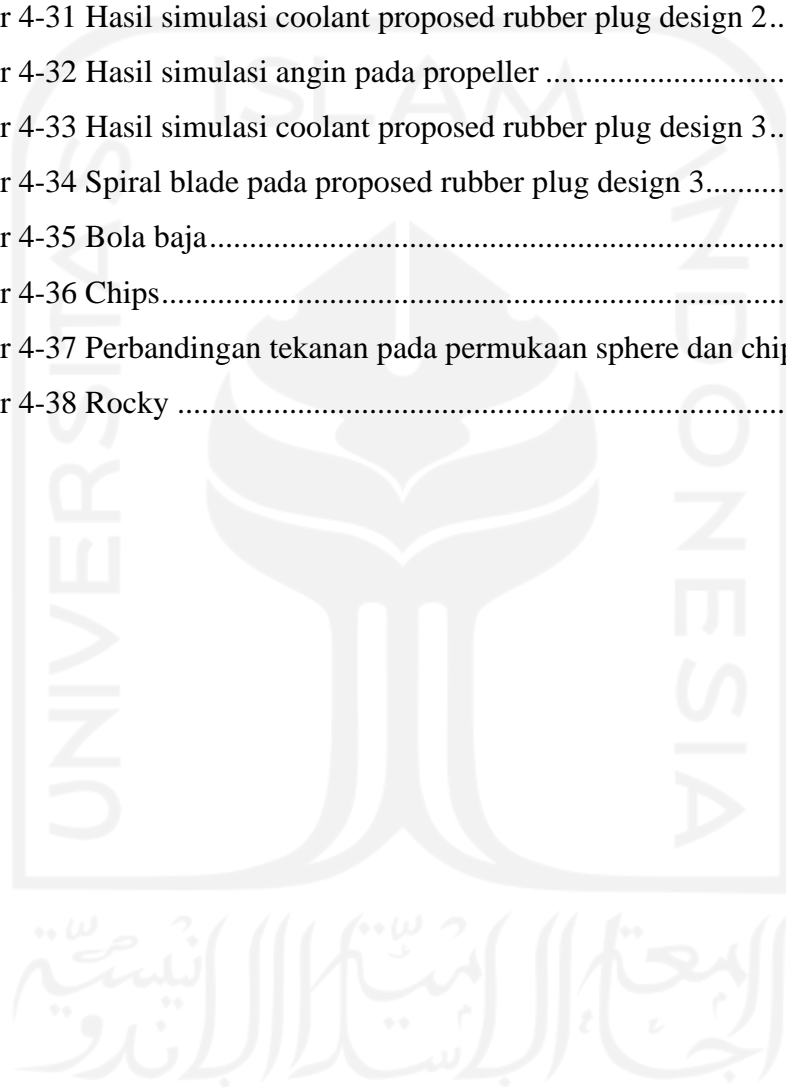


## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1-1 Penjelasan oil country tubular goods.....	2
Gambar 1-2 W-axis yang berada di dalam mesin CNC bubut .....	3
Gambar 1-3 Modifikasi rubber plug oleh PT Citra Tubindo Tbk .....	3
Gambar 2-1 Existing rubber plug design.....	6
Gambar 2-2 Oil country tubular goods.....	10
Gambar 2-3 Proses pembubutan.....	11
Gambar 2-4 Proses penguliran pada pipa OCTG .....	12
Gambar 2-5 Proses penyemprotan coolant.....	13
Gambar 2-6 Chips yang terbentuk akibat proses pemesinan.....	13
Gambar 2-7 Computational fluid dynamics .....	15
Gambar 3-1 Diagram alir perancangan .....	16
Gambar 3-2 Chips yang terakumulasi di bagian depan rubber plug .....	17
Gambar 3-3 Inspektor memasang plug tracker pada bagian depan rubber plug ..	18
Gambar 3-4 Inspektor menarik rubber plug secara manual .....	18
Gambar 3-5 Rubber plug keluar dari dalam pipa .....	19
Gambar 3-6 Tampak isometrik rubber plug saat ditarik oleh w-axis.....	19
Gambar 3-7 Tampak depan rubber plug saat ditarik oleh w-axis.....	20
Gambar 3-8 Ansys 2021 R2 .....	21
Gambar 3-9 Pencacahan domain analisis menjadi sub-domain .....	24
Gambar 3-10 Governing equations dimasukkan ke dalam setiap sel.....	25
Gambar 3-11 Data tekanan dan kecepatan .....	25
Gambar 3-12 Data tekanan dan kecepatan diolah ke dalam warna-warna.....	26
Gambar 3-13 Geometri existing rubber plug design di Ansys Fluent.....	27
Gambar 3-14 Meshing pada geometri existing rubber plug design.....	28
Gambar 3-15 Penentuan inlet dari simulasi yang dilakukan .....	28
Gambar 3-16 Mesh pada inlet .....	29
Gambar 3-17 <i>Centroid</i> .....	29
Gambar 3-18 Penentuan outlet dari simulasi yang dilakukan .....	30
Gambar 3-19 Melakukan setup pada fluent launcher .....	30
Gambar 3-20 Menentukan percepatan gravitasi .....	31

Gambar 3-21 Pemilihan viscous model.....	33
Gambar 3-22 Menentukan kecepatan coolant saat keluar dari inlet.....	33
Gambar 3-23 Rumus untuk menghitung laju aliran .....	34
Gambar 3-24 Menentukan material fluida.....	35
Gambar 3-25 Menentukan putaran dari rubber plug .....	36
Gambar 3-26 Inisialisasi pada inlet .....	36
Gambar 3-27 Melakukan kalkulasi pada parameter yang telah dimasukkan .....	37
Gambar 4-1 Tampak isometrik bagian depan proposed rubber plug design 1 .....	39
Gambar 4-2 Tampak isometrik bagian belakang proposed rubber plug design 1 .....	39
Gambar 4-3 Propeller .....	40
Gambar 4-4 Tampak isometrik bagian depan proposed rubber plug design 2 .....	40
Gambar 4-5 Tampak isometrik bagian belakang proposed rubber plug design 2 .....	41
Gambar 4-6 Detail bagian belakang truk molen.....	41
Gambar 4-7 Tampak isometrik bagian depan proposed rubber plug design 3 .....	42
Gambar 4-8 Tampak isometrik bagian belakang proposed rubber plug design 3 .....	42
Gambar 4-9 Tanggapan dari perusahaan terkaitan pengembangan desain yang dilakukan .....	43
Gambar 4-10 Nilai rata-rata skewness pada existing rubber plug design .....	44
Gambar 4-11 Nilai maksimum aspect ratio pada existing rubber plug design.....	45
Gambar 4-12 Ilustrasi skewness dan aspect ratio pada sel tetrahedron.....	45
Gambar 4-13 Nilai rata-rata skewness pada proposed rubber plug design 1 .....	46
Gambar 4-14 Nilai maksimum aspect ratio pada proposed rubber plug design 1 .....	46
Gambar 4-15 Nilai rata-rata skewness pada proposed rubber plug design 2 .....	47
Gambar 4-16 Nilai maksimum aspect ratio pada proposed rubber plug design 2 .....	47
Gambar 4-17 Nilai rata-rata skewness pada proposed rubber plug design 3 .....	48
Gambar 4-18 Nilai maksimum aspect ratio pada proposed rubber plug design 3 .....	48
Gambar 4-19 Konvergensi pada existing rubber plug design .....	49
Gambar 4-20 Konvergensi pada proposed rubber plug design 1 .....	50
Gambar 4-21 Konvergensi pada proposed rubber plug design 2 .....	50
Gambar 4-22 Konvergensi pada proposed rubber plug design 3 .....	50
Gambar 4-23 Grafik residual pada rubber plug.....	51
Gambar 4-24 Mass flux error pada existing rubber plug design .....	52

Gambar 4-25 Mass flux error pada proposed rubber plug design 1 .....	52
Gambar 4-26 <i>Mass flux error</i> pada <i>proposed rubber plug design 2</i> .....	53
Gambar 4-27 Mass flux error pada proposed rubber plug design 3 .....	53
Gambar 4-28 Hasil simulasi coolant existing rubber plug design.....	55
Gambar 4-29 Hasil simulasi coolant proposed rubber plug design 1 .....	55
Gambar 4-30 Celah pada proposed rubber plug design 1 .....	56
Gambar 4-31 Hasil simulasi coolant proposed rubber plug design 2.....	56
Gambar 4-32 Hasil simulasi angin pada propeller .....	57
Gambar 4-33 Hasil simulasi coolant proposed rubber plug design 3.....	57
Gambar 4-34 Spiral blade pada proposed rubber plug design 3.....	58
Gambar 4-35 Bola baja.....	60
Gambar 4-36 Chips.....	60
Gambar 4-37 Perbandingan tekanan pada permukaan sphere dan chips.....	61
Gambar 4-38 Rocky .....	62





## DAFTAR NOTASI

$Q$  = Laju aliran

$p$  = Tekanan

$d$  = Diameter

$r$  = Jari-jari

$\bar{v}$  dan  $u$  = Kecepatan aliran

$A$  = Luas

$V$  = Volume

$\pi$  = Pi (3.14)

$-\nabla P$  = Perbedaan tekanan

$\mu \nabla^2 u$  = Gaya gesek atau *viscous*

$\rho g$  = Gaya gravitasi

$\rho$  = Massa jenis fluida

$\frac{Du}{Dt}$  = Percepatan sumbu-x

$\frac{Dv}{Dt}$  = Percepatan sumbu-y

$\frac{Dw}{Dt}$  = Percepatan sumbu-z

$\dot{m}$  = Laju aliran massa

$\Delta X$  = Jarak dari *inlet* ke *outlet*

$\frac{\partial(\rho\omega)}{\partial t}$  = Waktu

$\nabla(\rho U\omega)$  = Konveksi

$\nabla \left( \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \nabla \omega \right)$  = Difusi

$\frac{\gamma}{v_t} P_k - \beta \rho \omega^2 + 2 \frac{\rho \sigma \omega^2}{\omega} \nabla k : \nabla \omega = \text{Source} + \text{sinks}$

# BAB 1

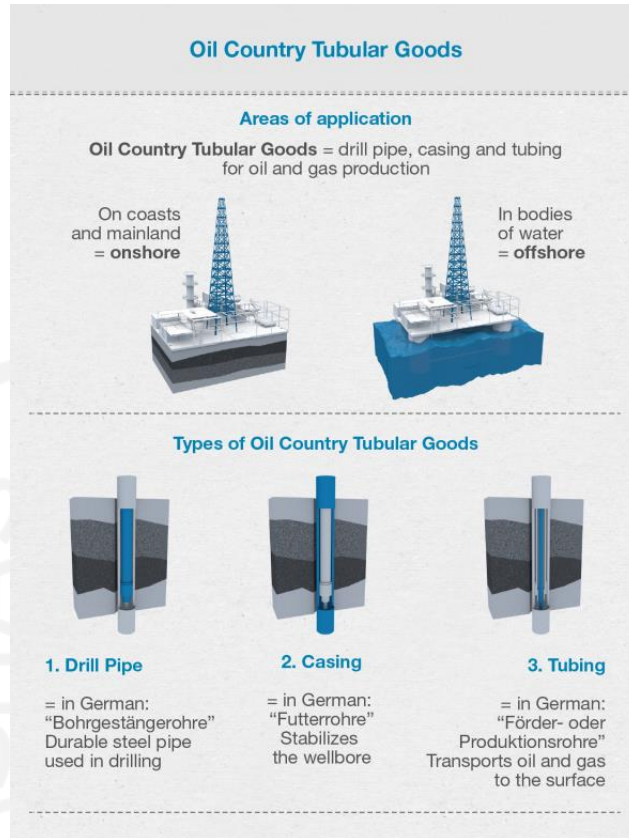
## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada abad ke-18, penambangan minyak dan gas umumnya dilakukan di daratan. Akan tetapi, karena semakin majunya teknologi, penambangan yang dilakukan di lautan dengan kedalaman sedang, dalam, maupun sangat dalam juga sudah menjadi hal yang umum. Dengan tempat penambangan yang berbeda-beda tersebut, spesifikasi untuk pengeboran minyak dan gas serta pipa sumur yang dibutuhkan juga berbeda-beda (Cao et al., 2017).

PT Citra Tubindo Tbk didirikan pada tanggal 23 Agustus 1983 di Batam dan mulai beroperasi secara komersial pada tahun 1984. Anggaran Dasar Perusahaan menjabarkan bahwa ruang lingkup kegiatan dari PT Citra Tubindo Tbk meliputi penyediaan fasilitas untuk industri minyak dan gas bumi yang mencakup jasa penguliran pipa *seamless oil country tubular goods (OCTG)* dan pembuatan aksesoris serta menyediakan jasa pemrosesan pemanasan pipa *seamless* (pipa yang tidak dibuat dengan proses pengelasan). Sejak sekitar tahun 2010-an PT Citra Tubindo Tbk diakuisisi oleh perusahaan yang berpusat di Perancis yaitu Vallourec yang menguasai sebagian besar saham PT Citra Tubindo Tbk. Oleh karenanya, sekarang ini PT Citra Tubindo Tbk adalah bagian dari Vallourec Group dan bertanggung jawab menyampaikan hasil kerjanya ke Vallourec di Perancis. Hasil produksinya dipasarkan di pasar nasional maupun internasional seperti Jepang, Amerika Serikat, Kanada, Australia, Timur Tengah, Venezuela, dan Afrika.

*Oil Country Tubular Goods (OCTG)* adalah nama yang diaplikasikan untuk mengidentifikasi pipa-pipa yang digunakan dalam dunia industri minyak dan gas, contohnya seperti *casing* dan *tubing*. *Casing* adalah pipa yang berguna untuk menjaga integritas dari suatu sumur minyak dan gas. Pipa ini biasanya akan ditinggal jika sumur tersebut tidak digunakan lagi. Sedangkan *tubing* adalah pipa yang berguna untuk mengalirkan minyak, gas, uap, maupun air dari dalam sumur dan ke dalam sumur. Penjelasan lebih lanjut dari *OCTG* dapat dilihat pada Gambar 1-1 di bawah.

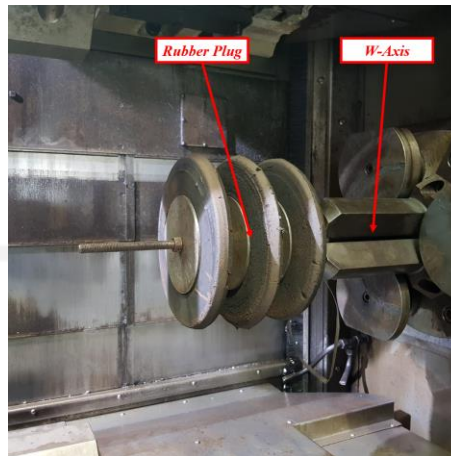


Gambar 1-1 Penjelasan *oil country tubular goods*

Sumber: voestalpine.com

Dalam proses pembuatan ulir (membuat ulir/koneksi di setiap ujung pipa) dengan mesin *CNC* bubut tentunya diperlukan *coolant* sebagai pendingin agar *insert*/mata pahat yang digunakan tidak cepat aus/mengalami deformasi plastis (*Metal Cutting Technology Training Handbook*, 2010). Namun, jika *coolant* disemprotkan maka *coolant* tersebut akan mengalir dari ujung pipa yang dilakukan penguliran ke ujung pipa satunya dan menyebabkan genangan *coolant* yang cukup banyak di area pabrik. Karenanya, dibuat sebuah produk bernama *rubber plug* yang berguna untuk menyumbat bagian dalam dari pipa agar *coolant* tidak mengalir ke bagian ujung pipa dan menyebabkan genangan *coolant*. Permasalahan lain muncul akibat penggunaan *rubber plug* ini karena terkadang *chips* hasil dari penguliran terakumulasi cukup banyak di bagian depan dari *rubber plug*. Hal tersebut menyebabkan saat *w-axis* (*w-axis* merupakan suatu alat yang ada di dalam mesin *CNC* bubut yang berfungsi untuk meletakkan maupun menarik *rubber plug* di dalam dan dari dalam pipa) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1-2 akan

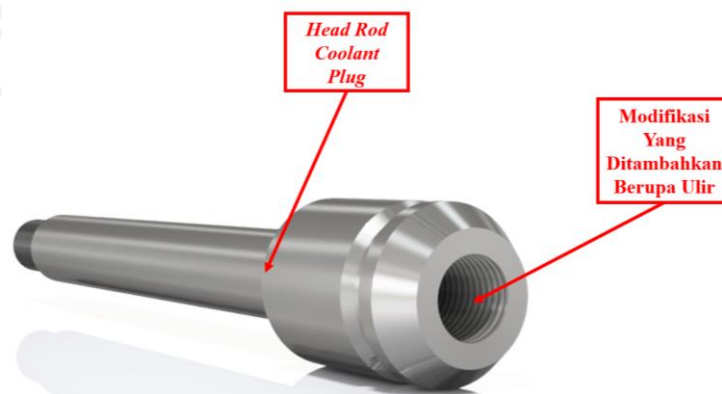
menarik *rubber plug* dari dalam pipa hal yang terjadi adalah *w-axis* akan mendorong *rubber plug* tersebut lebih dalam.



Gambar 1-2 *W-axis* yang berada di dalam mesin CNC bubut

Akibatnya, *Rubber plug* harus ditarik manual oleh inspektor karena *rubber plug* tidak dapat dijangkau lagi oleh *w-axis*. Hal ini menyebabkan waktu inspeksi yang dilakukan inspektor bertambah sehingga efisiensi berkurang. Selain itu, terkadang *rubber plug* masih dapat ditarik oleh *w-axis*. Akan tetapi, *chips* harus dibersihkan terlebih dahulu sebelum dapat digunakan lagi. Hal ini tentunya juga menyebabkan *downtime* dan biaya produksi bertambah. Dari permasalahan yang ada diperlukan sebuah pengembangan desain untuk meminimalisir hal tersebut terjadi berulang kali.

Modifikasi *rubber plug* yang telah dilakukan oleh PT Citra Tubindo Tbk adalah dengan menambahkan ulir pada bagian ujung dari *head rod coolant plug* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1-3 di bawah ini agar dapat ditarik secara manual jika pada kondisi tertentu *rubber plug* tidak dapat ditarik oleh *w-axis*.



Gambar 1-3 Modifikasi *rubber plug* oleh PT Citra Tubindo Tbk

Berdasarkan latar belakang tersebut penulis mengajukan sebuah topik tugas akhir yang berjudul “Pengembangan *Rubber Plug* untuk Mengurangi Akumulasi *Chips* pada Proses *Turning* Pipa *Seamless Oil Country Tubular Goods (OCTG)* Studi Kasus di PT Citra Tubindo Tbk”. Pada dasarnya pengembangan desain ini adalah salah satu dari empat proyek yang dikerjakan saat penulis sedang melaksanakan KP. Akan tetapi, karena proyek ini diberikan oleh pembimbing lapangan saat di minggu terakhir penulis melaksanakan KP maka penulis memutuskan untuk melanjutkan proyek ini di tugas akhir atas persetujuan dari pihak PT Citra Tubindo Tbk. Diharapkan dengan adanya pengembangan desain ini dapat membantu PT Citra Tubindo Tbk menyelesaikan permasalahan atau setidaknya meminimalisir permasalahan yang ada.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dari permasalahan yang ada pada latar belakang di atas adalah bagaimana cara membuat desain *rubber plug* yang akan mengurangi akumulasi *chips* di bagian depan *rubber plug* dan mencegah *coolant* masuk ke dalam pipa.

## **1.3 Batasan Masalah**

Agar pembahasan dari permasalahan yang ada tidak meluas maka penulis menentukan batasan masalah sebagai berikut:

1. Pengembangan desain yang dilakukan hanya sampai desain dan simulasi saja.
2. Pengembangan desain mengacu pada *existing rubber plug design* di PT Citra Tubindo Tbk
3. Tidak membahas pemograman *CNC* untuk meletakkan maupun menarik *rubber plug* di dalam dan dari dalam pipa.
4. Desain menggunakan *Autodesk Inventor*.
5. Simulasi *coolant* menggunakan *Ansys Fluent*.

## 1.4 Tujuan Perancangan

Berdasarkan masalah yang telah penulis rumuskan sebelumnya, tujuan dari perancangan ini adalah melakukan pengembangan desain pada *rubber plug* yang akan mengurangi akumulasi *chips* di bagian depan *rubber plug* dan mencegah *coolant* dan *chips* masuk ke dalam pipa.

## 1.5 Manfaat Perancangan

Jika desain ini disetujui dan diaplikasikan oleh pihak perusahaan diharapkan manfaat yang akan didapat adalah:

1. Kegiatan membersihkan *chips* yang terakumulasi di bagian depan *rubber plug* atau menarik *rubber plug* secara manual dapat berkurang.
2. Biaya produksi berkurang karena berkurangnya *downtime* yang disebabkan *rubber plug*.
3. Produktivitas mesin bubut *CNC* meningkat.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan laporan tugas akhir ini terdiri dari lima bab dan di setiap bab terdiri dari beberapa subbab dan beberapa memiliki subsubbab dengan sistematika:

1. Bab pertama yaitu pendahuluan, dalam pendahuluan ini membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan perancangan, manfaat perancangan, dan sistematika penulisan.
2. Bab kedua yaitu tinjauan pustaka yang berisi tentang kajian pustaka dan dasar teori yang melandasi pengembangan desain yang akan dilakukan.
3. Bab ketiga yaitu metode penelitian yang membahas tentang alur penelitian, alat dan bahan, hasil observasi, kriteria pengembangan desain *rubber plug*, metode simulasi, parameter simulasi, dan langkah simulasi.
4. Bab keempat yaitu hasil dan pembahasan, isi dari bab keempat meliputi pengembangan desain *rubber plug*, hasil pengembangan desain *rubber plug*, dan analisis pembahasannya beserta kendala.
5. Yang terakhir adalah bab kelima yaitu penutup yang berisikan kesimpulan dan saran.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Kajian Pustaka

Perkembangan *OCTG* semakin hari semakin kompleks dari kriteria yang diperlukan karena terdapat sumur minyak yang berlokasi di lingkungan ekstrim seperti *HP/HT* (*High Pressure* ( $\geq 10.000$  psi/690 bar)/*High Temperature* ( $\geq 300^{\circ}\text{F}/149^{\circ}\text{C}$ )), lingkungan yang mengandung keasaman tinggi ( $\text{H}_2\text{S}$ ), lingkungan yang mengandung karbondioksida tinggi ( $\text{CO}_2$ ), dan lain-lain. Umumnya *OCTG* yang digunakan pada lingkungan seperti ini adalah *premium connection* atau pipa yang standarnya lebih tinggi dari standar *American Petroleum Industry (API)*.

*Rubber plug* seperti pada Gambar 2-1 di bawah merupakan suatu produk yang awalnya dibuat oleh Danobat kemudian dimodifikasi sesuai kebutuhan oleh PT Citra Tubindo Tbk dengan tujuan mencegah *coolant* mengalir dari ujung pipa ke ujung pipa lainnya saat pipa sedang dilakukan pemesinan oleh mesin *CNC* bubut.



Gambar 2-1 Existing rubber plug design

Penelitian lain yang berkaitan dengan pengembangan dengan *rubber plug* belum ada. Akan tetapi, terdapat penelitian yang menggunakan *computational fluid dynamics*, *discrete phase model*, dan *discrete element method* sebagai simulasinya. Penelitian ini dilakukan oleh Jessica D. Orona,

Susana E. Zorrilla, dan Juan Manuel Peralta dengan jurnalnya yang berjudul “*Sensitivity Analysis using a Model Based on Computational Fluid Dynamics, Discrete Element Method and Discrete Phase Model to Study a Food Hydrofluidization System*” pada tahun 2018. Penelitian ini membahas proses dari fluidisasi pada makanan dan hasil dari penelitian yang dilakukan adalah didapatkan data berupa kecepatan dari fluida dan partikel *sphere* (partikel *sphere* ini diibaratkan sebagai makanannya), turbulensi, level penyebaran dari partikel *sphere*, dan massa serta perpindahan panas dari makanan (Orona et al., 2018). Simulasi berbasis *CFD* pada penelitian tersebut penulis terapkan pada pengembangan desain yang dilakukan. Namun, tentu dengan parameter yang disesuaikan untuk kebutuhan pengembangan desain yang penulis lakukan.

Terdapat juga penelitian yang dilakukan oleh K.S. Woon, G.L. Tnay, M. Rahman, S. Wan, dan S.H. Yeo dengan judul “*A Computational Fluid Dynamics (CFD) Model for Effective Coolant Application in Deep Hole Drilling*” pada tahun 2017. Permasalahan yang dihadapi di penelitian ini adalah bagaimana cara mengoptimalkan desain dari *gun drill* agar pengaplikasian *coolant* dapat lebih efektif dan evakuasi dari *chips* dapat lebih baik sehingga degradasi dan kegagalan dari *gun drill* dapat dicegah (Woon et al., 2017). Salah satu analisis di penelitian ini adalah menganalisis karakteristik aliran dari *coolant*, analisis ini dapat diterapkan pada pengembangan desain *rubber plug* yang dilakukan dengan penyesuaian permasalahan yang ada pada *rubber plug*.

Selain itu, ada penelitian yang membahas tentang aliran *coolant* menggunakan *CFD* seperti pada penelitian tentang optimalisasi *gun drill*. Hanya saja aliran *coolant* ini diaplikasikan pada *insert* (mata pahat) dari mesin bubut. Penelitian ini dilakukan oleh Zhenglong Fang dan Toshiyuki Obikawa dengan judul “*Influence of Cutting Fluid Flow on Tool Wear in High-Pressure Coolant Turning Using a Novel Internally Cooled Insert*” yang diterbitkan pada tahun 2020. Penelitian ini menganalisis relasi antara pemakaian *insert* dengan aliran *coolant* yang keluar dari lubang di *insert*



dengan sudut keluar yang berbeda-beda (Fang & Obikawa, 2020). Hasil dari penelitian ini adalah dengan mengaplikasikan *coolant* pada bagian dalam *insert* terbukti dapat memperpanjang umur *insert* hingga 40% dan *surface quality* dari benda kerja juga meningkat meskipun tekanan sudah mencapai batas kritis. Analisis pergerakan *coolant* yang dilakukan di penelitian ini penulis coba terapkan pada pengembangan desain.

