LAPORAN MAGANG INDUSTRI

PT. LIQUI MOLY SURABAYA

(NOGOGENI ITS TEAM)

Disusun Oleh,

KEVIN TITO FARULIAN

10211710010058

PROGRAM STUDI S1 TERAPAN TEKNOLOGI

REKAYASA KONVERSI ENERGI

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI

FAKULTAS VOKASI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

2020

LEMBAR PENGESAHAAN

Yang bertandatangan dibawah ini

Nama	**:**
NIP	**:**
Jabatan	**:**

Menerangkan bahwa mahasiswa

Nama	**: Kevin Tito F.**
NRP	**: 10211710010058**
Prodi	**: S1 Terapan – Teknologi Konversi Energi.**

Telah menyelesaikan Magang Industri di

Nama Perusahaan	**: PT. LIQUI MOLY**
Alamat Perusahaan	**: Blok 1 No. 23-25, Jalan Kali Rungkut Ruko Mega Raya kali Rungkut, Panjang Jiwo, Kec. Tenggilis Mejoyo, Surabaya, Jawa Timur, 60292.**
Bidang	**: Penyedia Produk Pelumas dan zat aditif kendaraan bermotor.**
Waktu	**: 10 Agustus – 10 Desember 2020**

Surabaya,

Lie S. Hanafi

NIP

LEMBAR PENGESAHAAN

Laporan Magang Industri

PT LIQUI MOLY SURABAYA

PENGERJAAN *DRIVE TRAIN* NOGOGENI ITS TEAM

PADA AJANG *FORMULA SAE 2020*

Telah disetujui dan disahkan pada presentasi Laporan Magang Industri

Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya,

Dosen Pembimbing,

Rizaldy Hakim Ash Shiddieqy, ST., MT

NIP 1993201911071

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAAN..... i
LEMBAR PENGESAHAAN..... ii
DAFTAR ISI..... iii
DAFTAR GAMBAR.....v
DAFTAR TABEL..... vi
KATA PENGANTAR.....vii
BAB I PENDAHULUAN.....1
1.1 Profil Perusahaan..... 1
1.1.1 PT LIQUI MOLY..... 1
1.2 Lingkup Unit Kerja..... 2
1.3 Tujuan dan Manfaat Magang Industri.....3
1.4 Rencana dan Penjadwalan Kerja.....3
BAB II KAJIAN TEORI..... 5
2.1 *Formula Society of Automotive Engineers*..... 5
2.1.1 Sejarah Singkat FSAE..... 5
2.1.2 Sekilas Tentang Formula SAE Australasia..... 6
2.2 Komponen Kendaraan Formula SAE.....9
2.2.1 Chassis atau Frame..... 9
2.2.2 Sistem Penggerak.....10
2.2.3 Roda.....12
2.3 Komponen-komponen Powertrain..... 13
2.4 Final Drive.....19
2.5 Kriteria Dasar Desain..... 19
2.6 Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method*)..... 20
2.6.1 Konsep Dasar Metode Elemen Hingga.....20
2.6.2 Berbagai jenis Metode Elemen Hingga..... 22
2.6.3 Aplikasi.....24
BAB III AKTIVITAS DAN PENGERJAAN MAGANG.....26
3.1 Realisasi Kegiatan Magang Industri.....26
3.1.1 Tabel Timeline Pengerjaan Selama Magang Industri.....26

3.1.2. Penjelasan Singkat dari Timeline Pengerjaan.....27
3.2 Rapid Prototype.....28
3.2.1 Diagram Alir Pengerjaan.....29
3.2.2 Desain Parameter.....30
3.3 Garis Besar Dasar Pertimbangan Desain.....32
3.4 Desain Terapan.....32
3.4.1 Perhitungan Drivetrain.....35
3.5 Analisis FEA.....38
3.5.1 Pemilihan Material.....38
3.5.2 Proses Meshing.....39
3.5.3 Boundary Condition.....39
3.5.4 Uji Konvergensi.....40
3.6 Manufaktur Drivetrain.....40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....41
4.1 Perhitungan dan Hasil Analisa FEA.....41
4.2 Manufaktur Drive Train.....50
4.2.1 Carrier Diferensial.....50
4.2.2 Axle Shaft.....51
BAB V PENUTUP.....53
5.1 Kesimpulan.....53
5.1.1 Hasil Analisa Drivetrain.....53
5.1.2 Manufaktur yang digunakan.....53
5.2 Saran.....53
DAFTAR PUSTAKA.....55
LAMPIRAN.....58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Rencana dan Penjadwalan Kerja.....4
Gambar 2. 1 Chassis atau Frame FSAE.....9
Gambar 2. 2 Engine..... 10
Gambar 2. 3 Sistem Transmisi.....11
Gambar 2. 4 Diferensial FSAE..... 11
Gambar 2. 5 Final Drive..... 12
Gambar 2. 6 Roda FSAE.....12
Gambar 2. 7 Sprocket.....13
Gambar 2. 8 Chain atau Rantai..... 14
Gambar 2. 9 Differential..... 15
Gambar 2. 10 Carrier..... 16
Gambar 2. 11 Bearing..... 17
Gambar 2. 12 CV Joint..... 18
Gambar 2. 13 Axle Shaft.....19
Gambar 3. 1 Diagram Alir Pengerjaan Drivetrain..... 30
Gambar 3. 2 Sprocket and Chain..... 31
Gambar 3. 3 Ban Hoosier R25B 20,5 x 7-13.....34
Gambar 3. 4 Chain yang digunakan pada mobil Nogogeni ITS Team.....35
Gambar 3. 5 Komponen Drivetrain Mobil Formula SAE Nogogeni ITS Team....35
Gambar 3. 6 Assembly Drivetrain pada Mobil Formula SAE Nogogeni ITS Team 35
Gambar 3. 7 Material Properties AL 7075-T6.....38
Gambar 3. 8 Spesifikasi Mekanik Material..... 39
Gambar 4. 1 Proses Set-Up Carrier Diferensial.....46
Gambar 4. 2 Proses Meshing Carrier Differential..... 46
Gambar 4. 3 Grafik Equivalent Stress vs Total Element pada Konvergensi Mesh Carrier Differential.....47
Gambar 4. 4 Proses Set Up pada Axle Shaft.....48
Gambar 4. 5 Proses Meshing Axle Shaft..... 49
Gambar 4. 6 Grafik Konvergen Meshing axle shaft..... 50
Gambar 4. 7 Hasil Analisa Axle Shaft.....50
Gambar 4. 8 Proses Manufaktur Carrier..... 51
Gambar 4. 9 Proses Manufaktur Axle Shaft..... 51
Gambar 4. 10 Proses milling pada Pembuatan Axle Spline..... 52

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Waktu Kerja Magang Industri..... 4
Tabel 2. 1 Spesifikasi Engine Husaberg 450 FE.....30
Tabel 3. 1 Ratio Gear pada Engine..... 32
Tabel 4. 1 Data Konvergensi Mesh Carrier Diferensial.....47
Tabel 4. 2 Data konvergensi mesh axle shaft.....49

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan anugerahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Magang Industri ini. Pada kesempatan ini juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT. Selaku Kepala Departemen Teknik Mesin Industri
2. Bapak Rizaldy Hakim Ash Shiddieqy, ST., MT selaku dosen pembimbing Magang Indsutri
3. Bapak Lie Hanafie, ST. Selaku Pembimbing magang PT. LIQUI MOLY
4. Nogogeni ITS Team, sebagai wadah untuk melakukan riset serta anggota-anggota yang menjadi *support* pengerjaan.

Laporan Magang Industri ini disusun sedemikian rupa dengan dasar ilmu perkuliahan dan juga berdasarkan pengamatan langsung di Lapangan dan juga tanya jawab dengan pembimbing PT. LIQUI MOLY

Magang Industri ini merupakan kewajiban bagi mahasiswa di Fakultas Vokasi Departemen Teknik Mesin Industri. Penulis menyadari bahwa laporan ini tidak sempurna maka dari itu penulis sangat menerima saran dan kritikan yang sifatnya membangun.