## **2.2 Dasar Teori**

Penulis menggunakan beberapa dasar teori sebagai landasan untuk melakukan pengembangan desain, beberapa dasar teori tersebut seperti yang ada di bawah ini.

### **2.2.1 Perancangan**

Perancangan merupakan kegiatan yang bertujuan untuk mendesain sistem baru dengan cara memilih alternatif sistem yang terbaik yang dapat menyelesaikan masalah-masalah yang sedang dihadapi (Ladjamudin, 2005). Selain itu, perancangan dapat juga didefinisikan sebagai proses dengan tujuan utama untuk melakukan analisis, menilai, memperbaiki, serta menyusun suatu sistem baik fisik maupun non fisik yang optimum untuk waktu kedepannya dengan memanfaatkan informasi yang ada (Arif, 2013).

Proses perancangan yang merupakan tahapan umum teknik perancangan disebut dengan *NIDA* (*Need, Idea, Decision, dan Action*). Tahap pertama adalah dengan menetapkan dan mengidentifikasi kebutuhan (*need*). Pada tahap selanjutnya dilanjutkan dengan mengembangkan ide-ide (*idea*) yang ada. Dari pengembangan ide-ide tersebut akan memunculkan alternatif untuk memenuhi kebutuhan yang ada. Tahap ketiga adalah menilai dan menganalisa berbagai alternatif yang ada sehingga perancang dapat memutuskan (*decision*) alternatif mana yang terbaik untuk diaplikasikan. Pada tahap akhir setelah semua tahapan sebelumnya berhasil dilalui maka akan dilakukan proses pembuatan (*action*) (Pulat & Alexander, 1991).

### **2.2.2 Downtime**

Salah satu penyebab ketidakefisienan yang signifikan dalam dunia industri adalah *downtime*. Berbagai permasalahan dapat menyebabkan *downtime* terjadi secara mendadak seperti kerusakan mesin, menunggu proses sebelumnya selesai, dan lain-lain (Chang et al., 2010).

Meningkatkan efisiensi dalam produksi dengan cara mengurangi *downtime* adalah cara yang dikenal oleh banyak pihak dan dalam implementasinya sangat bervariasi (Windmark et al., 2012). Terkadang sangat mudah berlebihan dalam mengeluarkan uang untuk mengurangi *downtime* (uang yang dikeluarkan tidak *on point*). Misalnya *downtime* yang persentasenya hanya 2% dari total *downtime* yang ada diprioritaskan untuk dihilangkan sedangkan *downtime* dengan persentase yang lebih besar diabaikan. Maka dari itu, perlu dilakukan evaluasi pilihan *downtime* terlebih dahulu untuk menentukan *downtime* mana yang paling optimum untuk dihilangkan terlebih dahulu (Murty & Naikan, 1995).

### **2.2.3 Produktivitas**

Produktivitas adalah perbandingan antara *ouput* dengan *input*. Produktivitas merupakan kunci utama untuk mengevaluasi jika produksi sudah seimbang (sudah mencapai target yang diinginkan) atau tidak (Craig & Harris, 1973). Produktivitas di lain hal dikatakan berhubungan dengan bahan baku yang dibutuhkan untuk produksi tersedia atau digunakan semestinya atau tidak. Jika bahan baku tersebut tidak tersedia atau tidak digunakan secara semestinya maka dapat dikatakan produktivas perusahaan rendah. Sebaliknya, jika bahan baku untuk produksi tersedia dan digunakan secara semestinya maka dapat dikatakan produktivitas perusahaan tinggi (Tangen, 2002).

#### **2.2.4 Oil Country Tubular Goods (OCTG)**

Dengan peningkatan pengembangan sumur minyak yang mempunyai spesifikasi *HP/HT (High Pressure/High Temperature)* dan sumur di lautan yang dalam, kebutuhan akan *OCTG* seperti pada Gambar 2-2 yang memiliki performa ketahanan beban kompresi dan tekanan dari luar menjadi meningkat (Sugino et al., 2010). Selain itu, lingkungan sumur yang juga terdapat  $H_2S$ ,  $CO_2$ , dan klorida menyebabkan permasalahan korosi serius yang meningkatkan biaya operasi bagi industri perminyakan hingga miliaran dollar. Dengan demikian tantangan bagi pipa yang digunakan untuk memproduksi minyak dan gas menjadi meningkat (Cao et al., 2017).



Gambar 2-2 *Oil country tubular goods*

Sumber: manometcurrent.com

#### **2.2.5 Turning**

*Turning* atau pembubutan merupakan kombinasi dari 2 gerakan, yaitu putaran dari benda kerja yang akan dipahat dan gerakan pemakanan dari *tool*. Gerakan pemakanan dari *tool* ini dilakukan sepanjang *axis* dari benda kerja yang diameter dari benda kerja akan dibubut hingga diameternya mengecil. Selain itu, pemakanan juga dapat dilakukan dari bagian tengah benda kerja (*tool* menghadap benda kerja). Pada umumnya, pemakanan sering dilakukan dengan menggabungkan 2 gerakan ini yang akan menghasilkan bentuk runcing dan melengkung pada benda kerja (*Metal Cutting Technology*

*Training Handbook*, 2010). Proses pembubutan dapat dilihat pada Gambar 2-3 berikut.



Gambar 2-3 Proses pembubutan

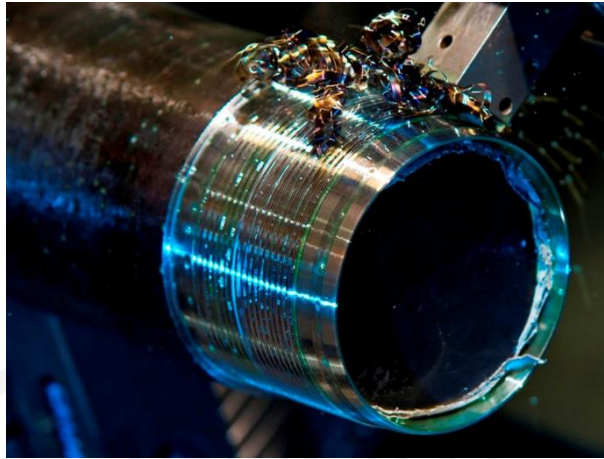
Sumber: youtube.com

### **2.2.6 Threading**

*Threading* atau penguliran yang ditunjukkan pada Gambar 2-4 di bawah adalah suatu proses *indexable insert* (mata pahat yang dapat diganti dan diputar) membuat *passes* pada benda kerja yang memerlukan ulir. Dengan membagi pemakanan penuh menjadi pemakanan yang kecil-kecil akan menghindari *indexable insert* kelebihan beban yang menyebabkan *indexable insert* patah dan merusak bentuk ulir. Secara garis besar, fungsi utama dari ulir adalah:

1. Sebagai sambungan mekanik
2. Mentransmisikan pergerakan dengan cara mengkonversi gerakan rotasi menjadi linier dan sebaliknya
3. Untuk mendapatkan keuntungan mekanik; menggunakan gaya kecil untuk membuat gaya yang lebih besar

(*Metal Cutting Technology Training Handbook*, 2010).



Gambar 2-4 Proses penguliran pada pipa *OCTG*

Sumber: usstubular.com

### **2.2.7 *Cutting Fluid***

*Cutting fluid* atau yang biasa disebut dengan *coolant* adalah cairan pendingin yang berguna untuk mendinginkan benda kerja maupun mata pahat karena jika terlalu panas akan menyebabkan benda kerja atau mata pahat aus. Hal ini akan mengganggu proses pemesinan.

Proses penyemprotan *coolant* ini dapat dilakukan dengan 2 cara, yang pertama adalah *coolant* keluar dari selang yang diarahkan ke tempat pemesinan terjadi lalu yang kedua *coolant* keluar dari *tool* tempat mata pahat berada.

Tipe dari *coolant* ada beberapa macam, yaitu:

1. *Mineral Oils*

*Coolant* yang bahan dasarnya dari minyak bumi.

2. *Semi-Synthetic*

*Coolant* yang bahan dasarnya campuran dari minyak bumi dan air.

3. *Fully-Synthetic*

*Coolant* yang bahan dasarnya umumnya dari air, *coolant* tipe ini adalah tipe yang paling bersih.

Untuk mengukur konsentrasi dari *coolant* dapat menggunakan *refractometer*. Idealnya konsentrasi dari *fully-synthetic coolant* adalah 10-12

dalam satuan *brix* (*Metal Cutting Technology Training Handbook*, 2010).  
Gambar 2-5 berikut menunjukkan bagaimana *coolant* disemprotkan.

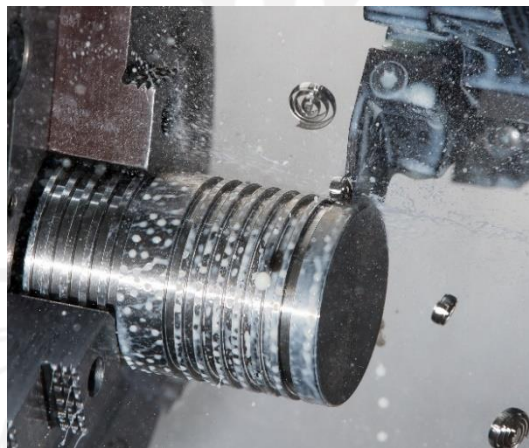


Gambar 2-5 Proses penyemprotan *coolant*

Sumber: [process-cooling.com](http://process-cooling.com)

### 2.2.8 *Chips*

*Chips* merupakan bagian dari benda kerja yang terbuang saat dilakukan pemesinan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2-6 di bawah ini. Dalam bahasa Indonesia biasanya disebut dengan geram.



Gambar 2-6 *Chips* yang terbentuk akibat proses pemesinan

Sumber: [productionmachining.com](http://productionmachining.com)

Ada 3 kemungkinan pola bagi *chips* untuk patah setelah dilakukan pemesinan:

1. *Self-Breaking*

*Chips* patah karena kelengkungannya,

2. *Against The Tool*

*Chips* patah karena menabrak *tool* atau *insert*, hal ini dapat menyebabkan *tool* rusak atau *insert* pecah.

3. *Against The Workpiece*

*Chips* patah karena menabrak benda kerja, hal ini menyebabkan permukaan benda kerja tergores dan tidak mulus.

Bentuk *chips* juga dipengaruhi dari pemakanan dan kedalaman pemotongan. Semakin tinggi pemakanan dan kedalaman pemotongan maka bentuk *chips* akan semakin pendek. Semakin rendah pemakanan dan kedalaman pemotongan maka bentuk *chips* semakin panjang dan hal ini dapat membuat *chips* menyangkut (*Metal Cutting Technology Training Handbook*, 2010).

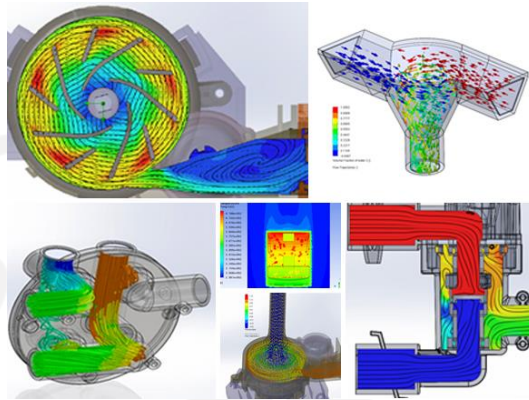
### **2.2.9 Computational Fluid Dynamics (CFD)**

*Computational fluid dynamics* terdiri dari dua hal, yaitu *computational* yang berarti menghitung dengan bantuan komputer dan *fluid dynamics* yang merupakan cabang fisika yang mempelajari aliran fluida dan gas. Aspek fisik dari semua aliran fluida diatur oleh 3 prinsip fundamental, yaitu:

1. Massa tetap
2.  $\Sigma F = ma$  (hukum kedua Newton)
3. Energi tetap

Prinsip-prinsip fundamental yang telah dijabarkan di atas dapat dinyatakan dalam persamaan matematika yang bentuk umumnya adalah persamaan diferensial parsial. Peran dari *computational fluid dynamics* adalah sebagai yang menghitung persamaan diferensial parsial tersebut dari aliran fluida maupun gas yang bergerak dengan parameter tertentu di ruang

dan waktu tertentu. Dari perhitungan tersebut akan didapatkan deskripsi secara numerik (misalnya tekanan, kecepatan, suhu, dan lain-lain) dari aliran fluida maupun gas tersebut (Wendt et al., 2009). Penggunaan dan hasil simulasinya dapat dilihat pada Gambar 2-7 di bawah ini.



Gambar 2-7 *Computational fluid dynamics*

Sumber: pddinnovation.com

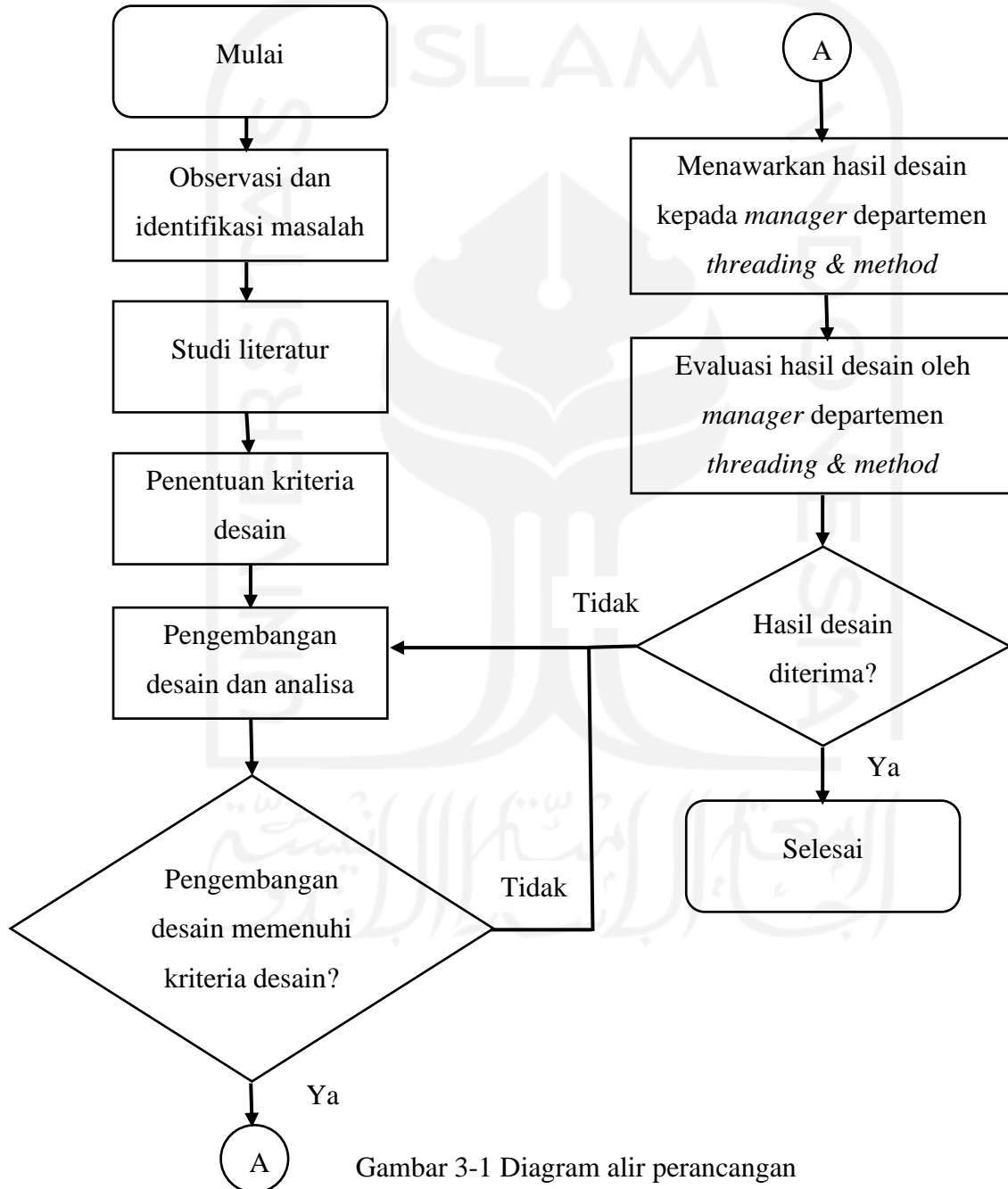


# BAB 3

## METODE PENELITIAN

### 3.1 Alur Penelitian

Tahapan pengembangan melalui beberapa tahapan seperti pada diagram alir yang digambarkan pada Gambar 3-1 berikut.



Gambar 3-1 Diagram alir perancangan

### 3.2 Peralatan dan Bahan

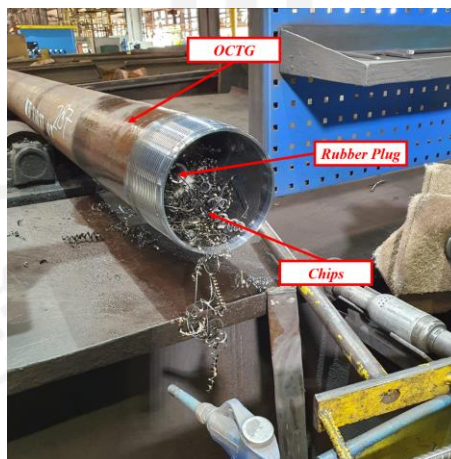
Dalam melakukan pengembangan ini alat dan bahan sangat dibutuhkan untuk membantu menyelesaikan pengembangan. Alat dan bahan yang dibutuhkan dijabarkan di Tabel 3-1 berikut.

Tabel 3-1 Alat dan bahan

No.	Nama	Fungsi
1	Komputer	Membuat desain menggunakan <i>Autodesk Inventor</i> dan simulasi menggunakan <i>Ansys Fluent</i> serta untuk membuat laporan dari desain yang dibuat
2	Kamera <i>Handphone</i>	Mengambil foto dari <i>rubber plug</i> dan permasalahan yang berkaitan dengan <i>rubber plug</i> untuk diidentifikasi nantinya

### 3.3 Hasil Observasi

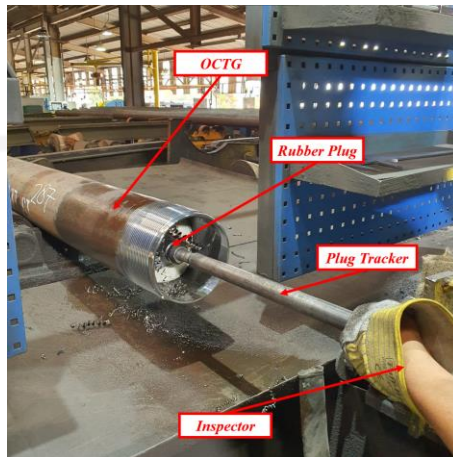
Observasi dilakukan dengan cara terjun langsung ke lapangan dan mengambil foto permasalahan yang terjadi. Gambar 3-2 di bawah ini menunjukkan akumulasi *chips* di bagian depan *rubber plug* cukup banyak,



Gambar 3-2 *Chips* yang terakumulasi di bagian depan *rubber plug*

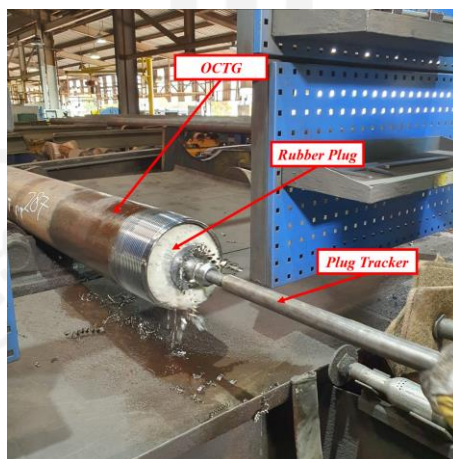
Lalu, Gambar 3-3 di bawah menunjukkan proses penarikan *rubber plug* secara manual oleh inspektor. Pada dasarnya, inspektor tidak bertugas

untuk menarik *rubber plug*. Namun, karena *w-axis* tidak dapat menarik *rubber plug* karena *chips* yang terakumulasi di depannya berlebihan maka inspektor harus menarik *rubber plug* secara manual. Hal ini membuat pekerjaan dari inspektor menjadi tidak efisien.



Gambar 3-3 Inspektor memasang *plug tracker* pada bagian depan *rubber plug*

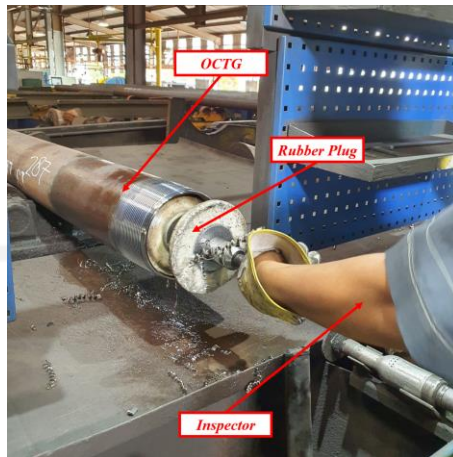
Pada bagian depan *rubber plug* seperti pada Gambar 3-4 terdapat lubang ulir. Lubang ulir ini berguna agar *plug tracker* yang dipegang oleh inspektor dapat menarik *rubber plug* dari dalam pipa. Jika tidak menggunakan *plug tracker* maka akan sulit untuk menarik *rubber plug* karena posisi *rubber plug* yang sangat rapat di dalam pipa.



Gambar 3-4 Inspektor menarik *rubber plug* secara manual

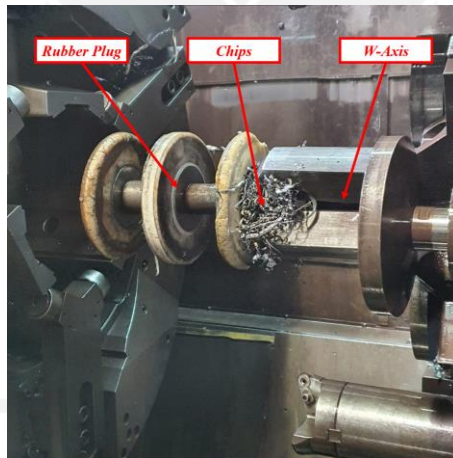
Setelah *rubber plug* telah selesai ditarik secara manual oleh inspektor menggunakan *plug tracker* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3-5 *plug*

*tracker* akan dilepas lalu *rubber plug* akan diletakkan kembali di dalam mesin *CNC* bubut. Lebih spesifiknya lagi di *w-axis*.



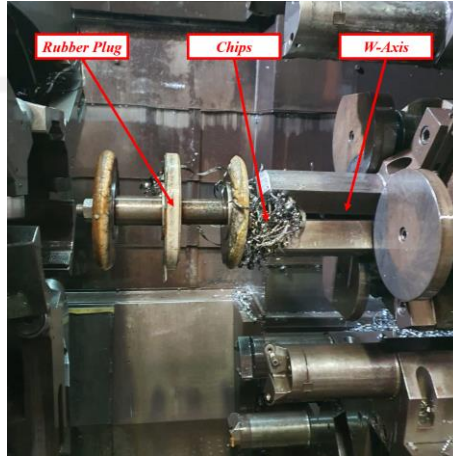
Gambar 3-5 *Rubber plug* keluar dari dalam pipa

Sedangkan untuk Gambar 3-6 menunjukkan *rubber plug* yang berhasil ditarik oleh *w-axis*. Namun, *chips* tetap terakumulasi di bagian depan *rubber plug* dan ikut tertarik bersama *rubber plug*.



Gambar 3-6 Tampak isometrik *rubber plug* saat ditarik oleh *w-axis*

Dalam hal ini *rubber plug* harus dibersihkan terlebih dahulu dari *chips* kemudian proses produksi baru dapat berlanjut. Pembersihan *chips* ini menimbulkan *downtime* dan bertambahnya biaya produksi. Gambar 3-7 menunjukkan proses *w-axis* saat menarik *rubber plug* dari sudut pandang lain.



Gambar 3-7 Tampak depan *rubber plug* saat ditarik oleh *w-axis*

### 3.4 Kriteria Pengembangan Desain *Rubber Plug*

Setelah melakukan observasi secara langsung di lapangan langkah selanjutnya adalah membuat kriteria desain berdasarkan data yang didapat dari observasi dan juga berdasarkan poin-poin yang diinginkan oleh pihak perusahaan. Kriteria desainnya adalah sebagai berikut:

1. Dapat mengurangi akumulasi *chips* di bagian depan *rubber plug*.
2. Aliran *coolant* yang disemburkan ke dalam pipa dapat keluar lebih lancar.

### 3.5 Metode Simulasi

Metode simulasi yang digunakan untuk mengetahui jika desain alternatif yang telah dibuat memenuhi tujuan perancangan atau tidak adalah dengan menggunakan aplikasi *Ansys Fluent* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3-8 berikut.



Gambar 3-8 Ansys 2021 R2

Sumber: ansys.com

Dengan aplikasi ini banyak variabel yang didapat, seperti kecepatan, tekanan, turbulen, densitas, dan lain-lain dari aliran *coolant* yang disimulasikan. Akan tetapi, karena yang penulis butuhkan hanya variabel kecepatan maka variabel lainnya penulis sampingkan.

Aplikasi ini hanya mensimulasikan pergerakan *coolant* saja karena keterbatasan dari aplikasi yang ada, yaitu tidak mampu mensimulasikan bentuk *chips* pada kondisi riil. *Chips* di aplikasi diasumsikan dengan bentuk *sphere* sedangkan pada kondisi riil adalah seperti *coil* atau gulungan. Asumsi dari simulasi *coolant* ini adalah semakin banyak *coolant* yang berhasil keluar dari dalam pipa maka kemungkinan besar *chips* yang keluar juga akan semakin banyak.

Analisis yang digunakan di dalam aplikasi dalam simulasi yang dilakukan penulis yaitu analisis *fluid dynamics* untuk mensimulasikan aliran *coolant*. Semua gerakan benda termasuk fluida dapat diprediksi pergerakannya menggunakan hukum kedua Newton

$$\Sigma F = ma \quad (3.1)$$

dengan  $\Sigma F$  merepresentasikan total gaya,  $m$  merepresentasikan massa, dan  $a$  merepresentasikan percepatan.

Namun, gerakan fluida yang kontinyu menyebabkan sulitnya untuk menentukan massanya. Oleh karena itu,  $m$  pada persamaan hukum kedua

Newton diganti menjadi  $\rho V$  dengan  $\rho$  merepresentasikan massa jenis dan  $V$  merepresentasikan volume.

Total gaya dari gerakan fluida terdiri dari 3, yang pertama adalah beda tekanan,

$$(P1 - P2)A = \frac{\Delta P}{\Delta X} A \Delta X = \nabla P V \quad (3.2)$$

lalu yang kedua adalah gaya gesek dengan  $S = \mu \frac{\Delta u}{\Delta Y}$ ,

$$(S1 - S2)A = \frac{\Delta S}{\Delta Y} A \Delta Y = \nabla S V = \nabla \left( \mu \frac{\Delta u}{\Delta Y} \right) V = \nabla (\mu \nabla u) V = \mu \nabla^2 u V \quad (3.3)$$

dan yang terakhir adalah gravitasi.

$$mg = \rho g V \quad (3.4)$$

Persamaan ini digabung dan membentuk persamaan yang baru yaitu persamaan *Navier-Stokes (N-S)*

$$\begin{aligned} -\nabla P V + \mu \nabla^2 u V + \rho g V &= \rho V \frac{Du}{Dt} \\ -\nabla P + \mu \nabla^2 u + \rho g &= \rho \frac{Du}{Dt} \end{aligned} \quad (3.5)$$

dengan  $-\nabla P$  merepresantikan perbedaan tekanan,  $\mu \nabla^2 u$  merepresentasikan gaya gesek atau *viscous*,  $\rho g$  merepresentasikan gaya gravitasi,  $\rho$  merepresentasikan massa jenis dari fluida, dan  $\frac{Du}{Dt}$  merepresentasikan percepatannya. Karena persamaan *N-S* merupakan vektor maka persamaan ini memiliki 3 persamaan untuk sumbu x, y, dan z. Jika perhitungan yang dilakukan hanya di zona 2 dimensi maka persamaan yang dipakai hanya 2. Jika perhitungan yang dilakukan hanya di zona 1 dimensi maka persamaan yang dipakai hanya 1.

$$-\nabla P + \mu \nabla^2 u + \rho g = \rho \frac{Du}{Dt} \text{ (Sumbu-x)}$$

$$-\nabla P + \mu \nabla^2 v + \rho g = \rho \frac{Dv}{Dt} \text{ (Sumbu-y)} \quad (3.6)$$

$$-\nabla P + \mu \nabla^2 w + \rho g = \rho \frac{Dw}{Dt} \text{ (Sumbu-z)} \quad (3.7)$$

Dari persamaan yang telah dijabarkan di atas variabel-variabel yang diketahui adalah  $\mu$  (viskositas),  $\rho$  (densitas),  $g$  (gravitasi), dan  $t$  (waktu). Sedangkan variabel-variabel yang ingin dicari adalah  $P$  (tekanan),  $u$  (kecepatan di sumbu-x),  $v$  (kecepatan di sumbu-y),  $w$  (kecepatan di sumbu-z). Karena variabel yang dicari ada 4 maka diperlukan 1 persamaan lagi agar 4 variabel tersebut dicari. Persamaan tersebut adalah persamaan kontinuitas dengan asumsi *incompressible*.

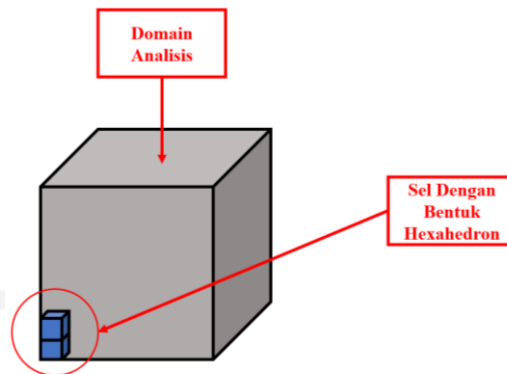
$$\begin{aligned} \dot{m}_1 &= \dot{m}_2 \\ \rho A u_1 &= \rho A u_2 \\ u_1 - u_2 &= 0 \\ \frac{u_1 - u_2}{\Delta X} &= 0 \\ \nabla u &= 0 \end{aligned} \quad (3.8)$$

Dengan persamaan *Navier-Stokes* dan persamaan kontinuitas yang telah dijabarkan di atas maka pergerakan fluida sudah dapat diprediksi karena persamaan *Navier-Stokes* dan persamaan kontinuitas adalah yang mengatur hukum sebab-akibat dari gerakan aliran fluida. Kedua persamaan ini disebut *governing equations*.

Jika aliran fluida tersebut ingin dicari variabel lain seperti suhu maupun turbulensi maka dapat ditambahkan persamaan lainnya seperti persamaan energi untuk suhu dan persamaan  $k-\omega$  untuk turbulensi. Jadi, pada dasarnya persamaan yang digunakan di *CFD* secara *default* adalah *governing equations*. Tapi, jika ingin mencari variabel lainnya disamping variabel yang ada pada *governing equations* maka persamaan akan bertambah lagi.

Lalu, bagaimana cara *CFD* melakukan perhitungan hingga terbentuk warna-warni yang biasa dilihat di akhir hasil perhitungan? Cara yang dilakukan pertama kali adalah dengan mencacah domain analisis menjadi sub-domain yang lebih kecil atau yang biasanya disebut sel seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3-9 berikut.



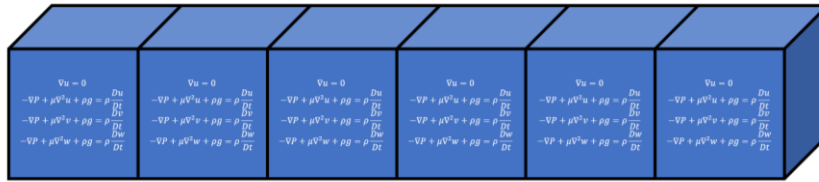


Gambar 3-9 Pencacahan domain analisis menjadi sub-domain

Disini penulis mengambil contoh domain analisis dengan ukuran  $60 \times 60 \times 60$  mm dicacah menjadi sel hexahedron (sel dengan bentuk kubus) dengan ukuran  $1 \times 1 \times 1$  mm. Berapa banyak sel yang akan terbentuk dari ukuran domain analisis dan ukuran sel tersebut? Perhitungan dapat dilakukan dengan membagi volume domain analisis dengan volume sel.

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Sel} &= \frac{V_{\text{Domain Analisis}}}{V_{\text{Sel}}} & (3.9) \\
 \text{Jumlah Sel} &= \frac{216000}{1} \\
 \text{Jumlah Sel} &= 216000
 \end{aligned}$$

Setelah mencacah domain analisis langkah selanjutnya adalah memasukkan *governing equations* ke dalam sel-sel tersebut seperti pada Gambar 3-10 berikut. Sebenarnya, tidak hanya 4 persamaan dari *governing equations* saja yang masuk ke dalam sel karena masih banyak persamaan lain yang dimasukkan ke dalam sel tergantung dari variabel apa yang ingin kita cari. Akan tetapi, karena persamaan dasar yang selalu digunakan oleh *CFD* (jika simulasi dilakukan di zona 3 dimensi) adalah 4 persamaan tersebut maka penulis mengambil contoh hanya dengan *governing equations*.



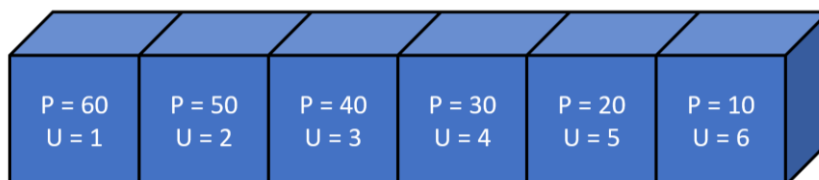
Gambar 3-10 *Governing equations* dimasukkan ke dalam setiap sel

Disini peran dari komputer yang akan menghitung persamaan-persamaan di dalam setiap sel yang ada. Berapa banyak kalkulasi yang akan dilakukan oleh komputer dengan jumlah sel dan persamaan yang telah diketahui sebelumnya?

$$\text{Beban Kalkulasi} = \text{Jumlah Sel} \times \text{Jumlah Persamaan} \quad (3.10)$$

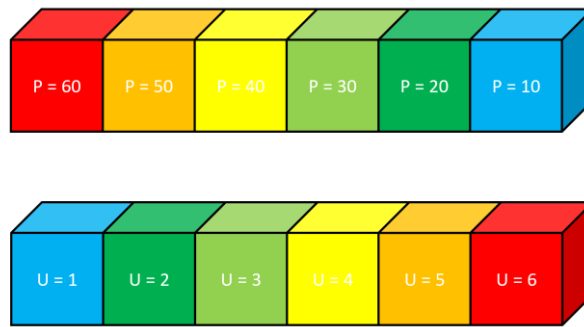
$$\text{Beban Kalkulasi} = 216000 \times 4 = 864000$$

Didapatkan jumlah kalkulasi yang harus dilakukan komputer adalah sebanyak 864000 kali. Perhitungan ini masih dimungkinkan untuk dilakukan oleh manusia tapi tentu saja memerlukan waktu yang sangat lama. Maka dari itu, kalkulasi ini dilakukan oleh komputer untuk mempersingkat waktu. Jika kalkulasi telah selesai dilakukan akan didapatkan data tekanan (P) dan kecepatan (U) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3-11 di bawah.



Gambar 3-11 Data tekanan dan kecepatan

Dari data tekanan dan kecepatan yang telah didapatkan langkah terakhir adalah mengolah data tersebut ke dalam warna-warna seperti pada Gambar 3-12 berikut. Warna ini sifatnya opsional, tidak harus sama persis seperti pada Gambar 3-12, dapat memilih berbagai macam warna yang diinginkan.



Gambar 3-12 Data tekanan dan kecepatan diolah ke dalam warna-warna

### 3.6 Parameter Simulasi

Parameter yang dimasukkan di aplikasi untuk menjalankan simulasi adalah sebagai berikut:

*Gravitational Acceleration = 9.81 m/s<sup>2</sup>*

*Coolant Material = Water Liquid*

*Velocity Magnitude Inlet = 135 m/s*

*Viscous Model = SST k- $\omega$*

*Wall Motion = Moving Wall*

*Motion = Absolute & Rotational*

*Rotation Speed = 300 rev/min*

*Injection Type = Surface*

*Injection Surfaces = Inlet*

*Particle Type = Inert*

*Particle (Chips) Material = Steel*

*Particel Diameter = 4 mm*

*Particle Flow Rate = 0.016 kg/s*

*Continuous Phase Interaction = On*

*High-Res Tracking = On*

*Initialization Methods = Standard Initialization*

*Compute From = Inlet*

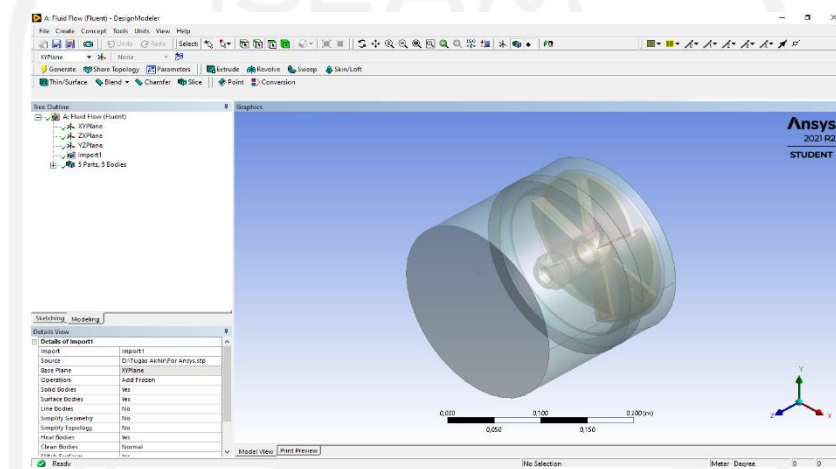
*Reference Frame = Absolute*

*Number of Iterations = 200*

### 3.7 Langkah Simulasi

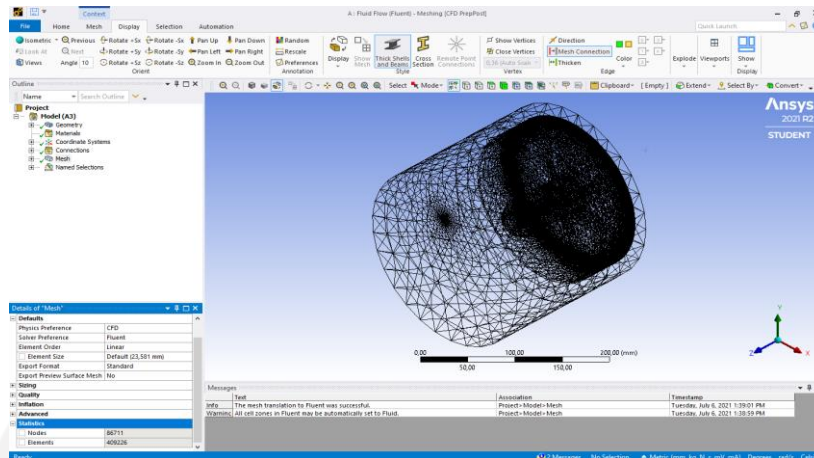
Berikut adalah langkah-langkah yang dilakukan untuk mensimulasikan aliran *coolant* pada *Ansys Fluent*. Penulis hanya mensimulasikan satu desain saja yaitu *existing rubber plug design* karena semua parameter yang dimasukkan ke simulasi desain lainnya adalah sama persis.

1. Memasukkan geometri *existing rubber plug design* ke dalam *Ansys Fluent* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3-13 berikut.



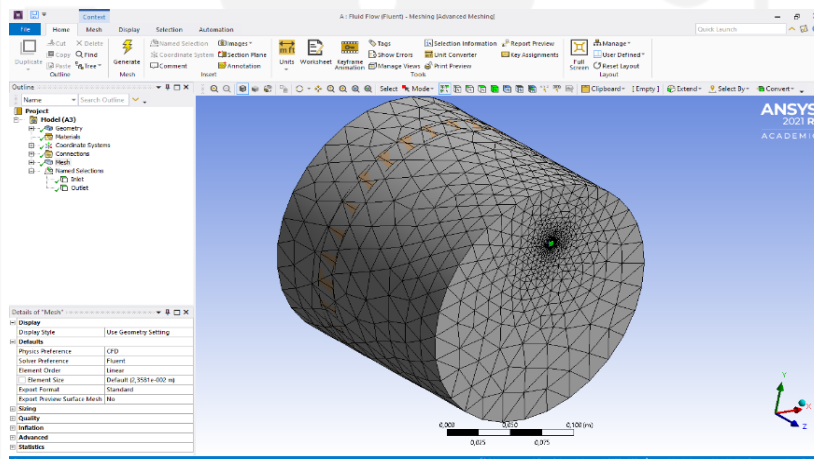
Gambar 3-13 Geometri *existing rubber plug design* di *Ansys Fluent*

2. Melakukan *meshing* pada geometri *rubber*. Penulis hanya melakukan *meshing* biasa yang dapat dilakukan secara otomatis yaitu dengan bentuk sel tetrahedron (bentuk limas segitiga), tidak ada parameter-parameter yang diubah. Untuk jumlah *node* pada hasil *meshing* ini adalah 86711 sedangkan untuk jumlah *element* nya adalah 409226 seperti pada Gambar 3-14 berikut.



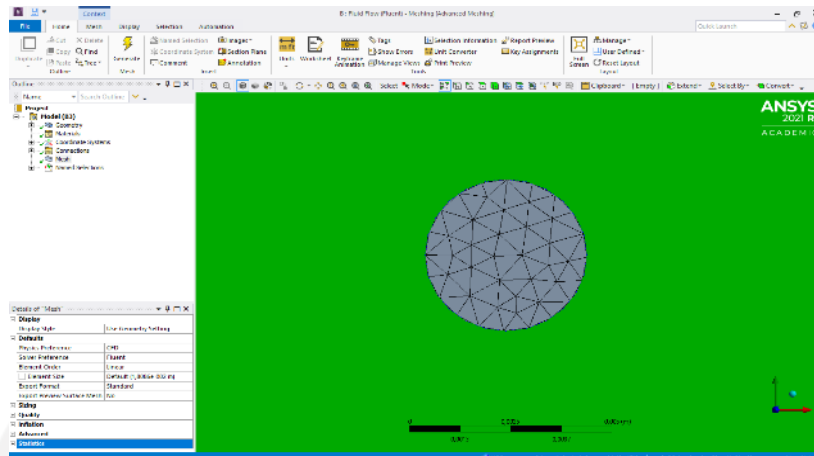
Gambar 3-14 Meshing pada geometri existing rubber plug design

3. Penentuan *inlet* di simulasi *coolant* dilakukan dengan melakukan pendekatan tempat keluarnya *coolant* pada kondisi sebenarnya. Penentuan *inlet* dapat dilihat pada Gambar 3-15 berikut.



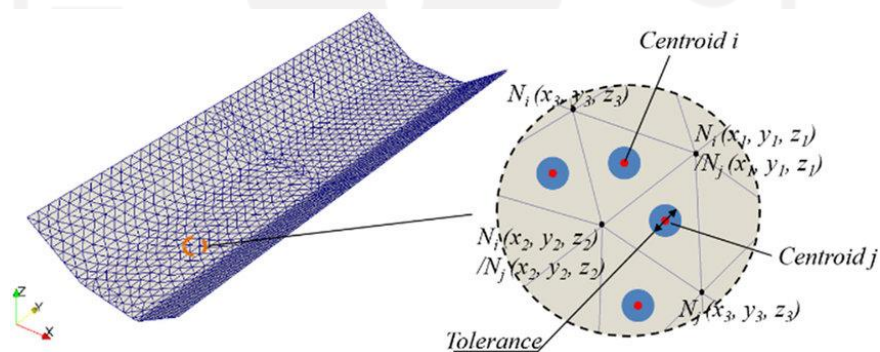
Gambar 3-15 Penentuan *inlet* dari simulasi yang dilakukan

Pada simulasi aliran *coolant* ini jumlah aliran *coolant* yang keluar dari *inlet* adalah sebanyak 68. Angka 68 ini didapat dari hasil *meshing* yang dilakukan pada *inlet*. Dengan diameter *inlet* sebesar 4 mm didapatkan sel sejumlah 68 seperti pada Gambar 3-16 berikut.



Gambar 3-16 Mesh pada inlet

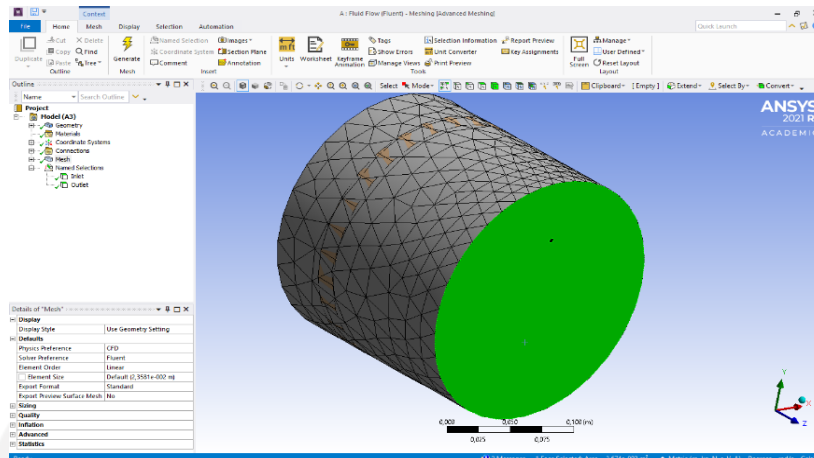
Dari masing-masing sel yang ada tersebut terdapat 1 *centroid* dan dari *centroid* ini aliran *coolant* keluar yang jumlahnya sebanyak 68. Gambaran jelas *centroid* terdapat pada Gambar 3-17 berikut.



Gambar 3-17 Centroid

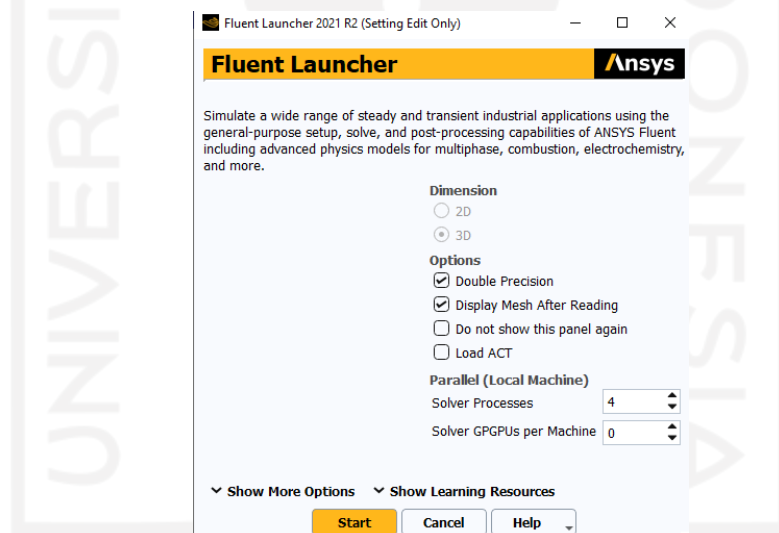
Sumber: researchgate.net

Kemudian, *outlet* ditentukan di sekitar *inlet* karena saat *coolant* disemburkan dari *inlet* maka satu-satunya jalan keluar dari *coolant* tersebut adalah di sekitar *inlet*. Penentuan *outlet* dapat dilihat pada Gambar 3-18 di bawah.



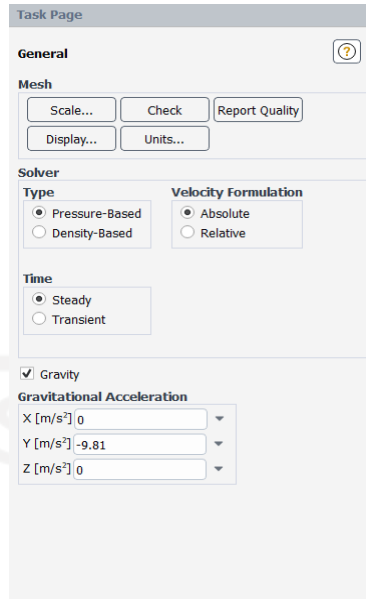
Gambar 3-18 Penentuan *outlet* dari simulasi yang dilakukan

4. Pada Gambar 3-19 berikut penulis menentukan angka 4 di *solver processes* adalah karena jumlah *core processor* yang dimiliki komputer penulis ada 4.



Gambar 3-19 Melakukan *setup* pada *fluent launcher*

5. Penulis menentukan percepatan gravitasi sebesar  $9.81 \text{ m/s}^2$ . Karena arah yang penulis inginkan adalah berlawanan dari sumbu Y maka agar arahnya berlawanan penulis tambahkan tanda minus (-) di depan angka percepatan gravitasi seperti pada Gambar 3-20 di bawah.



Gambar 3-20 Menentukan percepatan gravitasi

6. K- $\omega$  SST dipilih sebagai *viscous model* karena merupakan model yang paling baik dalam menangkap fenomena turbulen yang terjadi di dekat *wall* maupun yang jauh dari *wall*. Pada dasarnya model ini merupakan gabungan antara model K- $\epsilon$  dengan model K- $\omega$ . Dengan K- $\epsilon$  hanya akurat dalam menangkap fenomena turbulen yang jauh dari *wall* dan K- $\omega$  hanya akurat dalam menangkap fenomena turbulen yang dekat dari *wall*. Maka dari itu, dibutuhkan persamaan baru yang dapat mengatasi kekurangan dari masing-masing model tersebut yaitu persamaan K- $\omega$  SST. Persamaan K- $\epsilon$  yang dinyatakan dalam  $\omega$  adalah sebagai berikut.

$$\frac{\partial(\rho\omega)}{\partial t} + \nabla(\rho U\omega) = \nabla \left( \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \nabla \omega \right) + \frac{\gamma}{v_t} P_k - \beta \rho \omega^2 + 2 \frac{\rho \sigma \omega^2}{\omega} \nabla k : \nabla \omega \quad (3.11)$$

Dengan  $\frac{\partial(\rho\omega)}{\partial t}$  menunjukkan waktu,  $\nabla(\rho U\omega)$  menunjukkan konveksi,  $\nabla \left( \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \nabla \omega \right)$  menunjukkan difusi, dan  $\frac{\gamma}{v_t} P_k - \beta \rho \omega^2 +$



$2 \frac{\rho\sigma\omega^2}{\omega} \nabla k : \nabla \omega$  menunjukkan *source + sinks*. Kemudian, persamaan K- $\omega$  ditunjukkan sebagai berikut.

$$\frac{\partial(\rho\omega)}{\partial t} + \nabla(\rho U\omega) = \nabla \left( \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \nabla \omega \right) + \frac{\gamma}{v_t} P_k - \beta \rho \omega^2 \quad (3.12)$$

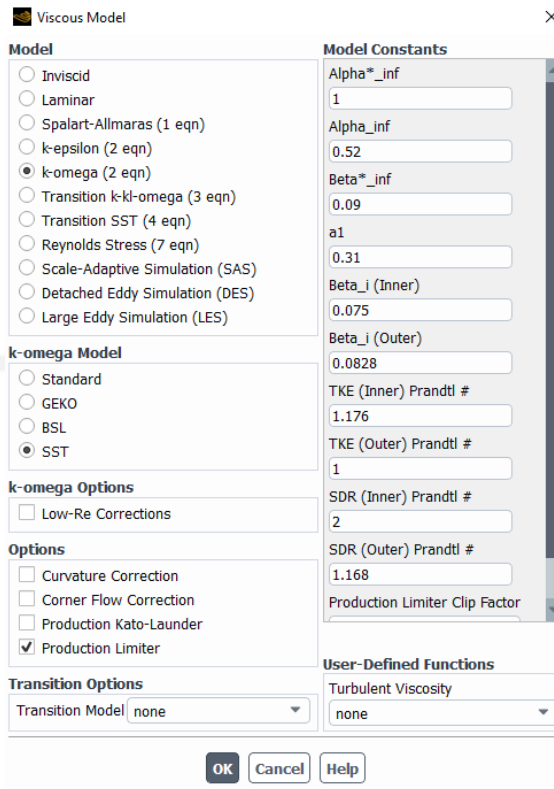
Dengan  $\frac{\partial(\rho\omega)}{\partial t}$  menunjukkan waktu,  $\nabla(\rho U\omega)$  menunjukkan konveksi,  $\nabla \left( \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \nabla \omega \right)$  menunjukkan difusi, dan  $\frac{\gamma}{v_t} P_k - \beta \rho \omega^2$  menunjukkan *source + sinks*. Persamaan ini digabung menjadi persamaan K- $\omega$  SST.