Demikian laporan Magang Industri ini dibuat, semoga laporan ini dapat bermanfaat. Atas perhatian dan waktunya penulis mengucapkan terima kasih.

Surabaya, Desember 2020

Penulis

BAB I
PENDAHULUAN

Magang Industri merupakan salah satu kurikulum pada Departemen Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember, yang diwajibkan dilaksanakan dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan untuk dapat menyusun Tugas Sarjana.

Melalui magang industri, mahasiswa diharapkan dapat menerapkan teori-teori ilmiah yang diperoleh selama mengikuti perkuliahan untuk kemudian dapat dianalisa dan memecahkan masalah yang timbul dilapangan, serta memperoleh pengalaman yang berguna dalam mewujudkan pola kerja yang akan dihadapi nantinya setelah mahasiswa menyelesaikan studinya.

1.1 Profil Perusahaan

1.1.1 PT LIQUI MOLY

PT Liqui Moly, adalah sebuah perusahaan asal jerman yang menyediakan pelumas serta produk aditif yang digunakan pada kendaraan bermotor. Didirikan sejak tahun 1957 di Ulm, Liqui Moly terkenal lewat produk utama mereka oli yang telah ditambahkan zat aditif *Molibidenum Sulfida* yang diklaim mampu mencegah tingkat keausan pada ruang pembakaran yang tinggi. Saat ini, Liqui Moly telah memasarkan produknya hampir keseluruh dunia dengan lebih dari 4000 produk yakni, pelumas mesin dan roda gigi, pelumas rantai, hingaa produk perawatan peralatan berkendara lainnya seperti pembersih helm. Tidak hanya itu, Liqui Moly telah menjadi salah satu sponsor untuk kompetisi balap *Formula 1* dan Motogp.

PT Liqui Moly juga menjalin mitra dengan salah satu tim riset di Institut Teknologi Sepuluh Nopember yang bergerak dibidang otomotif, Nogogeni ITS Team. Liqui Moly menjadi salah satu *sponsor* yang mendukung dalam bentuk penyedia pelumasan untuk mobl hemat energi serta mobil *Formula SAE* miliki Nogogeni ITS Team. Kerjasama ini telah berlangsung sejak tahun 2019 dan berlanjut hingga saat ini yang

berkembang tidak hanya menjadi pendukung dalam keperluan perlombaan, namun juga memberika ruang bagi mahasiswa untuk melatih kemmapuan berwiraushaan, dan manajemen di PT Liqui Moly, dengan bentuk Magang Industri. Dalam program Magang Industri ini, anggota Nogogeni ITS Team diberikan pengarahaan dan praktek lapangan tentang bagaimana memanajemen sebuah usaha *service* atau *tune up* kendaraan bermotor.

a. **Visi dan Misi**
b. **Struktur Organisasi**
c. **Aspek Manajemen**
    1. **Aspek Produksi**.
    2. **Aspek Keuangan**
    3. **Aspek SDM**

1.2 Lingkup Unit Kerja

1. **Lokasi Unit Magang Industri**

   Workshop Nogogeni ITS Team, Departemen Teknik Mesin Industri, Kampus Institut Teknologi Sepuluh Nopember Sukolilo, Kec. Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur, 60111

2. **Lingkup Penugasan**

   Pada kegiatan magang industri kali ini. Nogogeni ITS Team sedang melakukan persiapaan dan pengerjaan guna berpartisipasi dalam *event* FSAE Australasia. Dalam partisipasinya kali ini, Nogogeni ITS Team ikut ambil andil dalam perlombaan statis (*static event*) yang terdiri dari *Design Event, Cost Report,* dan *Business Presentation.* Dalam laporan kegiatan magang industri ini, penulis ditugaskan untuk mengerjakan bagian *Business Presentation*, yang mana akan membahas cara memasarkan produk mobil *Formula student* milik Nogogeni ITS Team.