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\rho\omega)}{\partial t} + \nabla(\rho U\omega) = \nabla \left( \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \nabla \omega \right) + \frac{\gamma}{v_t} P_k - \beta \rho \omega^2 \\ + 2(1 - F_1) \frac{\rho\sigma\omega^2}{\omega} \nabla k : \nabla \omega \end{aligned} \quad (3.13)$$

Dengan  $\frac{\partial(\rho\omega)}{\partial t}$  menunjukkan waktu,  $\nabla(\rho U\omega)$  menunjukkan konveksi,  $\nabla \left( \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \nabla \omega \right)$  menunjukkan difusi, dan

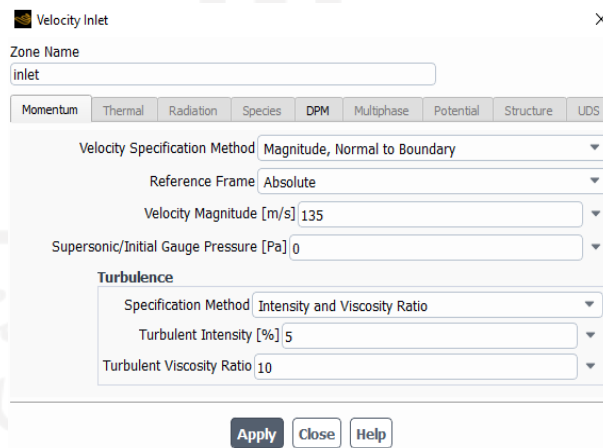
$$\frac{\gamma}{v_t} P_k - \beta \rho \omega^2 + 2(1 - F_1) \frac{\rho\sigma\omega^2}{\omega} \nabla k : \nabla \omega$$

menunjukkan *source + sinks*. Dapat dilihat bahwa terdapat variabel baru di persamaan ini yaitu  $F_1$  yang nilai variabelnya bergantung pada jarak sel terhadap *wall*. Jika jauh dari *wall* maka nilainya mendekati 0 dan sebaliknya jika dekat dari *wall* maka nilainya mendekati 1. Variabel  $F_1$  dibutuhkan karena berfungsi sebagai semacam *switch* untuk mengganti dari persamaan K- $\epsilon$  ke K- $\omega$ . Jika di dekat *wall* menggunakan K- $\omega$  dan jika jauh dari *wall* menggunakan K- $\epsilon$ . Pemilihan *viscous model* ini dapat dilihat pada Gambar 3-21 berikut.



Gambar 3-21 Pemilihan *viscous model*

7. Penulis memasukkan parameter kecepatan dari *coolant* sebesar 135 m/s seperti pada Gambar 3-22 di bawah.



Gambar 3-22 Menentukan kecepatan *coolant* saat keluar dari *inlet*

Karena parameter yang dibutuhkan oleh *inlet* di *Ansys Fluent* adalah kecepatan sedangkan dari PT Citra Tubindo Tbk hanya menyediakan

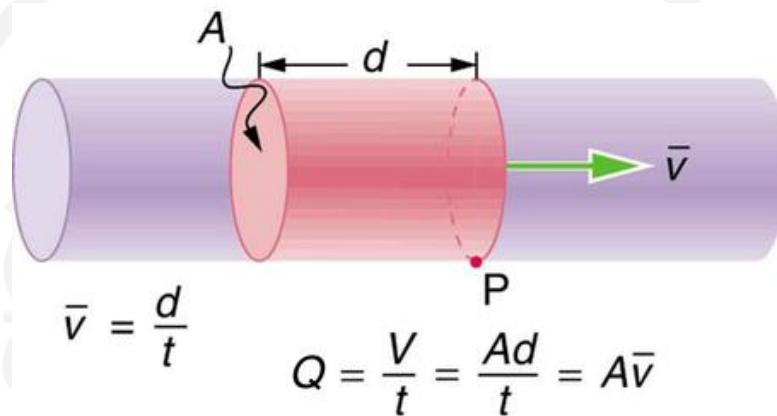
data laju aliran, tekanan, dan diameter dari *nozzle* dengan masing-masing sebesar:

$$\text{Laju Aliran } (Q) = 100 \text{ L/m} = 1.7 \text{ kg/s}$$

$$\text{Tekanan } (p) = 50 \text{ bar} = 5 \times 10^6 \text{ Pa}$$

$$\text{Diameter } (d) = 4 \text{ mm}$$

maka penulis mencari kecepatan dari *coolant* dengan perhitungan sebagaimana yang ditampilkan Gambar 3-23 di bawah ini:



Gambar 3-23 Rumus untuk menghitung laju aliran

Sumber: valin.com

Karena rumus dari perhitungan kecepatan ini tidak memerlukan data tekanan, maka data tekanan dapat diabaikan.

$$Q = A\bar{v} \quad (3.14)$$

$$\bar{v} = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\pi r^2}$$

$$\bar{v} = \frac{(1.7 \text{ L/s})(10^{-3} \text{ m}^3/\text{L})}{3.14(2 \times 10^{-3} \text{ m})^2} = 135 \text{ m/s}$$

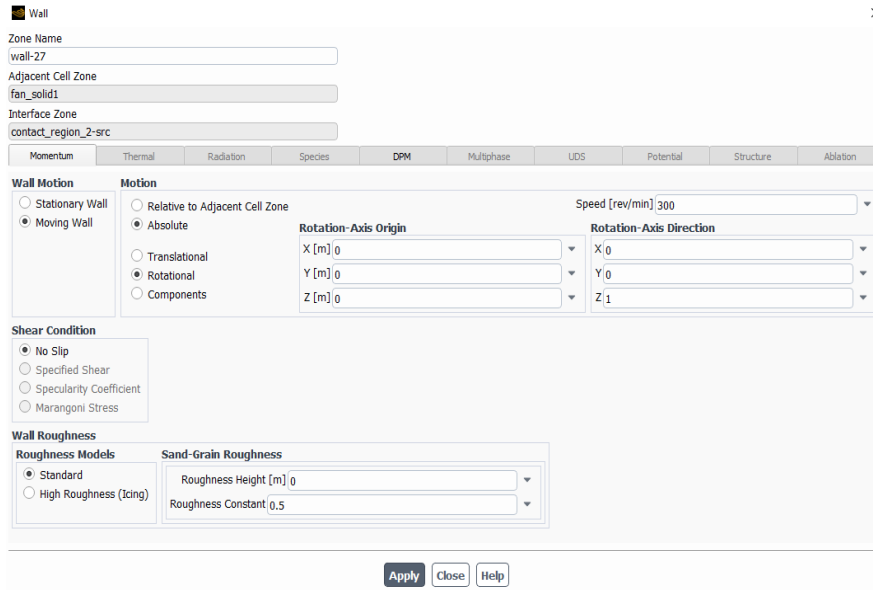
Dari perhitungan yang telah dilakukan, didapat kecepatan *coolant* saat keluar dari *nozzle* adalah 135 m/s sehingga parameter ini yang akan dimasukkan di *inlet* saat simulasi dilakukan.

8. Karena material fluida *default Ansys Fluent* yang akan keluar dari *inlet* adalah udara sedangkan material fluida yang penulis inginkan adalah air maka penulis menggantinya terlebih dahulu seperti pada Gambar 3-24 berikut. Alasan penggunaan material air ini adalah

karena material tersebut merupakan material yang *properties* nya paling mendekati *coolant* yang digunakan di PT Citra Tubindo Tbk. Tipe *coolant* yang digunakan adalah *fully synthetic* yang bahan dasarnya adalah air.

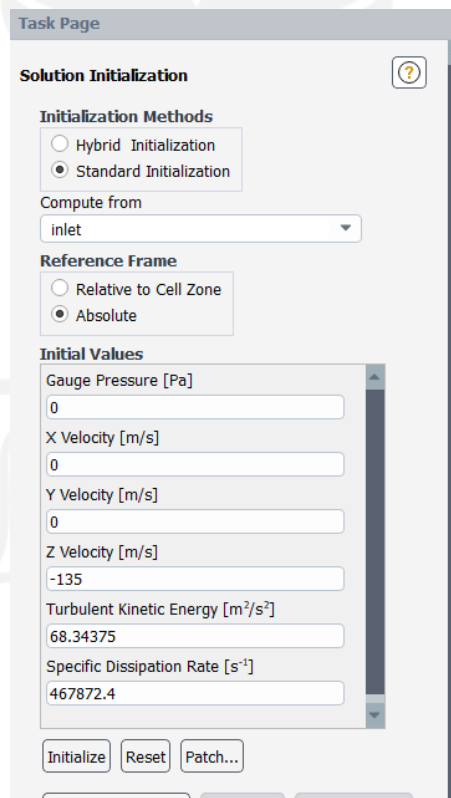
Gambar 3-24 Menentukan material fluida

9. Karena *rubber plug* berputar saat beroperasi dalam kondisi nyata maka dimasukkan parameter pada semua *wall* seperti pada Gambar 3-25 di bawah ini. Kecepatan dari putarannya yaitu 300 rpm mengikuti kecepatan *spindle* dari mesin *CNC* yang digunakan.



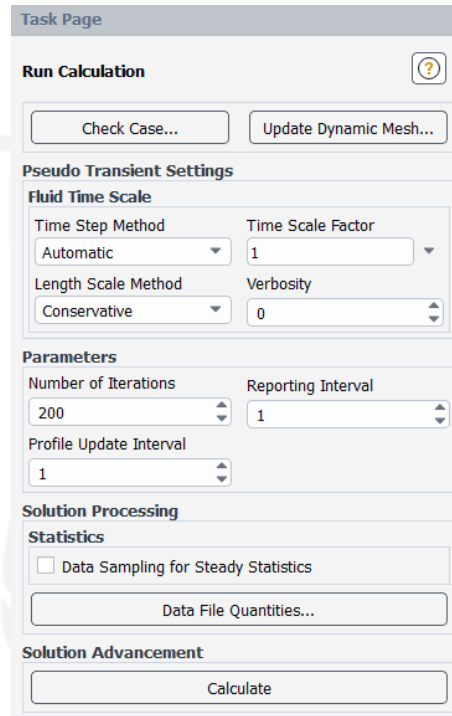
Gambar 3-25 Menentukan putaran dari *rubber plug*

10. Sebelum dilakukan kalkulasi dari parameter simulasi yang dimasukkan sebelumnya, dilakukan inisialisasi dari *inlet* terlebih dahulu seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3-26 berikut.



Gambar 3-26 Inisialisasi pada *inlet*

11. Lakukan kalkulasi dengan 200 iterasi, dapat lebih banyak atau kurang yang terpenting adalah hasil kalkulasi konvergen. Proses ini ditunjukkan pada Gambar 3-27. Setelah kalkulasi dijalankan, hasilnya akan muncul seperti yang ada pada Bab 4.



Gambar 3-27 Melakukan kalkulasi pada parameter yang telah dimasukkan

## **BAB 4**

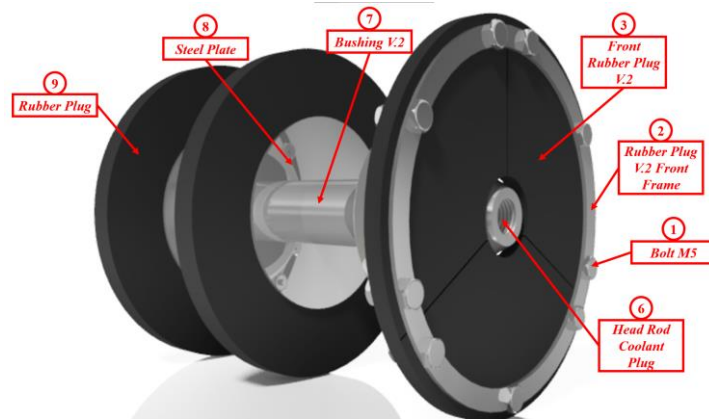
### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Pengembangan Desain *Rubber Plug***

Pengembangan desain yang dilakukan oleh penulis menghasilkan 3 desain alternatif. *Proposed rubber plug design 1* dilakukan perubahan dengan memajukan posisi *rubber* yang terletak paling depan, *proposed rubber plug design 2* dilakukan perubahan dengan menambahkan baling-baling di bagian depan, dan yang terakhir yaitu *proposed rubber plug design 3* dilakukan perubahan dengan menambahkan rangka seperti truk molen di bagian depan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat di subsubbab berikut.

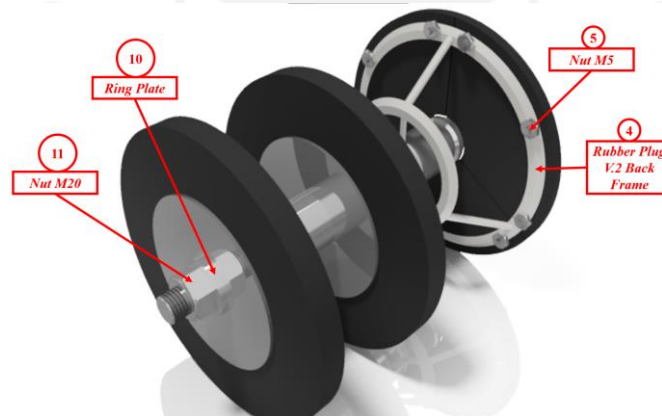
##### **4.1.1 *Proposed Rubber Plug Design 1***

*Proposed rubber plug design 1* adalah sebagaimana pada Gambar 4-1 berikut. *Rubber* di bagian depan dimajukan dengan penambahan rangka sebagai penyangganya. Hal ini ditunjukkan oleh angka 2 (*Rubber Plug V.2 Front Frame*), angka 3 (*Front Rubber Plug V.2*), dan angka 4 (*Rubber Plug V.2 Back Frame*). Selain itu, *rubber* tersebut juga dibagi 3 bagian agar dapat merekah saat *w-axis* akan mencengkeram *rubber plug*. Jika *rubber* tidak dibagi 3 maka yang terjadi adalah *w-axis* akan mendorong *rubber plug* secara keseluruhan. Antara ketiga bagian tersebut diberikan celah  $\pm 1$  mm.



Gambar 4-1 Tampak isometrik bagian depan *proposed rubber plug design 1*

dapat dilihat pada Gambar 4-2 berikut rangka bagian belakang yang menyangga *rubber* di bagian depan. Rangka dan *rubber* ini digabungkan menggunakan baut dan mur dengan ukuran 5 mm.



Gambar 4-2 Tampak isometrik bagian belakang *proposed rubber plug design 1*

#### 4.1.2 *Proposed Rubber Plug Design 2*

*Proposed rubber plug design 2* terinspirasi dari *propeller* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4-3 berikut. Pada bagian depan *rubber plug* ditambahkan *propeller* dengan tujuan agar saat pipa berputar maka *propeller* tersebut juga berputar dan mendorong *coolant* dan *chips* keluar.

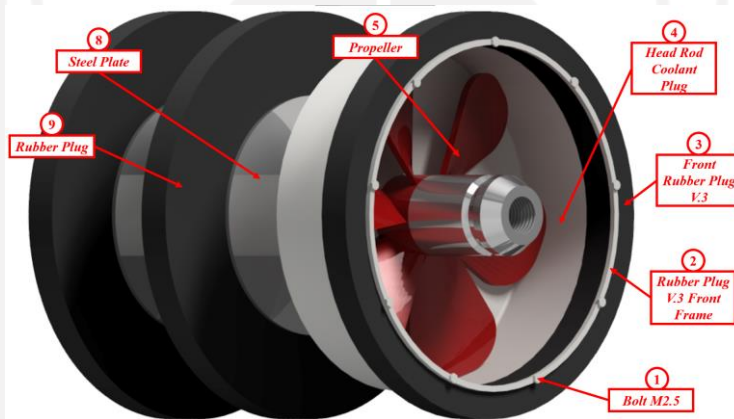




Gambar 4-3 *Propeller*

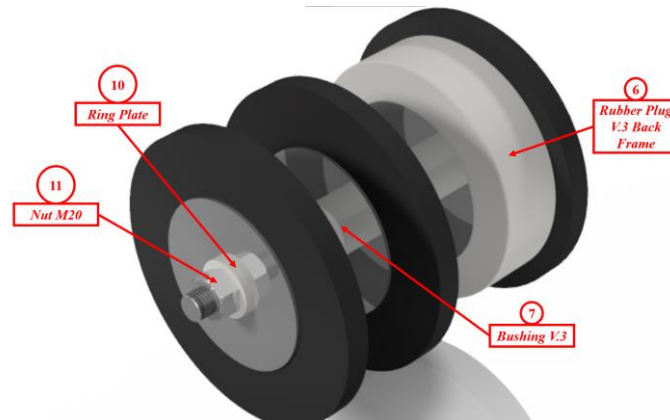
Sumber: propmd.com

*Propeller* yang ada di *proposed rubber plug design 2* memiliki 6 baling seperti yang ditunjukkan angka 5 pada Gambar 4-4 di bawah ini.



Gambar 4-4 Tampak isometrik bagian depan *proposed rubber plug design 2*

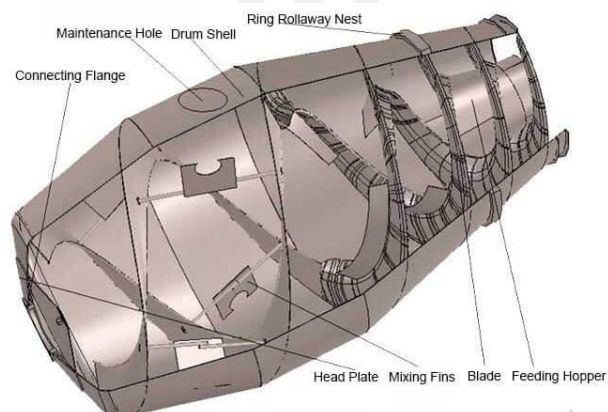
Pada bagian belakang dari *proposed rubber plug design 2* seperti dijabarkan pada Gambar 4-5 dapat dilihat lebih jelas bentuk dari penyangga dari *rubber* di bagian depan, yaitu angka 6 (*Rubber Plug V.3 Back Frame*).



Gambar 4-5 Tampak isometrik bagian belakang *proposed rubber plug design 2*

#### 4.1.3 *Proposed Rubber Plug Design 3*

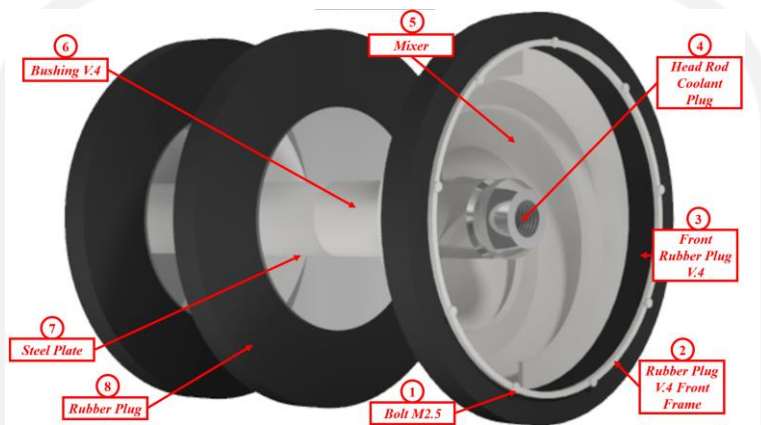
Terakhir adalah *proposed rubber plug design 3*. Desain ini terinspirasi dari bentuk bagian dalam dari truk molen seperti pada Gambar 4-6 di bawah ini atau lebih tepatnya pada bagian *spiral blade* nya. Desain ini dibuat dengan pengaturan jika berputar berlawanan arah jarum jam maka akan membawa apapun yang ada di dalamnya keluar dan jika berputar searah jarum jam maka apapun yang ada di dalamnya akan tetap berada di dalam/semakin masuk. Oleh karenanya, desain ini hanya dapat dipakai jika *spindle* dari mesin *CNC* bubut berputar berlawanan arah jarum jam.



Gambar 4-6 Detail bagian belakang truk molen

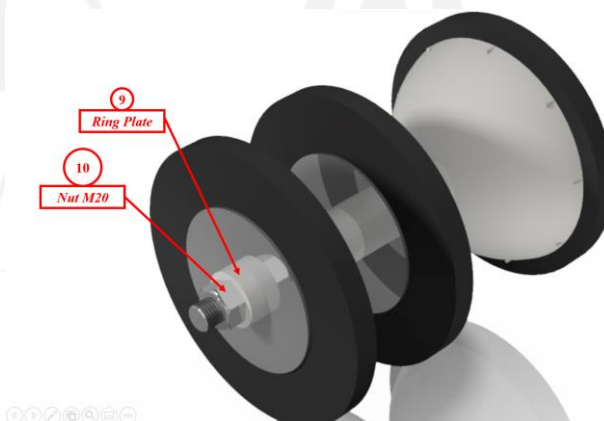
Sumber: beidoou.com

Pada bagian depan dari *proposed rubber plug design 3* ditambahkan *spiral blade* seperti pada *mixer* di truk molen yang ditunjukkan angka 5 (*Mixer*) pada Gambar 4-7. Tujuan dari *mixer* ini kurang lebih sama dengan *proposed rubber plug design 2* hanya saja metodenya berbeda. Saat pipa berputar dan otomatis *spiral blade* juga akan ikut berputar kemudian *coolant* dan *chips* yang masuk di bagian depan *proposed rubber plug design 3* akan terbawa keluar karena putaran dan bentuk dari *spiral blade* tersebut.



Gambar 4-7 Tampak isometrik bagian depan *proposed rubber plug design 3*

Dari jumlah *part* yang ada dapat dilihat pada Gambar 4-8 bahwa jumlahnya lebih sedikit dibandingkan 2 desain alternatif sebelumnya. Akan tetapi, dari sisi pembuatan *spiral blade* mungkin akan lebih rumit dibandingkan desain lainnya.



Gambar 4-8 Tampak isometrik bagian belakang *proposed rubber plug design 3*

## 4.2 Hasil Pengembangan Desain *Rubber Plug*

Dari ketiga desain alternatif yang sudah dijabarkan sebelumnya setelah melalui beberapa tahapan diskusi, kritik, dan saran oleh *manager* departemen *threading and method* desain yang akhirnya dipilih adalah *proposed rubber plug design 2* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4-9 di bawah ini.



Gambar 4-9 Tanggapan dari perusahaan terkaitan pengembangan desain yang dilakukan

Alasan desain ini dipilih selain karena desain ini yang paling memenuhi kriteria desain yang ditetapkan juga karena desain ini dianggap lebih efektif dibandingkan desain lainnya. Efektif yang dimaksud disini adalah kemampuan untuk lebih banyak mengeluarkan *coolant* dari dalam pipa dibandingkan dengan desain alternatif lainnya. Untuk alasan mengapa desain

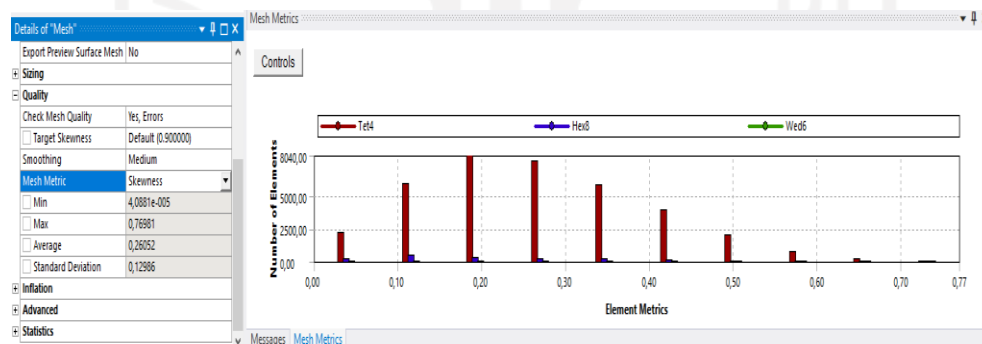
ini yang paling memenuhi kriteria desain yang ditetapkan akan dijelaskan di subbab selanjutnya.

### 4.3 Analisis Dan Pembahasan

Analisis yang akan dilakukan pada pengembangan desain ini adalah membandingkan kualitas *mesh*, verifikasi hasil simulasi, membandingkan kecepatan minimum *coolant* setelah menabrak dinding dari masing-masing desain alternatif *rubber plug*, dan membandingkan jumlah aliran *coolant* yang berhasil keluar dari pipa

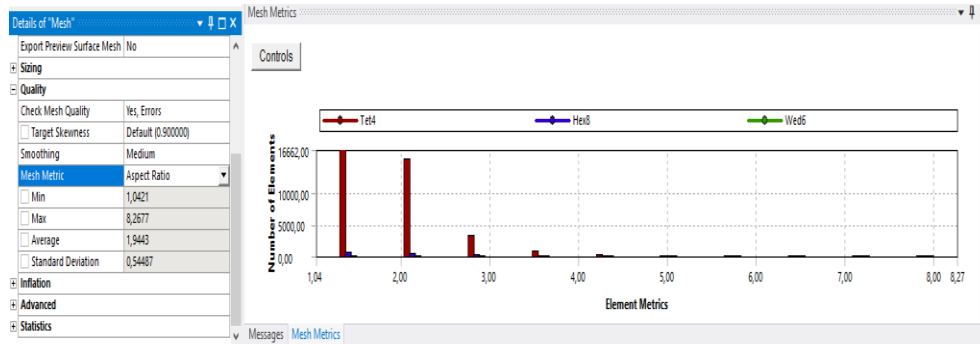
#### 4.3.1 Kualitas *Mesh*

Jika kualitas dari *mesh* bagus maka akurasi dari simulasi akan lebih baik dan juga kalkulasi yang dilakukan akan lebih mudah konvergen. Untuk mengetahui jika hasil *meshing* yang telah dilakukan bagus atau tidak adalah dengan mengecek *skewness*. Dapat dilihat bahwa nilai rata-rata *skewness* dari hasil *meshing* pada *existing rubber plug design* adalah sebesar 0.26502 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4-10 berikut.



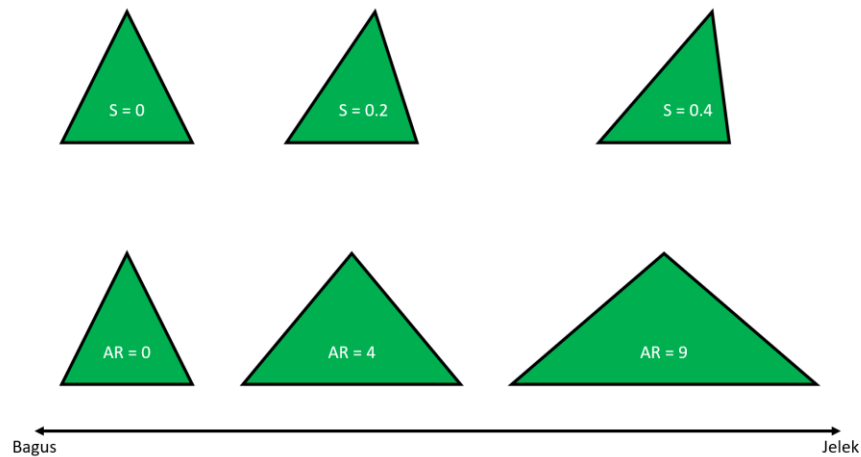
Gambar 4-10 Nilai rata-rata *skewness* pada *existing rubber plug design*

Selain itu, parameter lain untuk mengetahui hasil *meshing* yang dilakukan bagus atau tidak adalah dengan mengecek *aspect ratio* seperti pada Gambar 4-11 berikut. Dapat dilihat bahwa nilai maksimum *aspect ratio* dari hasil *meshing* pada *existing rubber plug design* adalah sebesar 8.2677.



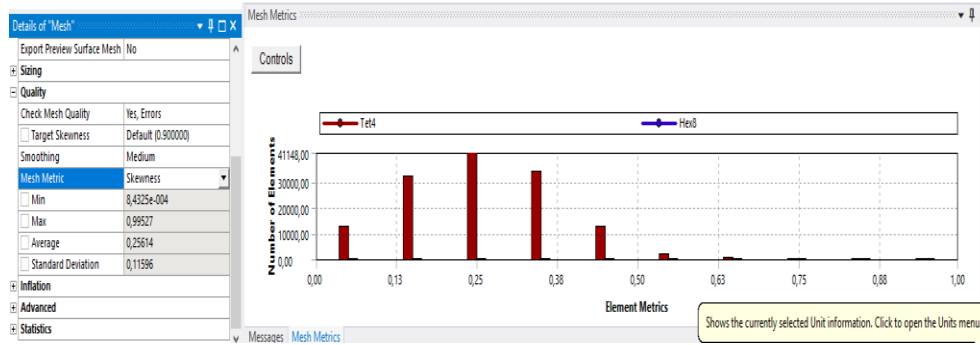
Gambar 4-11 Nilai maksimum *aspect ratio* pada *existing rubber plug design*

Pengertian dari *skewness* adalah simpangan kemiringan dari geometri/sel. Nilai yang dianjurkan oleh *Ansys* adalah dibawah 0.95 dengan rata-rata dibawah 0.33. Sedangkan untuk *aspect ratio* merupakan nilai dari *stretching* dari geometri/sel. Nilai yang dianjurkan oleh *Ansys* adalah 1-5 untuk sel yang berada di zona tengah, 1-10 untuk sel yang berada di *boundary layer*, dan diusahakan agar nilainya selalu dibawah 35. Penjelasan lebih lanjut dapat dilihat pada Gambar 4-12 berikut.



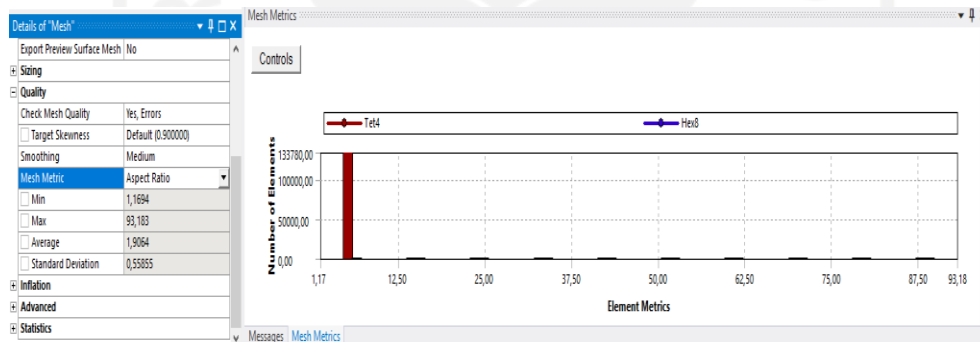
Gambar 4-12 Ilustrasi *skewness* dan *aspect ratio* pada sel tetrahedron

Selanjutnya untuk kualitas dari *mesh* pada *proposed rubber plug design 1* nilainya tidak terlalu jauh berbeda dengan *existing rubber plug design* dengan nilai rata-rata *skewness* sebesar 0.25614. Hasil ini ditunjukkan pada Gambar 4-13 berikut.



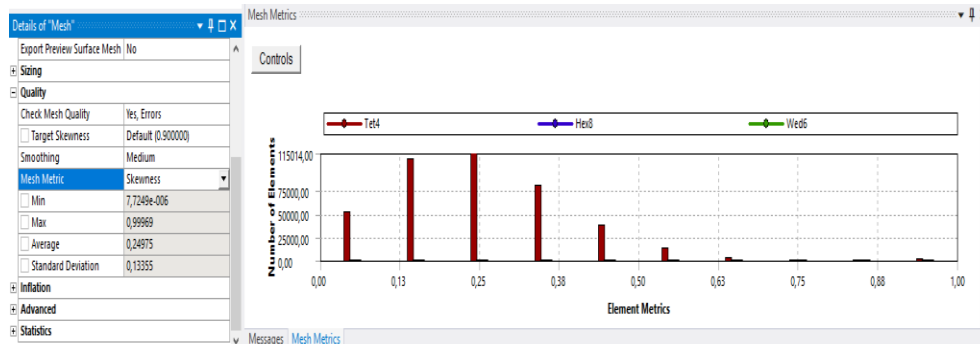
Gambar 4-13 Nilai rata-rata *skewness* pada *proposed rubber plug design 1*

Sedangkan untuk nilai maksimum *aspect ratio* dari *proposed rubber plug design 1* sangat buruk dengan nilai 93.183 meskipun nilai rata-rata *aspect ratio* hanya 1.9064. Hal ini dikarenakan bentuknya yang paling kompleks dibandingkan dengan desain alternatif lainnya sehingga ada sebagian kecil sel yang *aspect ratio* nya diatas batas yang dianjurkan oleh Ansys. Gambar 4-14 berikut menunjukkan nilai *aspect ratio proposed rubber plug design 1*.



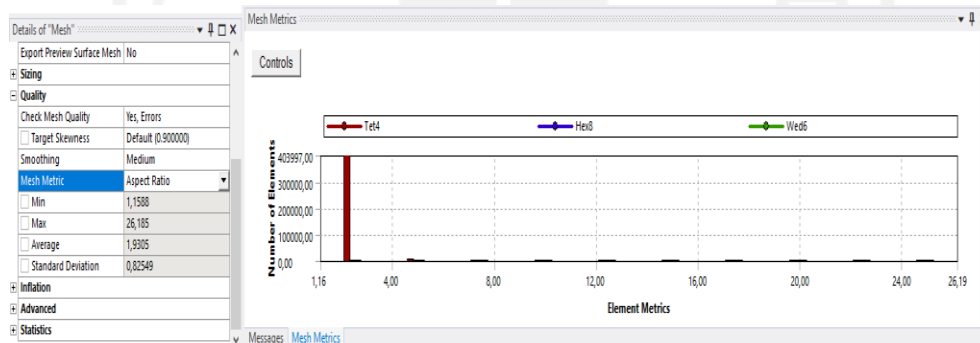
Gambar 4-14 Nilai maksimum *aspect ratio* pada *proposed rubber plug design 1*

Nilai rata-rata *skewness* dari *proposed rubber plug design 2* merupakan nilai yang paling baik diantara desain alternatif lainnya dengan nilai rata-rata sebesar 0.24975. Nilai tersebut dapat dilihat pada Gambar 4-15 berikut.



Gambar 4-15 Nilai rata-rata *skewness* pada *proposed rubber plug design 2*

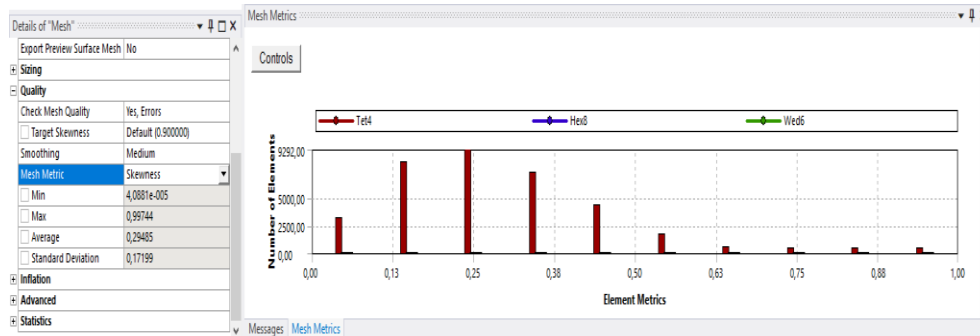
Pada nilai maksimum *aspect ratio* *proposed rubber plug design 2* juga merupakan nilai maksimum yang paling baik diantara desain alternatif lainnya dengan nilai sebesar 26.185. Nilai tersebut ditunjukkan pada Gambar 4-16 di bawah.



Gambar 4-16 Nilai maksimum *aspect ratio* pada *proposed rubber plug design 2*

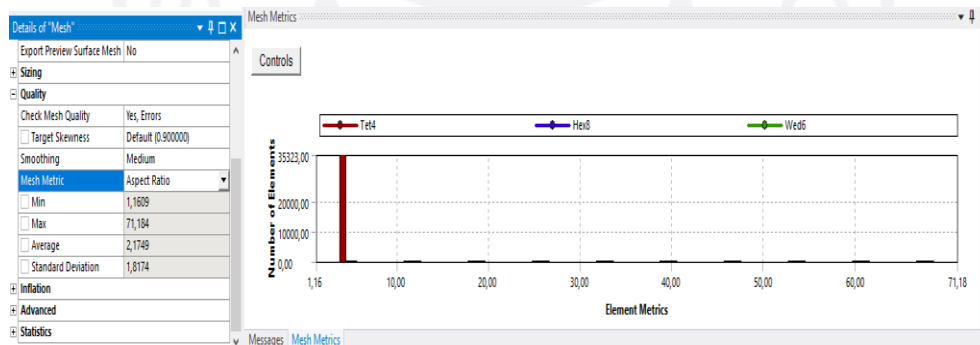
Untuk nilai rata-rata *skewness* dari *proposed rubber plug design 3* nilainya yang paling buruk dibandingkan dengan desain alternatif lainnya meskipun perbedaannya tidak terlalu signifikan dengan nilai rata-rata sebesar 0.29485. Nilai tersebut dapat dilihat pada Gambar 4-17 berikut.





Gambar 4-17 Nilai rata-rata *skewness* pada *proposed rubber plug design 3*

Sedangkan untuk nilai maksimum *aspect ratio* dari *proposed rubber plug design 3* nilainya tidak seburuk *proposed rubber plug design 1* dan tidak sebaik *proposed rubber plug design 2* dengan nilai maksimum sebesar 71.184. Akan tetapi, nilai rata-rata *aspect ratio* nya menjadi yang terburuk dengan nilai rata-rata sebesar 2.1749. Nilai *aspect ratio* dari *proposed rubber plug design 3* ditunjukkan pada Gambar 4-18 berikut.



Gambar 4-18 Nilai maksimum *aspect ratio* pada *proposed rubber plug design 3*

Rangkuman perbandingan dari nilai *skewness* dan *aspect ratio* masing-masing desain dapat dilihat pada Tabel 4-1 di bawah ini.

Tabel 4-1 Rangkuman perbandingan nilai rata-rata *skewness* dan nilai maksimum *aspect ratio*

No.	Nama	Nilai Rata-Rata <i>Skewness</i>	Nilai Maksimum <i>Aspect Ratio</i>
1	<i>Existing Rubber Plug Design</i>	0.26502	8.2677

2	<i>Proposed Rubber Plug Design 1</i>	0.25614	93.183
3	<i>Proposed Rubber Plug Design 2</i>	0.24975	26.185
4	<i>Proposed Rubber Plug Design 3</i>	0.29485	71.184

### 4.3.2 Verifikasi Hasil Simulasi

Untuk mengetahui jika hasil simulasi yang dilakukan akurat atau tidak dapat dilakukan dengan 3 cara, yaitu:

1. Konvergensi

Melihat tulisan *converged* di *consoles* jika kalkulasi sudah selesai.

2. Residual

Memastikan grafik nilai residual turun mendekati 0.001 atau jika memungkinkan di bawah 0.001 lebih baik. Yang terpenting adalah grafik nilai residual tidak naik.

3. Konservasi

Menghitung *mass flux error* dan *heat flux error* (jika model *energy* diaktifkan). Nilai yang dianjurkan di *Ansys* adalah dibawah 5%.

Dapat dilihat pada Gambar 4-19 di bawah ini bahwa kalkulasi pada *rubber plug* sudah konvergen di iterasi ke-104. Hal ini tidak mengherankan karena kualitas *mesh* dari *existing rubber plug design* merupakan kualitas *mesh* yang paling baik dibandingkan desain alternatif yang ada.

```

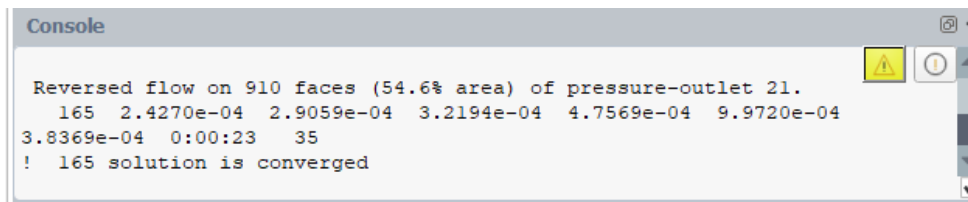
Console
Reversed flow on 945 faces (54.6% area) of pressure-outlet 16.
104 2.5439e-04 5.0641e-04 5.0234e-04 6.2426e-04 9.9869e-04
3.9512e-04 0:00:42 96
! 104 solution is converged

```

Gambar 4-19 Konvergensi pada *existing rubber plug design*

Sedangkan untuk *proposed rubber plug design 1* kalkulasi yang dilakukan lebih lama karena baru konvergen di iterasi ke-165 seperti yang

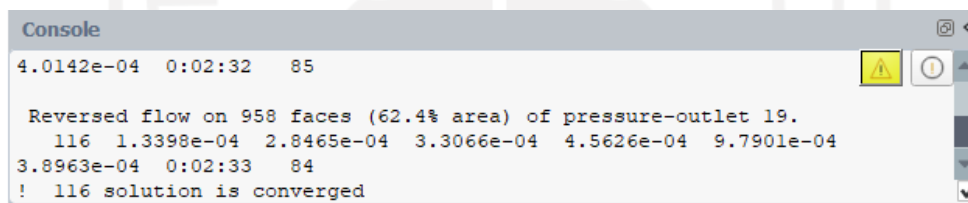
ditunjukkan Gambar 4-20 berikut. Hal ini membuktikan bahwa kualitas *mesh* mempengaruhi kemudahan untuk mencapai konvergen.



```
Console
Reversed flow on 910 faces (54.6% area) of pressure-outlet 21.
 165 2.4270e-04 2.9059e-04 3.2194e-04 4.7569e-04 9.9720e-04
3.8369e-04 0:00:23 35
! 165 solution is converged
```

Gambar 4-20 Konvergensi pada *proposed rubber plug design 1*

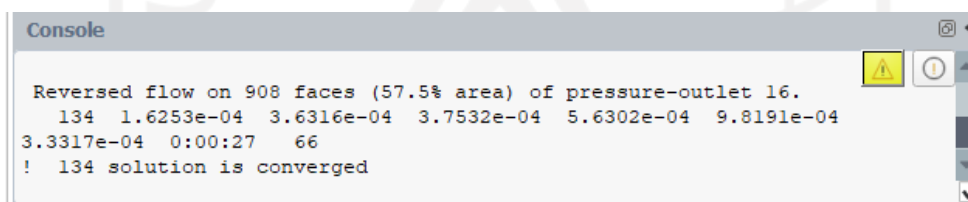
Pada *proposed rubber plug design 2* kalkulasi lebih cepat konvergen di iterasi ke-116 seperti pada Gambar 4-21 berikut. *Proposed rubber plug design 2* yang paling cepat konvergen dibandingkan desain alternatif lainnya. Hal ini cukup wajar karena dibandingkan *proposed rubber plug design 1* dan ketiga desain ini kualitas *mesh* nya yang paling baik.



```
Console
4.0142e-04 0:02:32 85
Reversed flow on 958 faces (62.4% area) of pressure-outlet 19.
 116 1.3398e-04 2.8465e-04 3.3066e-04 4.5626e-04 9.7901e-04
3.8963e-04 0:02:33 84
! 116 solution is converged
```

Gambar 4-21 Konvergensi pada *proposed rubber plug design 2*

Terakhir adalah *proposed rubber plug design 3* yang konvergen di iterasi ke-134 yang ditunjukkan Gambar 4-22 di bawah. Tidak lebih buruk dibandingkan *proposed rubber plug design 1* dan tidak lebih baik dibandingkan *proposed rubber plug design 2*.

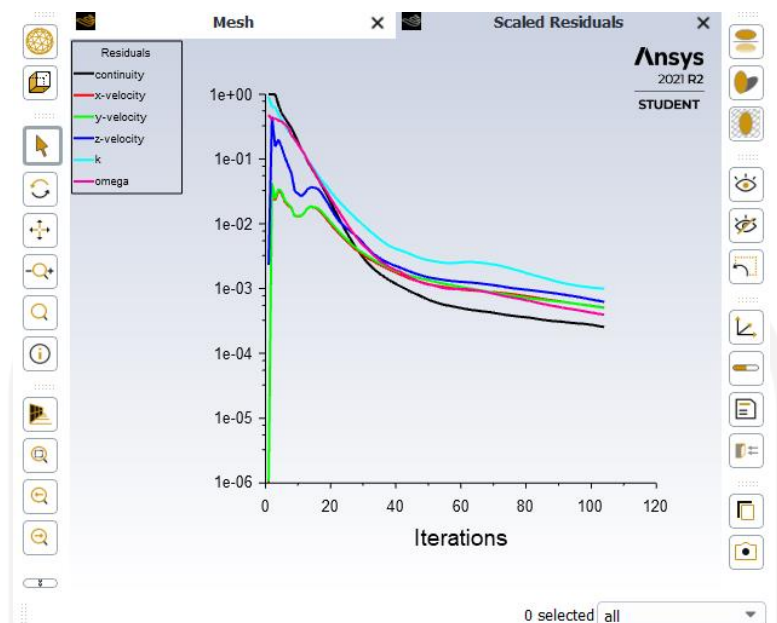


```
Console
Reversed flow on 908 faces (57.5% area) of pressure-outlet 16.
 134 1.6253e-04 3.6316e-04 3.7532e-04 5.6302e-04 9.8191e-04
3.3317e-04 0:00:27 66
! 134 solution is converged
```

Gambar 4-22 Konvergensi pada *proposed rubber plug design 3*

Karena penulis mengaktifkan *viscous model* K- $\omega$  SST maka persamaan yang dihitung residualnya ada 6 (*governing equations* sudah secara *default* diaktifkan oleh *Ansys*) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4-23 berikut. Disini penulis hanya menunjukkan grafik residual dari *existing*

*rubber plug design* saja karena semua grafik residual dari desain alternatif mendekati dan dibawah nilai 0.001.



Gambar 4-23 Grafik residual pada *rubber plug*

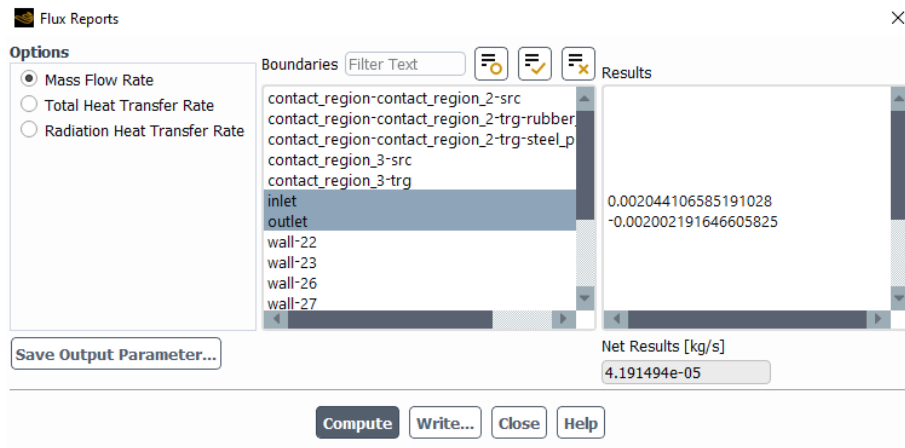
Karena penulis tidak mengaktifkan model *energy* maka penulis hanya menghitung *mass flux error* saja tidak dengan *heat flux error*. *Mass flux error* dihitung untuk mengetahui jika simulasi yang dilakukan memenuhi hukum konservasi massa atau tidak (massa masuk = massa keluar). *Error* yang terjadi disarankan oleh *Ansys* dibawah 5%. Rumus untuk menghitung *mass flux error* adalah sebagai berikut.

$$\text{Mass Flux Error} = \frac{\text{Net Results}}{\text{Mass Flow Rate Outlet or Inlet}} \times 100\%$$

Pada Gambar 4-24 berikut dapat dihitung *mass flux error* dari *existing rubber plug design* dengan perhitungan:

$$\text{Mass Flux Error} = \frac{0.00004}{0.002} \times 100\%$$

$$\text{Mass Flux Error} = 2\%$$



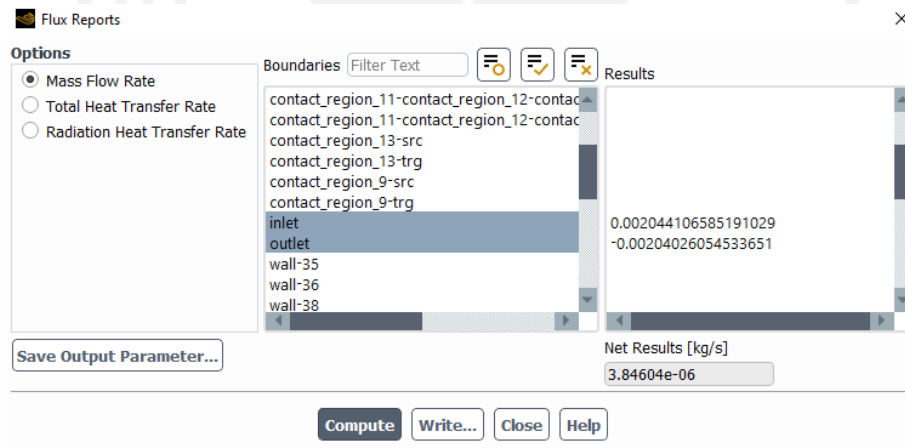
Gambar 4-24 *Mass flux error* pada *existing rubber plug design*

Diketahui *mass flux error* dari simulasi *existing rubber plug design* hanya 2%. Nilai ini masih aman karena dibawah 5%.

Selanjutnya adalah perhitungan *mass flux error* dari *proposed rubber plug design 1* sebagaimana Gambar 4-25 di bawah dengan perhitungan:

$$\text{Mass Flux Error} = \frac{0.000006}{0.002} \times 100\%$$

$$\text{Mass Flux Error} = 0.3\%$$



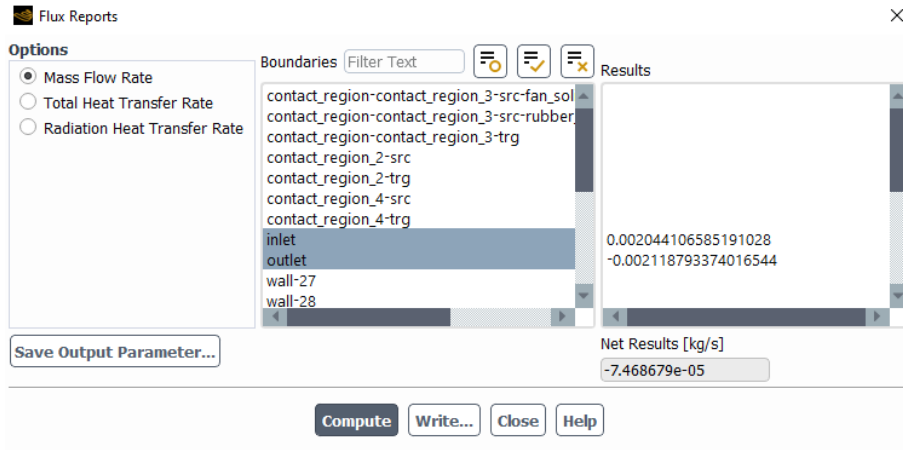
Gambar 4-25 *Mass flux error* pada *proposed rubber plug design 1*

Nilai *mass flux error* dari simulasi *proposed rubber plug design 1* lebih baik dari *mass flux error* pada *existing rubber plug design* karena nilainya yang lebih kecil.