3. **Rencana dan Penjadwalan Kerja**

   Dalam pengerjaan dan pengerjaan kompetisi *Business presentation* FSAE Australasia 2020. Dibagai menjadi 3 tahapan yakni, persiapan,

pengumpulan data, dan penyusunan presentasi. Pengerjaan dilakukan mulai tanggal 10 Agustus 2020 sampai 10 Desember 2020, dengan jadwal hari kerja senin sampai dengan sabtu pukul 08:00 sampain 16:00.

4. Tujuan Pengerjaan

Adapaun kegiatan yang dikerjakan oleh mahasiswa dalam kegiatan magang industri ini bertujuan untuk:

1. Untuk mengetahui proses perancangan Drivetrain.
2. Untuk mengetahui proses analisa pada Drivetrain.

1.3 Tujuan dan Manfaat Magang Industri

Ada beberapa manfaat yang dapat diperoleh dari pelaksanaan Magang Industri ini baik dari pihak mahasiswa, perusahaan maupun perguruan tinggi, yaitu:

1. Bagi Mahasiswa

Dapat meningkatkan wawasan mahasiswa terhadap kondisi nyata perusahaan, meningkatkan kemampuan soft skill, menambah pengalaman pada suatu lingkup pekerjaan yang sesungguhnya dan serta keyakinan akan teori yang diperoleh dari perkuliahan.

2. Bagi Perguruan Tinggi

Tercipta pola kemitraan yang baik dengan perusahaan tempat mahasiswa melaksanakan Magang Industri mengenai berbagai persoalan yang muncul untuk kemudian di cari solusi bersama yang lebih baik.

3. Bagi perusahaan

Adanya masukan bermanfaat yang dapat digunakan untuk meningkatkan produktivitas perusahaan sesuai dengan hasil pengamatan yang dilakukan mahasiswa selama melaksanakan Magang Industri

1.4 Rencana dan Penjadwalan Kerja

Dalam pengerjaan dan pengerjaan kompetisi FSAE Australasia 2020. Dibagi menjadi 3 tahap yaitu Desain dan perancangan, Manufaktur, dan Perakitan pada mobil Formula Nogogeni ITS Team.

Dalam proses bekerja pasti dibutuhkan suatu penjadwalan dalam pekerjaan tersebut, berikut rancangan kerja/timeline pekerjaan yang saya buat berdasarkan proses pekerjaan saya.

NOGOGENI ITS TEAM

Formula SAE-A 2020

Project Start Date	8/10/2020 (Monday)	Display Week	1
Project Lead	Kevin Tito F.		

WBS	TASK	LEAD	START	END	DAYS	% DONE	WORK DAYS
1	**Powertrain**						
1.1	Studi Literatur dan Ketentuan Teknis	Kevin Tito F	Mon 8/10/20	Mon 8/17/20	6	100%	6
1.2	Pencarian Referensi		Tue 8/18/20	Sun 8/30/20	9	100%	9
1.3	Pembuatan Desain Konsep		Mon 8/31/20	Thu 9/10/20	9	100%	9
1.4	Pembuatan Desain Powertrain		Fri 9/11/20	Wed 9/30/20	14	100%	14
1.5	Perhitungan dan Simulasi		Thu 10/01/20	Thu 10/15/20	11	100%	11
1.6	Manufaktur Objek		Fri 10/16/20	Thu 12/10/20	40	100%	40
1.7	Pemasangan Powertrain pada mobil Formula Student		Fri 12/11/20	Sun 12/20/20	40	100%	6

Gambar 1. 1 Rencana dan Penjadwalan Kerja

Hari Kerja	Senin – Jumat
Jam Kerja	08.00 – 16.00

Tabel 1. 1 Waktu Kerja Magang Industri

BAB II

KAJIAN TEORI

2.1 *Formula Society of Automotive Engineers*

2.1.1 Sejarah Singkat FSAE

Formula SAE (Society of Automotive Engineers) merupakan kompetisi bagi mahasiswa diseluruh penjuru dunia untuk bersaing dalam pembuatan mobil *formula* mulai dari desain, manufaktur, hingga penjualan mobil tersebut yang diselenggarakan oleh *SAE International*. Sejarah diadakannya kompetisi ini diinisiasi oleh salah seorang dosen yang berasal dari *Houston University* (Texas) yaitu, Mark Marshek. Beliau menghubungi pihak *SAE Educational Relations Departement* pada tahun 1978, memberikan invoasi untuk perlombaan *Mini Baja* (sekarang disebut *Mini Indy*). Dari ide yang diberikan Mark Marshek tersebut akhirnya SAE tertarik dan menyetujui ide tersebut, dikarenakan berpotensi untuk menjalin relasi dengan perusahaan-perusahaan besar di bidang otomotif.