Untuk perhitungan *mass flux error* dari *proposed rubber plug design 2* seperti pada Gambar 4-26 di bawah adalah sebagai berikut.

$$\text{Mass Flux Error} = \frac{-0.00007}{-0.002} \times 100\%$$

$$\text{Mass Flux Error} = 3.5\%$$



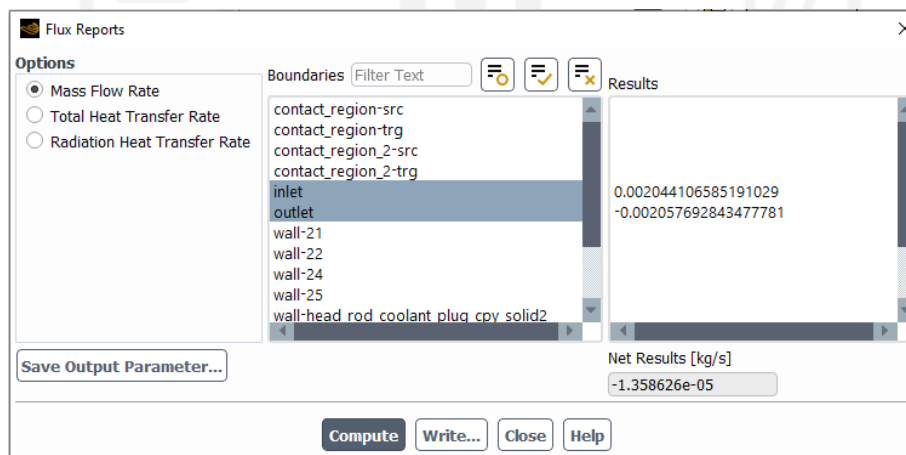
Gambar 4-26 *Mass flux error* pada *proposed rubber plug design 2*

Nilai *error* ini lebih besar dibandingkan desain sebelumnya namun masih dapat diterima karena dibawah 5%.

Yang terakhir adalah perhitungan *mass flux error* dari *proposed rubber plug design 3* seperti pada Gambar 4-27 berikut dengan perhitungan:

$$\text{Mass Flux Error} = \frac{-0.00001}{-0.002} \times 100\%$$

$$\text{Mass Flux Error} = 0.5\%$$



Gambar 4-27 *Mass flux error* pada *proposed rubber plug design 3*

Dapat dilihat *net results* dari *proposed rubber plug design 2* dan *proposed rubber plug design 3* nilainya negatif. Hal ini merupakan sesuatu yang wajar

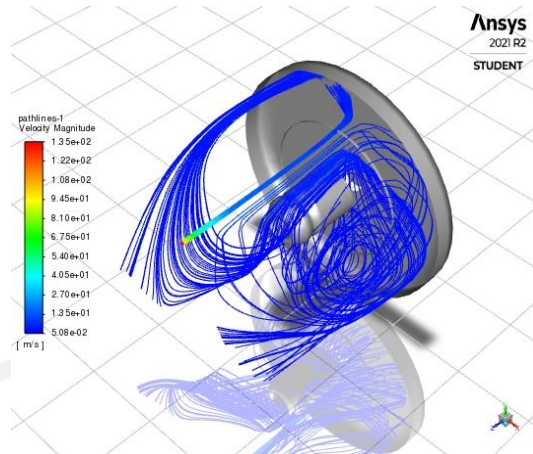
karena komputer melakukan kalkulasi di persamaan yang ada dengan *guessing value* (menebak-nebak angka di variabel yang ada di persamaan) di setiap iterasi. Karena komputer menghitung dengan *guessing value* maka dimungkinkan terjadi kesalahan. Dapat salah dalam kondisi *net results* positif atau negatif. Selama persentasenya dibawah 5% maka tidak masalah. Rangkuman perbandingan dari nilai *mass flux error* pada masing-masing desain tercantum pada Tabel 4-2 berikut.

Tabel 4-2 Rangkuman perbandingan nilai *mass flux error*

No.	Nama	Mass Flux Error
1	<i>Existing Rubber Plug Design</i>	2%
2	<i>Proposed Rubber Plug Design 1</i>	0.3%
3	<i>Proposed Rubber Plug Design 2</i>	3.5%
4	<i>Proposed Rubber Plug Design 3</i>	0.5%

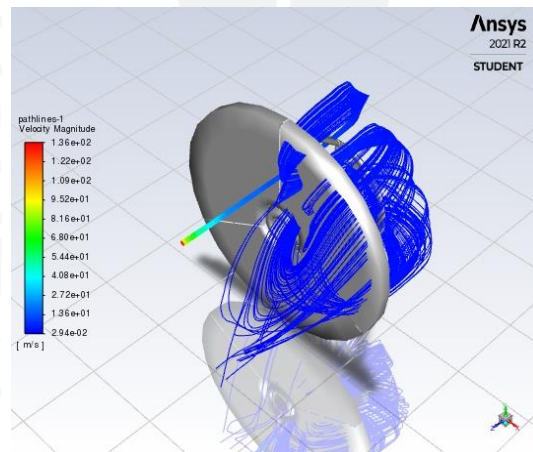
#### 4.3.3 Perbandingan Kecepatan Minimum *Coolant*

Salah satu cara untuk mengetahui jika desain alternatif yang dibuat dapat membuat *chips* keluar lebih banyak dari dalam pipa atau tidak adalah dengan mengetahui kecepatan minimum *coolant* setelah menabrak dinding *rubber plug*. Jika kecepatan minimumnya lebih tinggi dari *existing rubber plug design* maka kemungkinan besar *chips* dapat keluar lebih banyak. Dan sebaliknya jika kecepatan minimumnya lebih rendah dari *existing rubber plug design* maka kemungkinan besar *chips* dapat keluar lebih sedikit. Hasil simulasi pada *existing rubber plug design* dapat dilihat pada Gambar 4-28 berikut.



Gambar 4-28 Hasil simulasi *coolant existing rubber plug design*

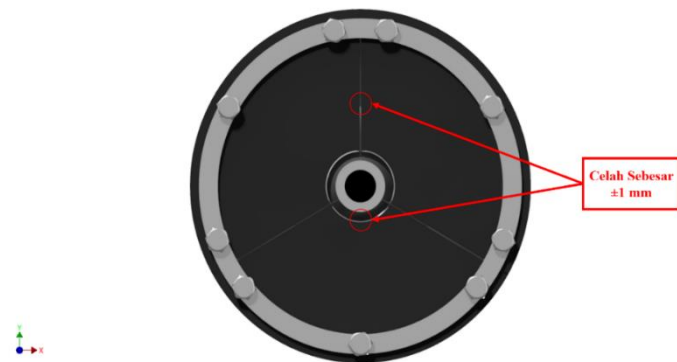
Lalu, untuk hasil simulasi pada *proposed rubber plug design 1* yang *rubber* bagian depannya dimajukan dapat dilihat pada Gambar 4-29 berikut.



Gambar 4-29 Hasil simulasi *coolant proposed rubber plug design 1*

Dari simulasi *coolant* yang dilakukan, desain ini memiliki persentase yang paling rendah dalam mengeluarkan *coolant*. Alasan hal tersebut dapat terjadi adalah karena adanya celah sebesar  $\pm 1$  mm pada bagian depan *rubber plug* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4-30 berikut.

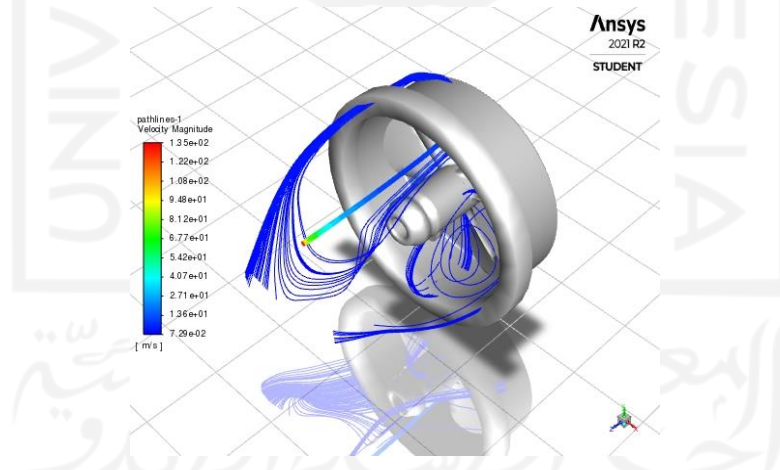




Gambar 4-30 Celah pada *proposed rubber plug design 1*

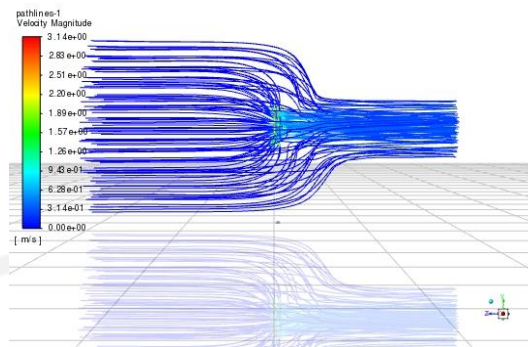
Sebenarnya, celah tersebut bertujuan memudahkan *w-axis* untuk mendorong *rubber* bagian depan dari *proposed rubber plug design 1* karena jika tidak ada celah sama sekali/rapat maka akan susah bagi *w-axis* untuk mendorong *rubber* tersebut. Akan tetapi, setelah dilakukan simulasi ternyata ada *coolant* yang menyangkut akibat celah tersebut.

Kemudian, untuk hasil simulasi pada *proposed rubber plug design 2* yang ditambahkan *propeller* dengan tujuan untuk mendorong *coolant* dan *chips* keluar dapat dilihat pada Gambar 4-31 berikut.



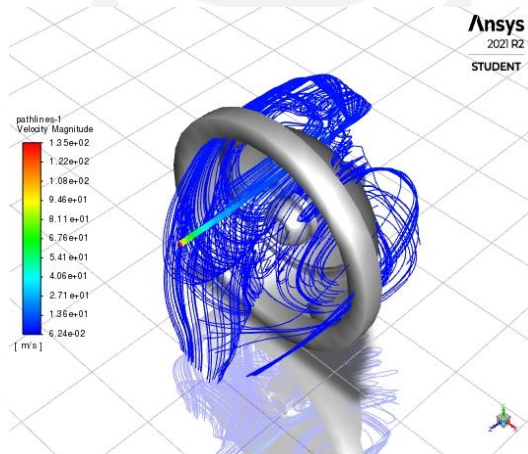
Gambar 4-31 Hasil simulasi *coolant proposed rubber plug design 2*

Penyebab utama mengapa desain ini memiliki persentase pengeluaran *coolant* yang paling tinggi adalah karena dorongan angin seperti yang ditunjukkan simulasi pada Gambar 4-32 berikut.



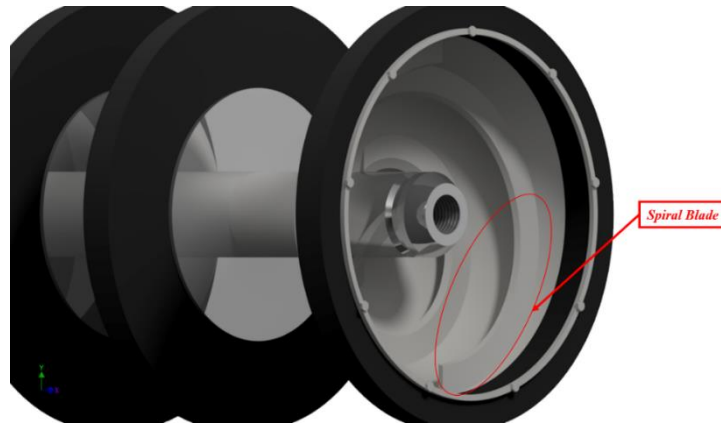
Gambar 4-32 Hasil simulasi angin pada *propeller*

Terakhir, untuk hasil simulasi pada *proposed rubber plug design 3* yang ditambahkan rangka seperti *mixer* pada truk molen dengan tujuan untuk membawa *coolant* dan *chips* keluar dapat dilihat pada Gambar 4-33 di bawah ini.



Gambar 4-33 Hasil simulasi *coolant proposed rubber plug design 3*

Desain alternatif ketiga dari simulasi yang dilakukan performanya paling buruk dalam hal persentase keberhasilan mengeluarkan *coolant* dan *chips*. Alasan hal tersebut dapat terjadi adalah karena adanya *spiral blade* seperti pada bagian belakang truk molen di bagian depan dari *proposed rubber plug design 3* tersebut yang menyebabkan *coolant* dan *chips* menyangkut. *Spiral blade* tersebut ditunjukkan pada Gambar 4-34 di bawah ini.



Gambar 4-34 *Spiral blade* pada *proposed rubber plug design 3*

Rangkuman perbandingan kecepatan minimum *coolant* dari masing-masing desain penulis rangkum pada Tabel 4-3 di bawah ini.

Tabel 4-3 Rangkuman perbandingan kecepatan minimum *coolant*

No.	Nama	Kecepatan Minimum <i>Coolant</i>
1	<i>Existing Rubber Plug Design</i>	0.051 m/s
2	<i>Proposed Rubber Plug Design 1</i>	0.029 m/s
3	<i>Proposed Rubber Plug Design 2</i>	0.072 m/s
4	<i>Proposed Rubber Plug Design 3</i>	0.062 m/s

Dari simulasi yang telah dilakukan *proposed rubber plug design 2* memiliki kecepatan minimum *coolant* yang paling tinggi yaitu sebesar 0.072 m/s.

#### 4.3.4 Perbandingan Jumlah Aliran *Coolant* yang Berhasil Keluar

Tentu saja dalam menentukan desain alternatif terbaik tidak hanya ditentukan dari kecepatan minimum saja. Faktor lainnya yang lebih berpengaruh adalah seberapa banyak aliran *coolant* yang berhasil keluar dari pipa. Jika kecepatan minimumnya tinggi tapi aliran *coolant* banyak yang terperangkap dalam pipa maka pada akhirnya *chips* akan tetap banyak yang

terperangkap di dalam pipa karena *coolant* yang juga terperangkap tidak dapat membawa *chips* keluar.

Hasil simulasi aliran *coolant* yang telah dilakukan dirangkum di Tabel 4-4 berikut.

Tabel 4-4 Rangkuman perbandingan jumlah aliran *coolant* yang berhasil keluar

No.	Nama	Aliran <i>Coolant</i>		Persentase <i>Coolant</i> Berhasil Keluar
		Berhasil Keluar	Terperangkap	
1	<i>Existing Rubber Plug Design</i>	53	15	77.9%
2	<i>Proposed Rubber Plug Design 1</i>	50	18	73.5%
3	<i>Proposed Rubber Plug Design 2</i>	66	2	97%
4	<i>Proposed Rubber Plug Design 3</i>	54	14	79.4%

Dari rangkuman di atas dapat disimpulkan bahwa persentase keberhasilan *proposed rubber plug design 2* dalam mengeluarkan *coolant* adalah yang paling tinggi yaitu sebesar 97%. Jika dibandingkan dengan *existing rubber plug design* yang persentasenya sebesar 77.9% maka ada peningkatan keberhasilan sebesar 19.1%.

#### 4.4 Kendala

Simulasi *chips* di *Ansys Fluent* tidak dilakukan karena hasil yang didapat akan tidak akurat. Alasan dari ketidakakuratan ini adalah simulasi

*DPM* mengasumsikan bentuk dari *chips* sebagai bola atau *sphere* dengan diameter 4 milimeter seperti pada Gambar 4-41 di bawah.



Gambar 4-35 Bola baja

Sumber: amazon.com

Sedangkan, bentuk sebenarnya dari *chips* adalah seperti gulungan atau *coil* seperti pada Gambar 4-42 berikut.



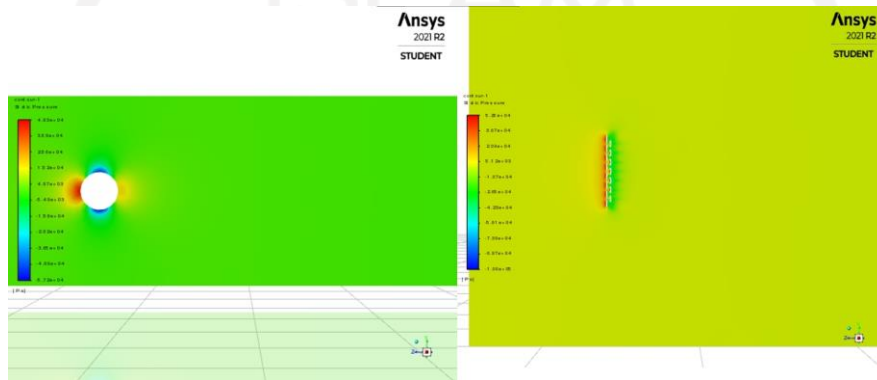
Gambar 4-36 *Chips*

Sumber: pinterest.com

Pada dasarnya, bentuk bola ini dapat diubah menjadi bentuk yang lain, contohnya seperti silinder. Akan tetapi, nilai *drag coefficient* dari silinder pasti tidak akan konstan karena bentuknya yang tidak *uniform*. *Ansys* mengasumsikan nilai *drag coefficient* selalu konstan (maka dari itu diasumsikan bentuknya *sphere* karena *drag coefficient* dari *sphere*

cenderung konstan), jika bentuk *sphere* tersebut diubah menjadi bentuk lainnya maka *drag coefficient* nya akan tetap sama, padahal harusnya berbeda (salah mengasumsikan model dari awal).

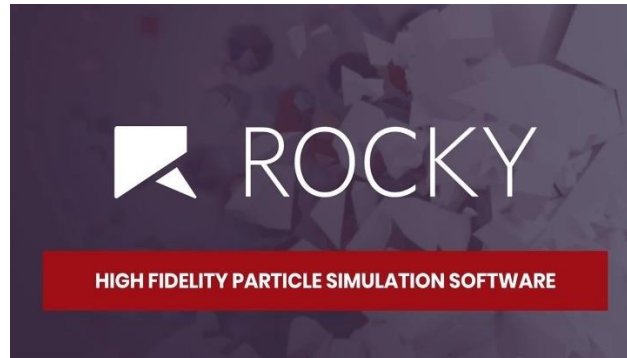
Jika bentuk bola ini dapat diganti dengan bentuk *chips* dalam kondisi sebenarnya, kemungkinan yang terjadi adalah persentase keberhasilan dalam mengeluarkan *chips* akan menurun. Dapat dilihat pada simulasi aliran air melewati bentuk bola dan bentuk *chips* pada Gambar 4-43 berikut bahwa tekanan pada *chips* lebih besar dibandingkan tekanan pada bola.



Gambar 4-37 Perbandingan tekanan pada permukaan *sphere* dan *chips*

Dengan kata lain gesekan *coolant* pada permukaan *chips* lebih besar. Akan tetapi, *chips* dalam kondisi riil akan terus berubah bentuk seperti melengkung, tidak tetap seperti bola, sehingga bentuk *chips* akan lebih susah menggelinding dibandingkan dengan bentuk bola. Selain itu, jumlah *chips* yang ada pada bagian depan *rubber plug* pasti akan semakin banyak seiring waktu proses pembubutan berjalan. Hal ini akan menyebabkan *chips* saling berkaitan antara satu dengan yang lain karena bentuknya yang seperti *coil* sehingga berat *chips* akan semakin meningkat. Peningkatan berat ini akan menyebabkan semakin sulitnya *coolant* untuk mendorong *chips* keluar.

Terdapat aplikasi yang dapat mengasumsikan bentuk *chips* sebagaimana yang ada di kenyataannya menggunakan simulasi *DEM*. Nama aplikasi tersebut adalah *Rocky* yang ditunjukkan pada Gambar 4-42 di bawah ini. Akan tetapi, karena aplikasi tersebut tidak ada *student version* nya maka penulis tidak menggunakan aplikasi tersebut.



Gambar 4-38 Rocky

Sumber: [digitallabs.edrmedeso.com](http://digitallabs.edrmedeso.com)



## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan pengembangan desain yang sudah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa telah berhasil dilakukan pengembangan desain yang mampu meminimalisir akumulasi *chips* di bagian depan *existing rubber plug design* dan mencegah *coolant* dan *chips* masuk ke dalam pipa. Desain tersebut adalah *proposed rubber plug design 2*. *Proposed rubber plug design 2* meningkatkan persentase keberhasilan dalam mengeluarkan *coolant* sebesar 19.1% dibandingkan dengan *existing rubber plug design*. Keberhasilan *proposed rubber plug design 2* ini disebabkan oleh *propeller* pada bagian depannya yang mendorong angin dan *coolant* keluar sehingga *coolant* dapat keluar lebih banyak dari dalam pipa.

#### **5.2 Saran**

1. Perlu dilakukan uji coba langsung untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.
2. Dalam melakukan simulasi di *Ansys* sebaiknya desain yang digunakan dilakukan simplifikasi karena jika desain sangat rumit maka saat dilakukan *meshing* dan kalkulasi di akhir akan memakan waktu yang lama.
3. Untuk mendapatkan hasil simulasi *coolant* dan *chips* yang lebih akurat dapat menggunakan aplikasi *Discrete Element Method (DEM)* seperti *Rocky*.



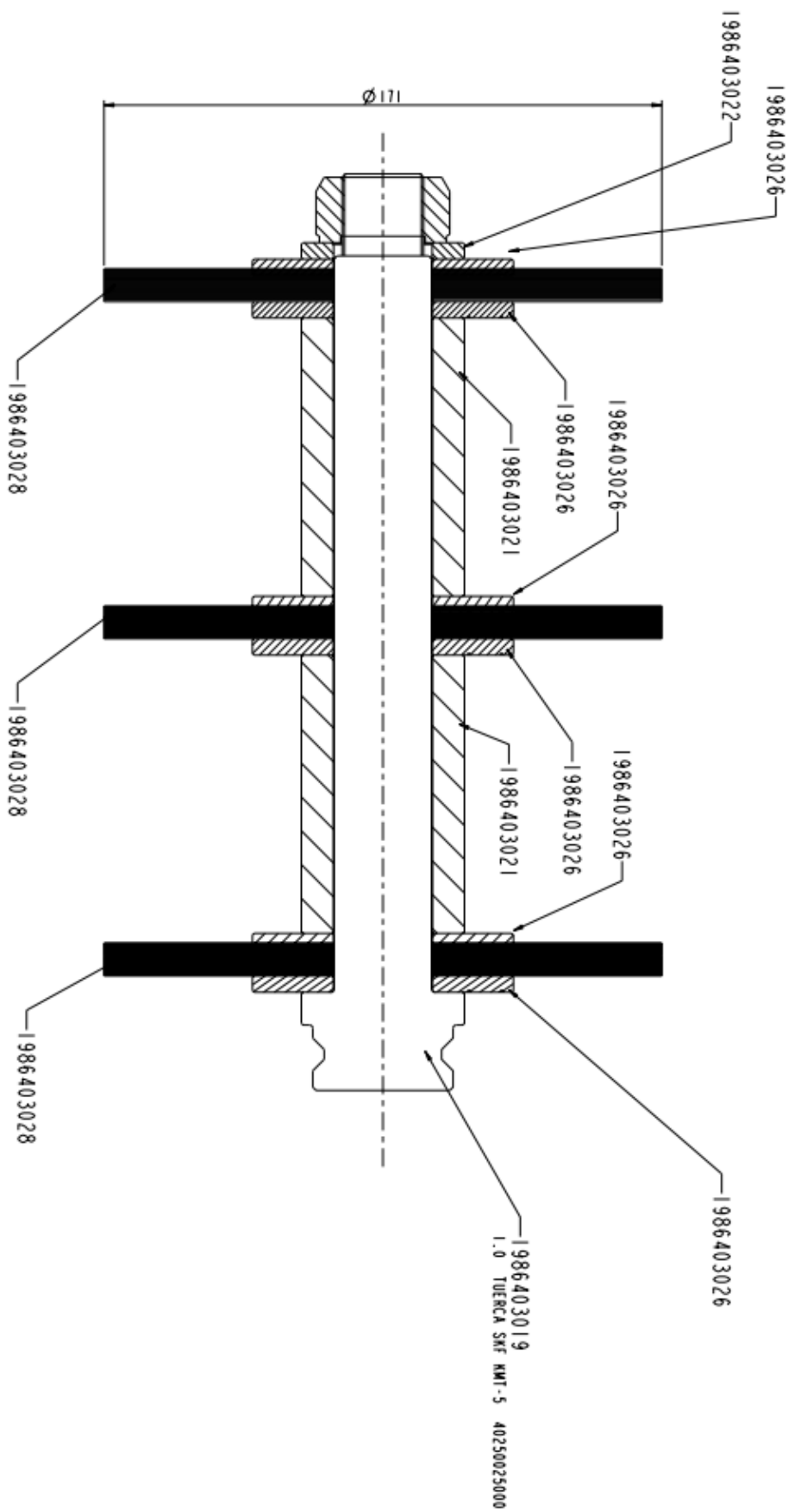
## DAFTAR PUSTAKA

- Arif, B. A. (2013). *Pengembangan Produk Sit-Up Bench yang Ergonomis di Mentari Sport Centre Surabaya*. UPN Veteran Jatim.
- Cao, S., He, F., & Gao, J. (2017). Corrosion problems in the oil country tubular goods and their mitigation—A review. *Anti-Corrosion Methods and Materials*, 64, 00–00.
- Chang, Q., Biller, S., Xiao, G., & Liu, J. (2010). Transient Analysis of Downtimes and Bottleneck Dynamics in Serial Manufacturing Systems. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 132.
- Craig, C. E., & Harris, R. C. (1973). *Total Productivity Measurement at the Firm Level*. 14(3), 13–29.
- Fang, Z., & Obikawa, T. (2020). Influence of cutting fluid flow on tool wear in high-pressure coolant turning using a novel internally cooled insert. *Journal of Manufacturing Processes*, 56, 1114–1125.
- Ladjamudin, A.-B. B. (2005). *Analisis dan Desain Sistem Informasi* (1st ed.). Graha Ilmu.
- Metal Cutting Technology Training Handbook*. (2010). AB Sandvik Coromant.
- Mishra, B. K., & Rajamani, R. K. (1992). The discrete element method for the simulation of ball mills. *Applied Mathematical Modelling*, 16(11), 598–604.
- Murty, A. S. R., & Naikan, V. (1995). Availability and maintenance cost optimization of a production plant. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 12, 28–35.
- Orona, J. D., Zorrilla, S. E., & Peralta, J. M. (2018). Sensitivity analysis using a model based on computational fluid dynamics, discrete element method and discrete phase model to study a food hydrofluidization system. *Journal of Food Engineering*, 237, 183–193.


- Pulat, B. Mustafa., & Alexander, D. C. (1991). *Industrial ergonomics: Case studies*. McGraw-Hill; /z-wcorg/.
- Sugino, M., Nakamura, K., Yamaguchi, S., Daly, D., Briquet, G., & Verger, E. (2010). Development of an innovative high-performance premium threaded connection for OCTG. *Proceedings of the Annual Offshore Technology Conference*.
- Tangen, S. (2002). *Understanding the concept of productivity*.
- Wendt, J. F., Jr, J. D., Degroote, J., Degrez, G., Dick, E., Grundmann, R., & Vierendeels, J. (2009). *Computational Fluid Dynamics: An Introduction*.
- Windmark, C., Ståahl, J., Gabrielson, P., & Andersson, C. (2012). A production performance analysis regarding downtime and downtime pattern.
- Woon, K. S., Tnay, G. L., Rahman, M., Wan, S., & Yeo, S. H. (2017). A computational fluid dynamics (CFD) model for effective coolant application in deep hole gundrilling. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 113, 10–18.

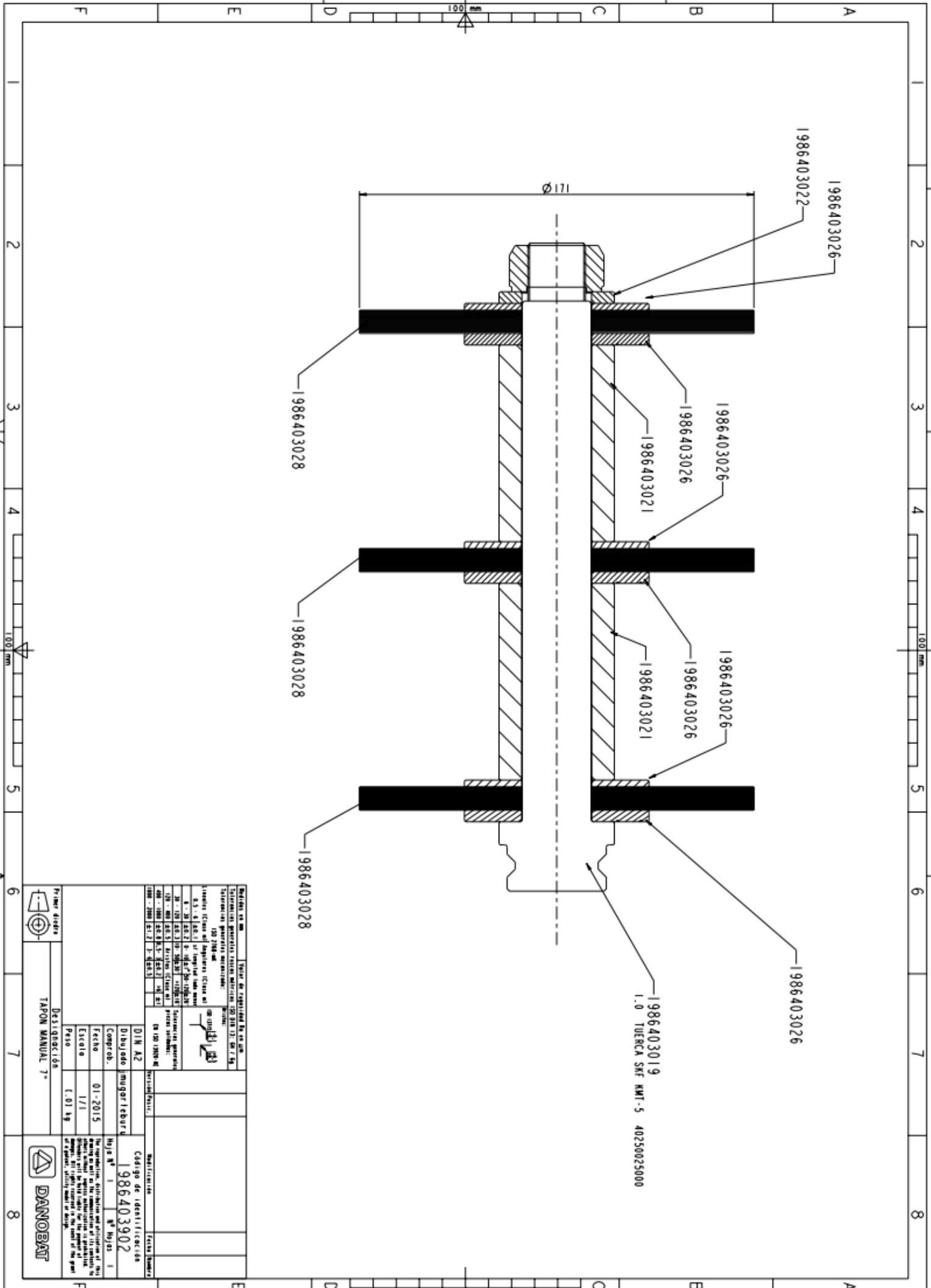
**LAMPIRAN**

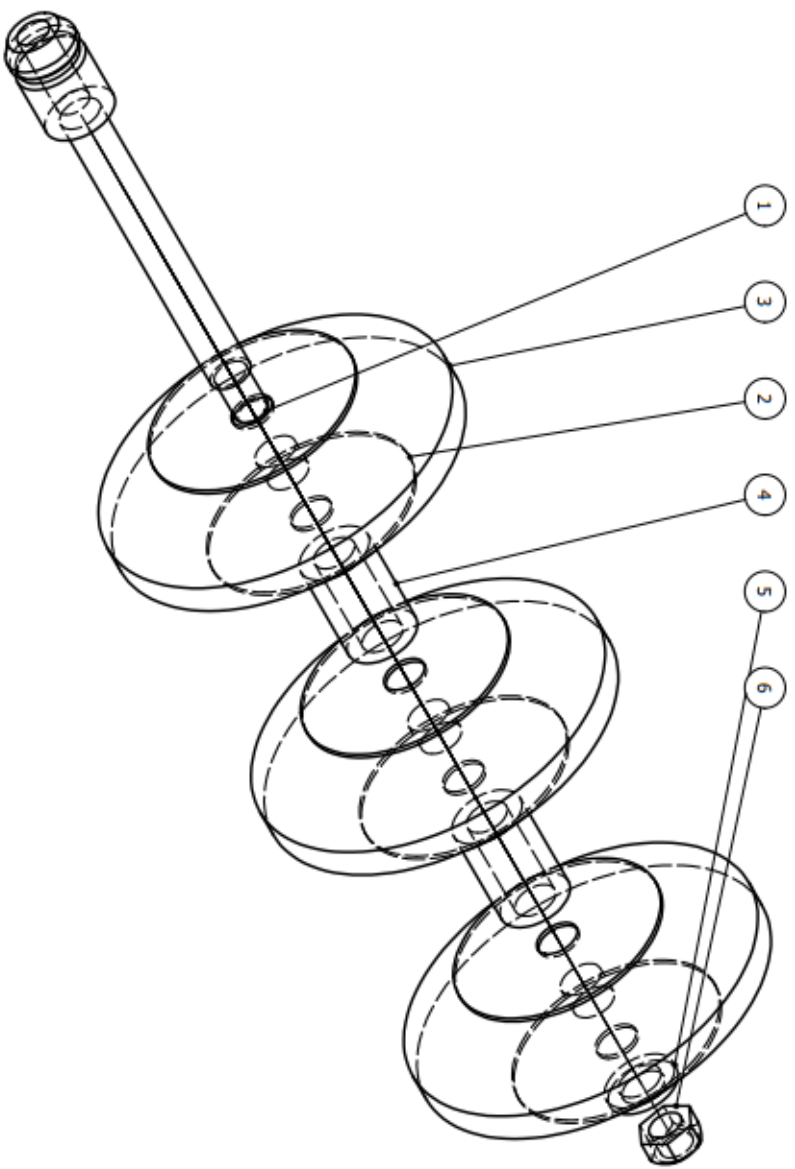




Escala: 1:1		Peso: 1.01 kg	
Fecha: 01-2015		Comprob.: 1/1	
Dibujado: mugarteburu		DIN A2	
Material: acero inoxidable		Material: acero inoxidable	
Código de identificación: 1986403902		Ficha técnica: 1986403902	
Hojas nº 1		nº hojas 1	

Primer dibujo  
 Descripción: TAPON MANUAL 7"  
  
**DANOBAT**



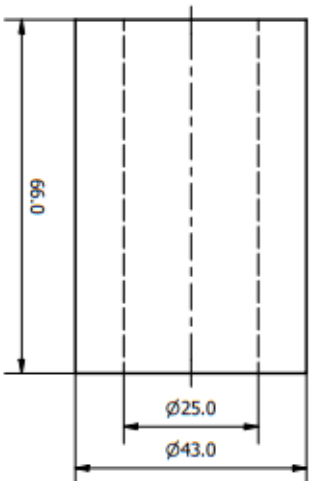
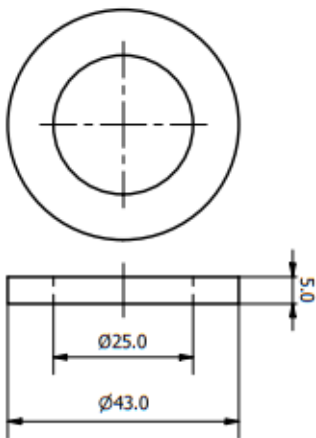
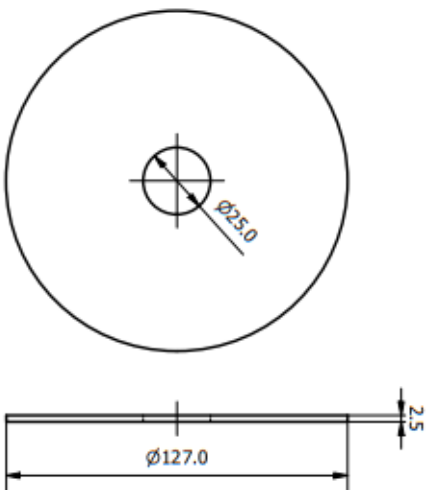
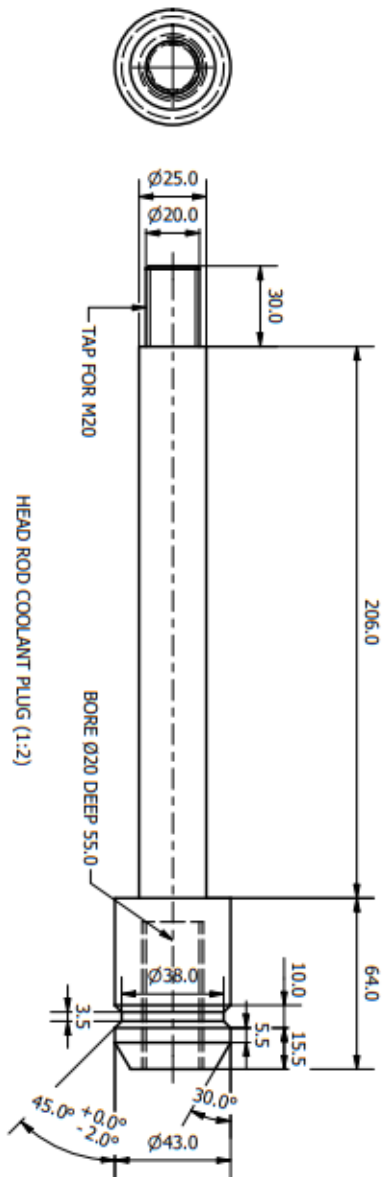


PARTS LIST

PART NUMBER	PART NAME	MATERIAL	QTY	DESCRIPTION
1	Head Rod Coolant Plug	Steel AISI 1050	1	
2	Steel Plate	Steel AISI 1050	6	
3	Rubber Plug	Rubber Shore A 30	3	Diameter Depends on the Pipe ID
4	Bushing	Steel AISI 1050	2	
5	Ring Plate	Steel AISI 1050	1	
6	Nut M20	Steel AISI 1050	1	



<p>Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Indonesia</p>	<p>Scale: 1:3 Unit: mm Date: 13-09-2021</p>	<p>Drawn By: Muhammad Reyhan Arief Helmi NIM: 17525014 Checked By: Faisal Arif N., S.T., M.Sc.</p>	<p>Note:</p>
<p>Rubber Plug</p>		<p>1/2</p>	<p>A2</p>



STEEL PLATE (1:2)

RING PLATE (1:1)

BUSHING (1:1)

PARTS LIST

PART NUMBER	PART NAME	MATERIAL	QTY	DESCRIPTION
1	Head Rod Coolant Plug	Steel AISI 1050	1	
2	Steel Plate	Steel AISI 1050	6	
3	Rubber Plug	Rubber Shore A 30	3	Diameter Depends on the Pipe ID
4	Bushing	Steel AISI 1050	2	
5	Ring Plate	Steel AISI 1050	1	
6	Nut M20	Steel AISI 1050	1	



Scale: NTS  
Unit: mm  
Date: 13-09-2021

Drawn By: Muhammad Reyhan Afef Helmi  
NIM: 17525014  
Checked By: Faisal Arif N., S.T., M.Sc.

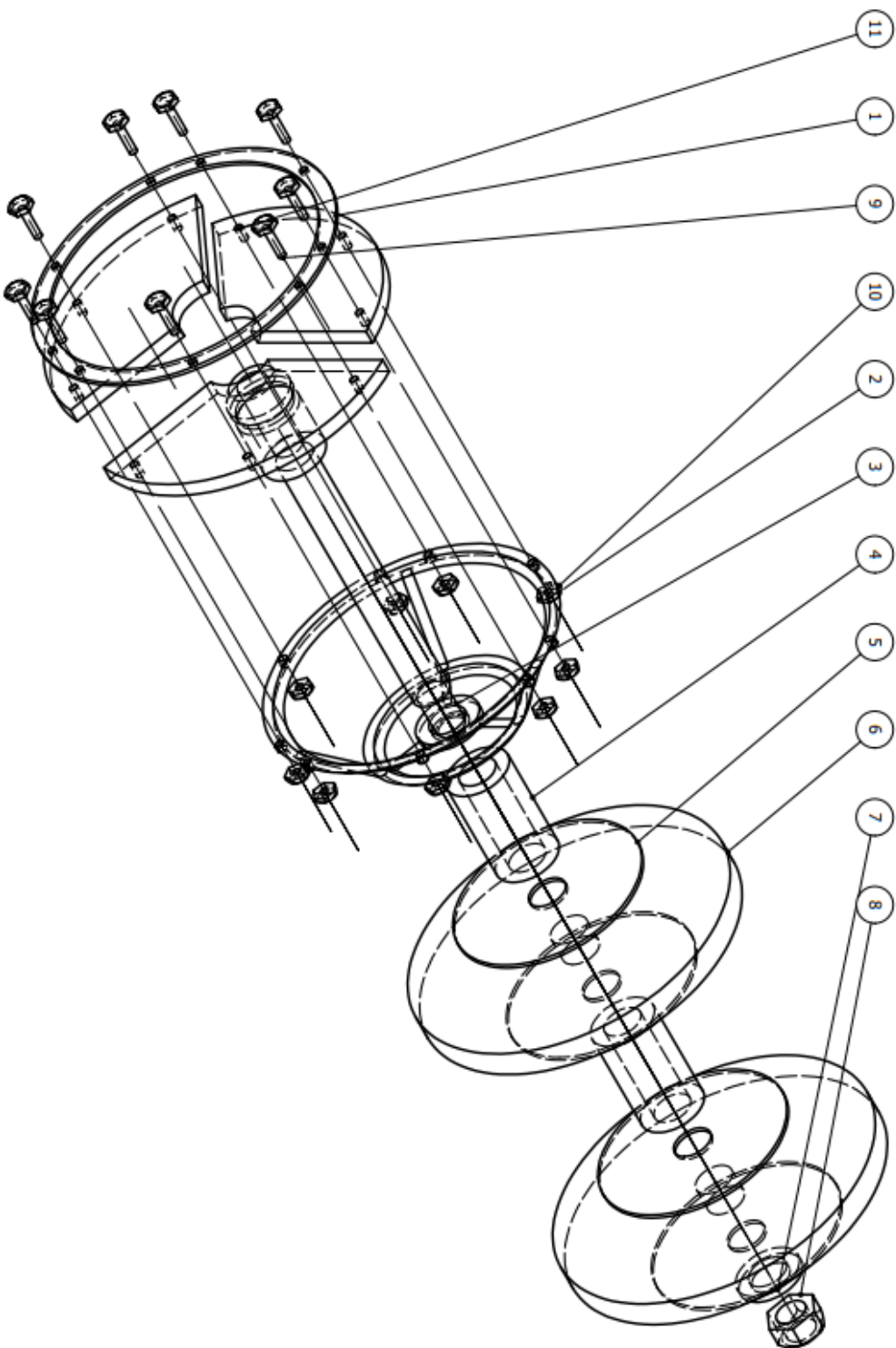
Note:

Rubber Plug

2/2

A2

Pond Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia



PARTS LIST

PART NUMBER	PART NAME	MATERIAL	QTY	DESCRIPTION
1	Rubber Plug V.2 Front Frame	Steel AISI 1050	1	
2	Rubber Plug V.2 Back Frame	Steel AISI 1050	1	
3	Head Rod Coolant Plug	Steel AISI 1050	1	
4	Bushing V.2	Steel AISI 1050	2	
5	Steel Plate	Steel AISI 1050	4	
6	Rubber Plug	Rubber Shore A 30	2	Diameter Depends on the Pipe ID
7	Ring Plate	Steel AISI 1050	1	
8	Nut M20	Steel AISI 1050	1	
9	Nut M5	Steel AISI 1050	9	
10	Bolt M5	Steel AISI 1050	9	
11	Front Rubber Plug V.2	Rubber Shore A 10	3	Diameter Depends on the Pipe ID



Scale: 1:3  
 Unit: mm  
 Date: 13-09-2021

Pirot Teknik Mesin  
 Fakultas Teknologi Industri  
 Universitas Islam Indonesia

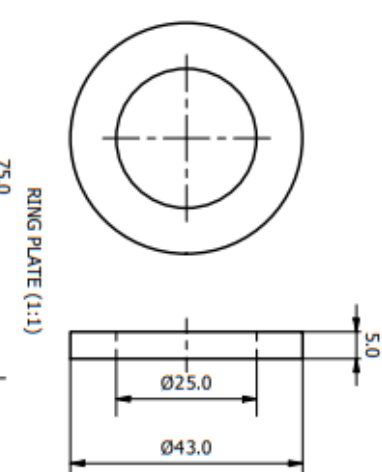
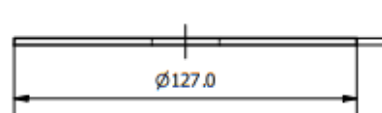
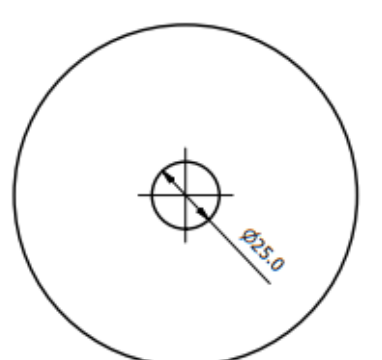
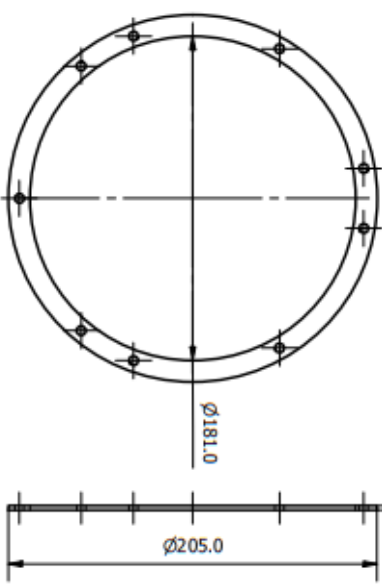
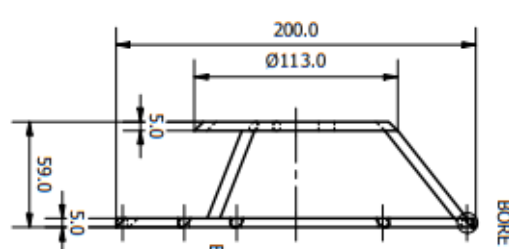
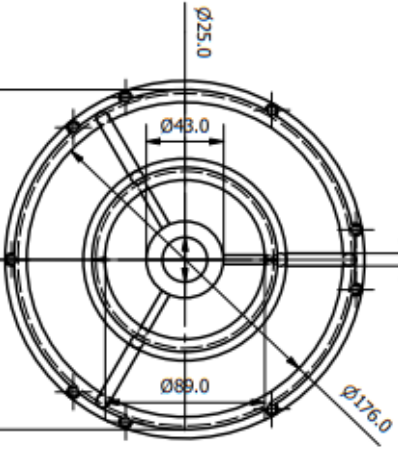
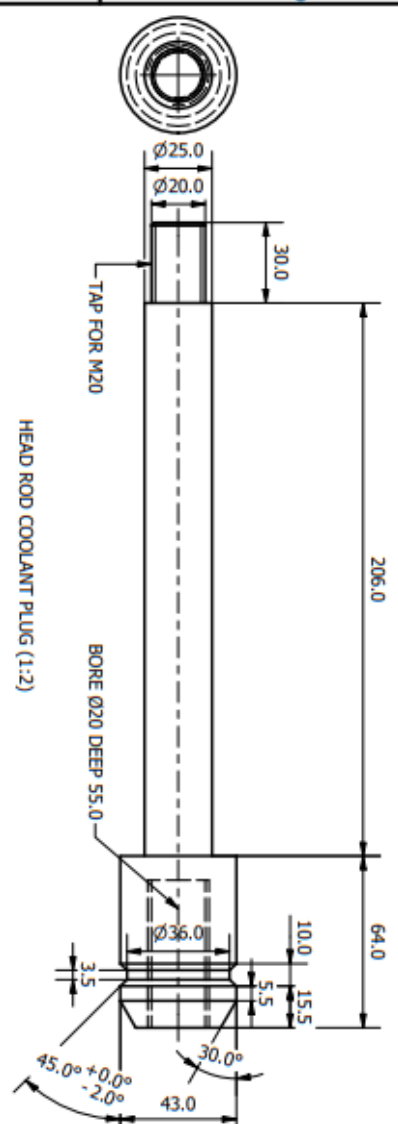
Drawn By: Muhammad Reyhan Anef Helmi  
 NIM: 17525014  
 Checked By: Faizal Arif N., S.T., M.Sc.

Note:

Proposed Rubber Plug Design 1

1/2

A2



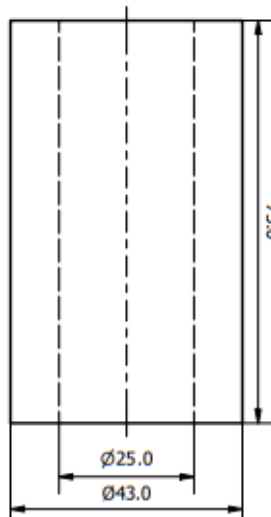
RUBBER PLUG V.2 FRONT FRAME (1:3)

STEEL PLATE (1:2)

RUBBER PLUG V.2 BACK FRAME (1:3)

RING PLATE (1:1)

PARTS LIST			
PART NUMBER	PART NAME	MATERIAL	QTY
1	Rubber Plug V.2 Front Frame	Steel AISI 1050	1
2	Rubber Plug V.2 Back Frame	Steel AISI 1050	1
3	Head Rod Coolant Plug	Steel AISI 1050	1
4	Bushing V.2	Steel AISI 1050	2
5	Steel Plate	Steel AISI 1050	4
6	Rubber Plug	Rubber Shore A 30	2
7	Ring Plate	Steel AISI 1050	1
8	NUT M20	Steel AISI 1050	1
9	NUT M5	Steel AISI 1050	9
10	Bolt M5	Steel AISI 1050	9
11	Front Rubber Plug V.2	Rubber Shore A 10	3



BUSHING V.2 (1:1)

Note:



Scale: NTS  
Unit: mm  
Date: 13-09-2021

Drawn By: Muhammad Reyhan Arif Helmi  
NIM: 17525014  
Checked By: Faical Arif N., S.T., M.Sc.

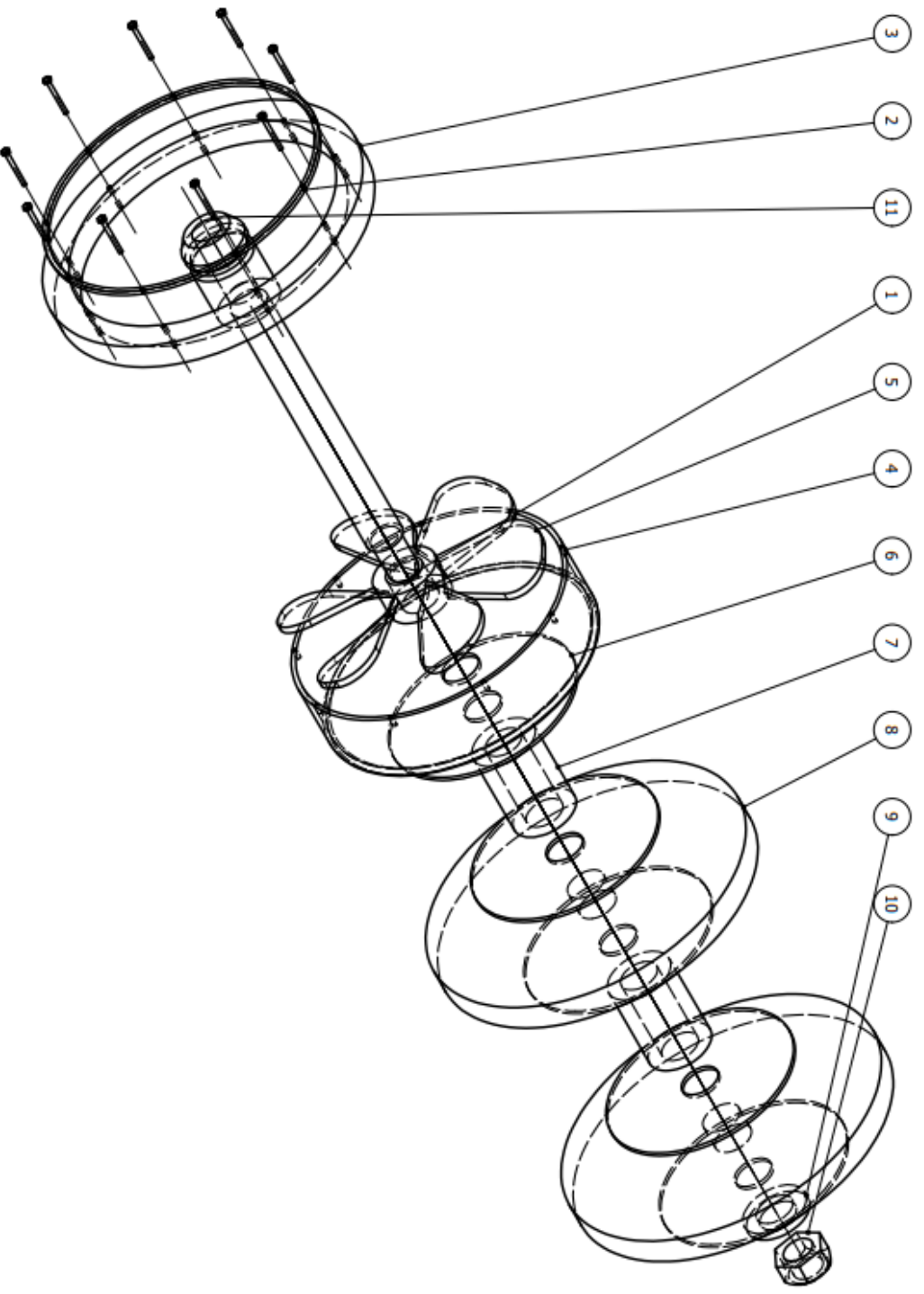
Proposed Rubber Plug Design 1

2/2

A2

Pond Teknik Mesin  
Fakultas Teknik Industri  
Universitas Islam Indonesia





PARTS LIST

PART NUMBER	PART NAME	MATERIAL	QTY	DESCRIPTION
1	Head Rod Coolant Plug	Steel A151 1050	1	
2	Rubber Plug V.3 Front Frame	Steel A151 1050	1	
3	Front Rubber Plug V.3	Rubber Shore A 30	1	Diameter Depends on the Pipe ID
4	Rubber Plug V.3 Back Frame	Steel A151 1050	1	
5	Propeller	Steel A151 1050	1	
6	Steel Plate	Steel A151 1050	5	
7	Bushing V.3	Steel A151 1050	2	
8	Rubber Plug	Rubber Shore A 30	2	Diameter Depends on the Pipe ID
9	Ring Plate V.3	Steel A151 1050	1	
10	Nut M20	Steel A151 1050	1	
11	Bolt M2.5	Steel A151 1050	9	



Scale: 1:3  
 Unit: mm  
 Date: 13-09-2021

Drawn By: Muhammad Reyhan Arif Helmi  
 NIM: 17525014  
 Checked By: Faisal Arif N., S.T., M.Sc.

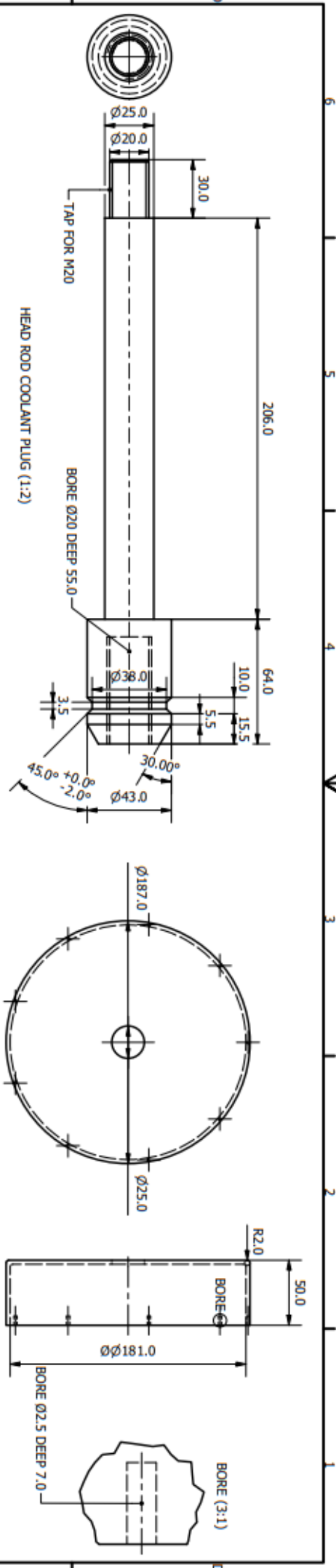
Note:

Proposed Rubber Plug Design 2

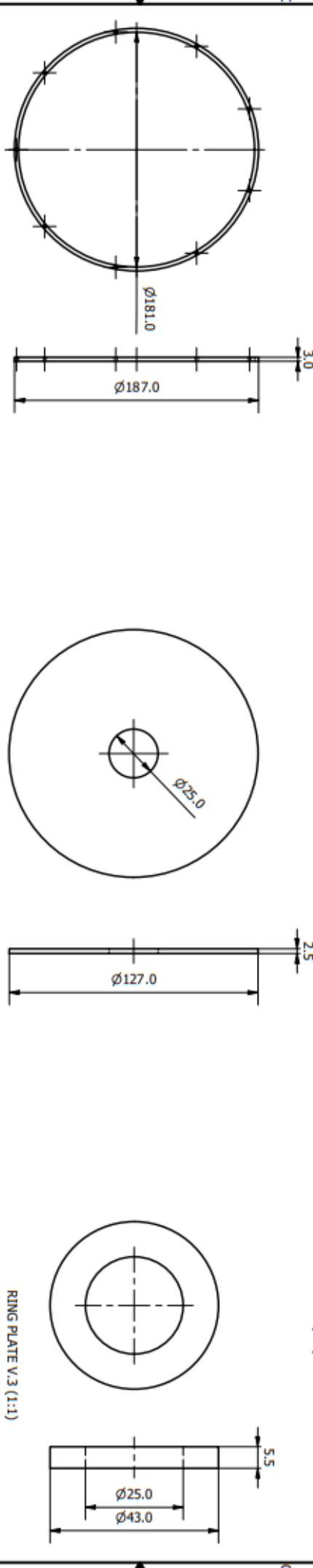
1/3

A2

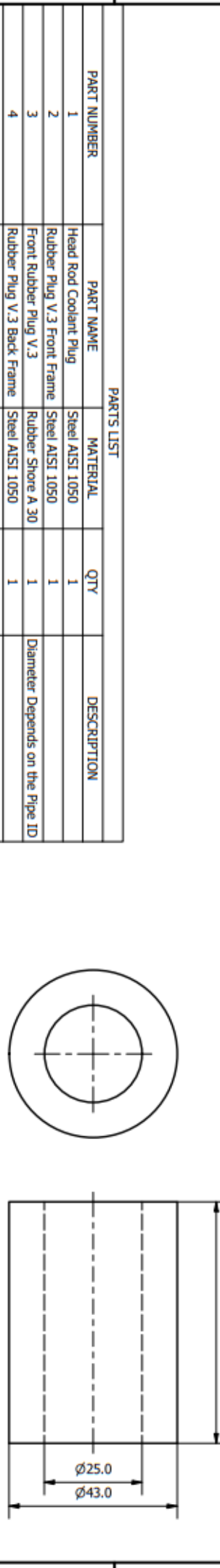
Piob Teknik Mesin  
 Fakultas Teknologi Industri  
 Universitas Islam Indonesia



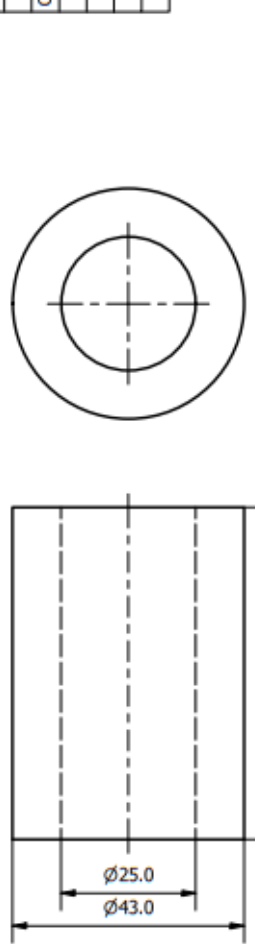
RUBBER PLUG V.3 BACK FRAME (1:3)



STEEL PLATE (1:2)



BUSHING V.3 (1:1)



PARTS LIST			
PART NUMBER	PART NAME	MATERIAL	QTY
1	Head Rod Coolant Plug	Steel AISI 1050	1
2	Rubber Plug V.3 Front Frame	Steel AISI 1050	1
3	Front Rubber Plug V.3	Rubber Shore A 30	1
4	Rubber Plug V.3 Back Frame	Steel AISI 1050	1
5	Propeller	Steel AISI 1050	1
6	Steel Plate	Steel AISI 1050	5
7	Bushing V.3	Steel AISI 1050	2
8	Rubber Plug	Rubber Shore A 30	2
9	Ring Plate V.3	Steel AISI 1050	1
10	Nut M20	Steel AISI 1050	1
11	Bolt M2.5	Steel AISI 1050	9

Prodi Teknik Mesin  
 Fakultas Teknologi Industri  
 Universitas Islam Indonesia

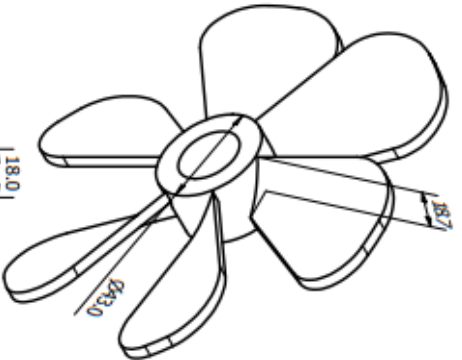
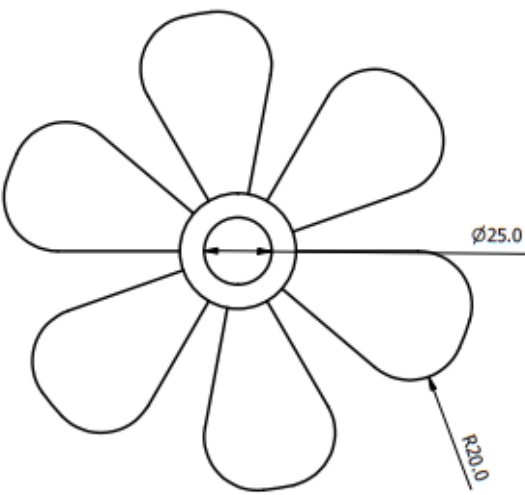
Scale: NTS  
 Unit: mm  
 Date: 13-09-2021

Drawn By: Muhammad Reyhan Afier Helmi  
 NIM: 17525014  
 Checked By: Faisal Arif N., S.T., M.Sc.

Note:  
 Proposed Rubber Plug Design 2

2/3

A2



PARTS LIST

PART NUMBER	PART NAME	MATERIAL	QTY	DESCRIPTION
1	Head Rod Coolant Plug	Steel AISI 1050	1	
2	Rubber Plug V.3 Front Frame	Steel AISI 1050	1	
3	Front Rubber Plug V.3	Rubber Shore A 30	1	Diameter Depends on the Pipe ID
4	Rubber Plug V.3 Back Frame	Steel AISI 1050	1	
5	Propeller	Steel AISI 1050	1	
6	Steel Plate	Steel AISI 1050	5	
7	Bushing V.3	Steel AISI 1050	2	
8	Rubber Plug	Rubber Shore A 30	2	Diameter Depends on the Pipe ID
9	Ring Plate V.3	Steel AISI 1050	1	
10	Nut M20	Steel AISI 1050	1	
11	Bolt M2.5	Steel AISI 1050	9	



Scale: 1:2  
 Unit: mm  
 Date: 13-09-2021

Pirol Teknik Mesin  
 Fakultas Teknologi Industri  
 Universitas Islam Indonesia

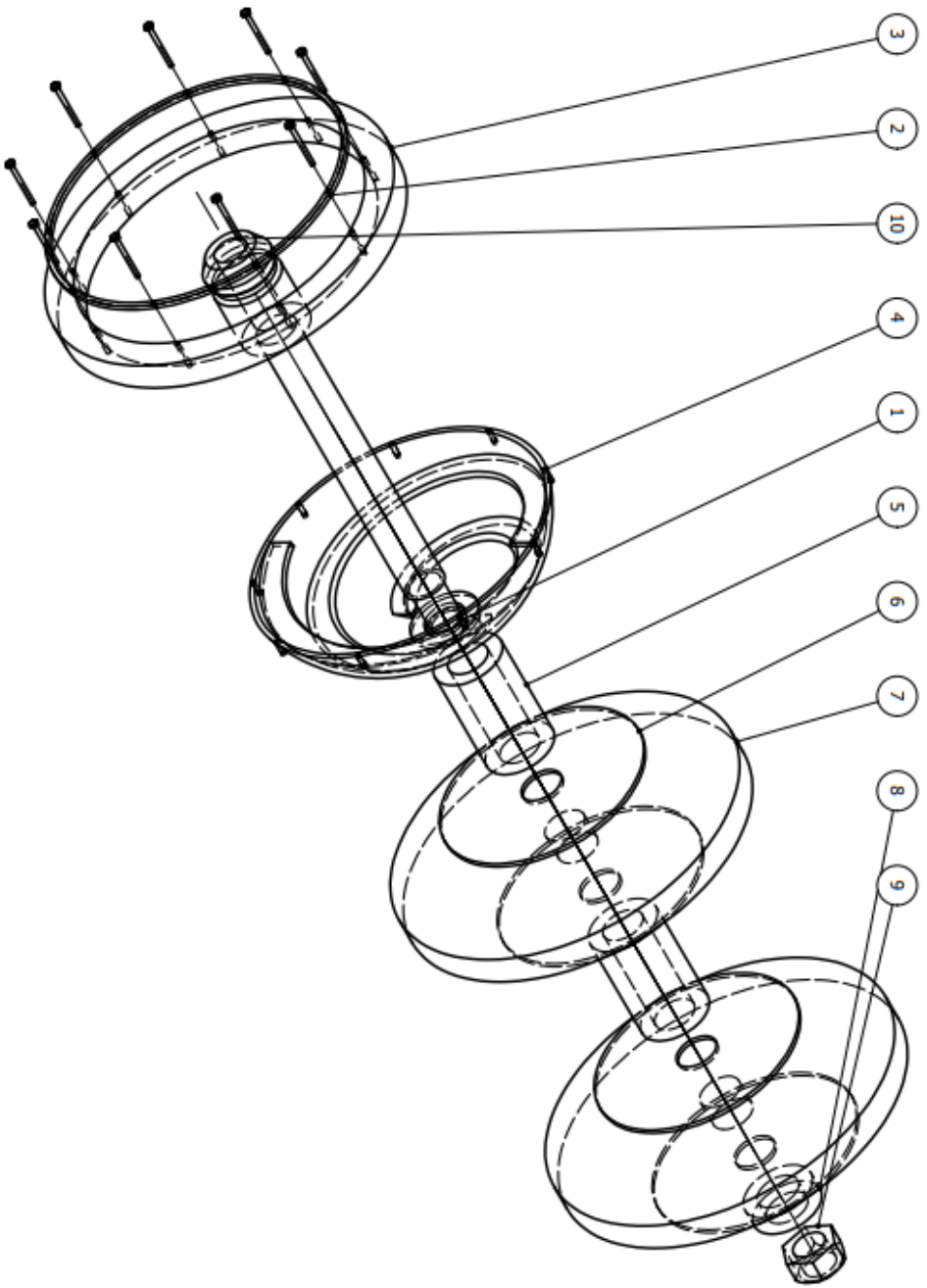
Drawn By: Muhammad Reyhan Arif Helmi  
 NIM: 17525014  
 Checked By: Faisal Arif N., S.T., M.Sc.

Note:

Proposed Rubber Plug Design 2

3/3

A2



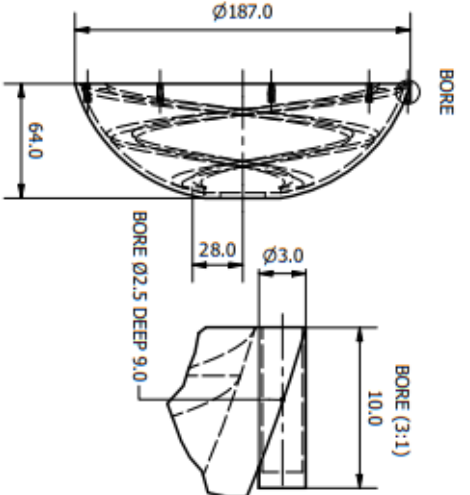
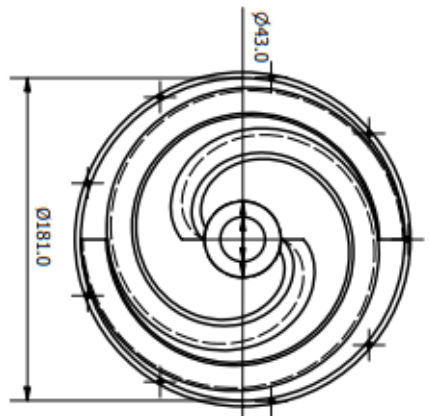
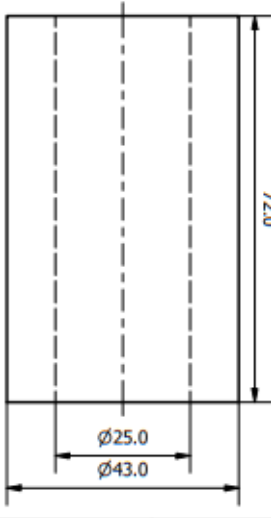
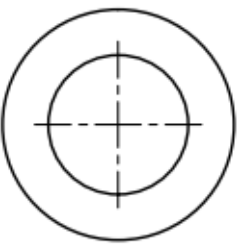
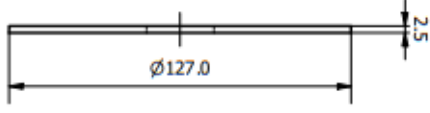
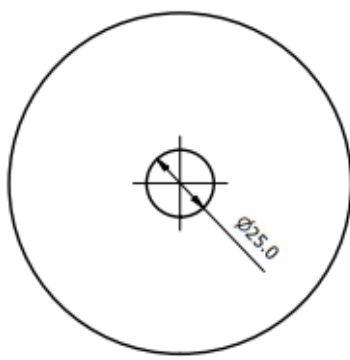
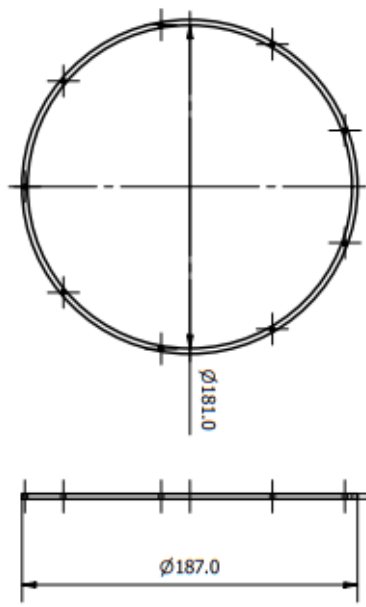
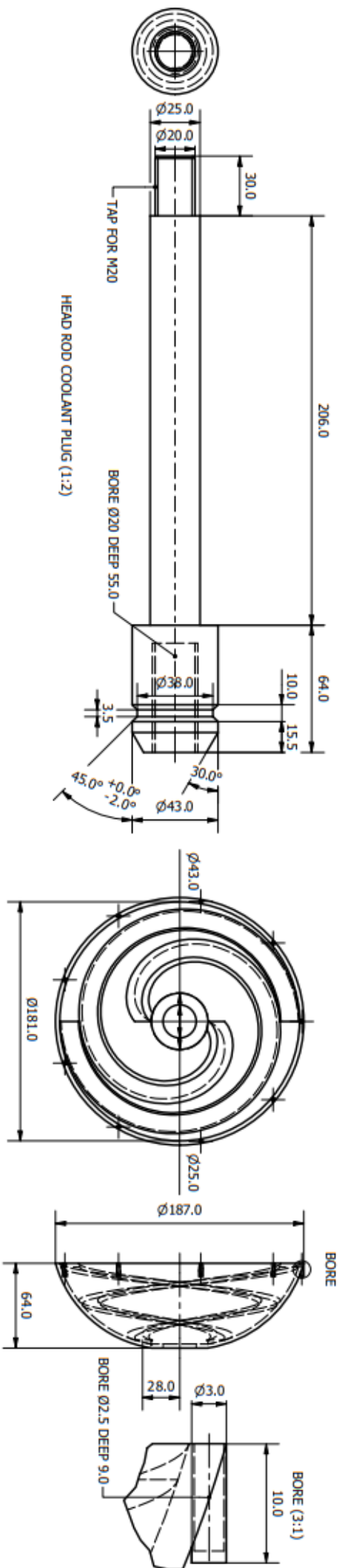
PARTS LIST

PART NUMBER	PART NAME	MATERIAL	QTY	DESCRIPTION
1	Head Rod Coolant Plug	Steel AISI 1050	1	
2	Rubber Plug V/4 Front Frame	Steel AISI 1050	1	
3	Front Rubber Plug V/4	Rubber Shore A 30	1	Diameter Depends on the Pipe ID
4	Mixer	Steel AISI 1050	1	
5	Bushing V/4	Steel AISI 1050	2	
6	Steel Plate	Steel AISI 1050	4	
7	Rubber Plug	Rubber Shore A 30	2	Diameter Depends on the Pipe ID
8	Ring Plate V/4	Steel AISI 1050	1	
9	Nut M20	Steel AISI 1050	1	
10	Bolt M2.5	Steel AISI 1050	9	



Scale: 1:3  
 Unit: mm  
 Date: 13-09-2021  
 Drawn By: Muhammad Reyhan Arif Helmi  
 NIM: 17525014  
 Checked By: Faizal Arif N., S.T., M.Sc.  
 Proposed Rubber Plug Design 3

Note:



RUBBER PLUG V/4 FRONT FRAME (1:3)

STEEL PLATE (1:2)

RING PLATE V/3 (1:1)

BUSHING V/4 (1:1)

PARTS LIST

PART NUMBER	PART NAME	MATERIAL	QTY	DESCRIPTION
1	Head Rod Coolant Plug	Steel AISI 1050	1	
2	Rubber Plug V/4 Front Frame	Steel AISI 1050	1	
3	Front Rubber Plug V/4	Rubber Shore A 30	1	Diameter Depends on the Pipe ID
4	Mixer	Steel AISI 1050	1	
5	Bushing V/4	Steel AISI 1050	2	
6	Steel Plate	Steel AISI 1050	4	
7	Rubber Plug	Rubber Shore A 30	2	Diameter Depends on the Pipe ID
8	Ring Plate V/4	Steel AISI 1050	1	
9	Nut M20	Steel AISI 1050	1	
10	Bolt M2.5	Steel AISI 1050	9	



Prodi Teknik Mesin  
Fakultas Teknik Industri  
Universitas Islam Indonesia

Scaler: NTS  
Unit: mm  
Date: 13-09-2021

Drawn By: Muhammad Reyhan Arif Helmi  
NIM: 17525014  
Checked By: Faizal Arif N., S.T., M.Sc.

Note:

# Certificate

This is to certify that

**Muhammad Reyhan Arief Helmi**

*Student of Bachelor of Mechanical Engineering  
Majoring Manufacturing  
Universitas Islam Indonesia*

has successfully completed  
**INTERNSHIP PROGRAM**  
*In Threading and Method Department*

Place : PT Citra Tubindo Tbk

Date : 14 September 2020 – 14 December 2020

HR Manager / Ludi Darmawan



NO	ITEM	SCORE	SCORE
1	Discipline	90	A
2	Team Work	90	A
3	Communication Skills	90	A
4	Initiative and Creativity	85	B
5	Diligence	90	A
6	Responsibility	90	A
7	Attitudes & Behavior	85	B
8	Achievement	90	A
9	Work Safety	90	A
10	Accuracy	85	B
11	English Proficiency	85	B
12	IT Literacy	85	B
13	Knowledge and Competence	85	B
	<b>Average</b>	<b>87,69</b>	<b>A</b>

**Remark:**

A : 86 - 100

B : 71 - 85

C : 56 - 70

D : 0 - 55

**Technical Skill**

Have good ability to collect and analysis data. Need more training for CNC operation.

**Ability to Complete Tasks**

Basically, all the task already completed. Having good methods to recap and analysis data.

Method Engineer / ANWAR SARIANTO