Tahun berselang tepatnya tahun 1980 seorang aisten professor bernama Ron Matthews dari *University of Texas*, Austin, Amerika Serikat. Memulai *UT Student* bagian dari *SAE* pada bulan Januari. Sebulan berselang, kompetisi *Mini Indy SAE* diseleggarakan dengan regulasi yang mengharurskan peserta menggunakan *Briggs & Stratton Engine* bertenaga 5 hp. Namun, sayangnya kompetisi tersebut (*Mini Indy SAE*) tidak berjalan dengan mulus, dan Ron Matthews bersama mahasiswa dari universitas yang sama melakuakn diskusi untuk mempertimbangkan regulasi baru yang lebih terbuka dan mampu menarik lebih banyak partisipan nantinya. Dari hasil diskusi mereka akhirnya ditetapkanlah kompetisi yang disebut dengan *Formula SAE* yang memperbolehkan pesertanya menggunakan mesin 4 langkah hingga *Wankles and diesels*. Lewar rancangan ini Proffesor Matthews menghubungi pihak *SAE,* dan memberikan antusias yang kemudian menyetujui gagasan Profesor Matthews dan keempat mahasiswanya tersebut.

Kompetisi *Formula SAE* pertama akhirnya diselenggarakan pada tahun 1981. Kompetisi perdana ini menjadi sebuah kompetisi nasional di Amerika Serikat dan diikuti oleh 4 universitas yaitu, *Stevens Institute, University of Tusla, University of Cincinnati,* dan *Univesrity of Texas at Austin* yang tidak lain ditunjuk sebagai tuan rumah. Event perdana ini juga akhirnya membuat produsen otomotif seperti *General Motors, Ford, Southwest Research Institute,* dan berbagai macam perusahaan pelumas ikut andil bagian menjadi dewan juri.[1]

2.1.2 Sekilas Tentang Formula SAE Australasia

Formula SAE (Society Automotive of Engineers) Australasia adalah sebuah kompetisi untuk tingkat mahasiswa yang diselenggarakan oleh SAE. Kompetisi ini dimulai sejak tahun 2000 hingga saat ini. Kompetisi ini awalnya diselenggarakan di tahun 2000 di You Yangs (Ford Proving Grounds), 2001 diselenggarakan di Lang Lang (Holden Proving Grounds), 2002 diselenggarakan di Carrum Downs (Country Fire Authority Training Ground), 2003 diselenggarakan di Tailem Bend (Mitsubishi Proving Ground), 2004-2013 diselenggarakan di Victoria University dan 2014-2017 diselenggarakan di Calder park, Melbourne. Pada tahun 2018-2019 diselenggarakan di Winton Motor Raceway. Dan pada tahun 2020 event FSAE-A diselenggarakan secara virtual karena kondisi wabah COVID-19, event ini akan diselenggarakan pada tanggal 14-18 Desember 2020.

Terdapat dua macam event dalam *Formula SAE Australasia*, yaitu *Static Event* dan *Dynamic Event*. *Static Event* meliputi Technical Inspection, Cost Event, Business Plan Presentation, dan Design Event. Dan pada Dynamic Event meliputi acceleration, skid pad, autocross, dan efficiency. Karena juara dari event tersebut ditentukan dari hasil akumulasi poin yang didapat dari berbagai sub event. Selain penghargaan yang didapat dari main event, masih terdapat banyak penghargaan lagi seperti, best rookie untuk pendatang baru terbaik, dan masih banyak penghargaan lagi. Adapun model kendaraan yang dikompetisikan dalam kejuaraan tersebut harus sesuai dengan peraturan yang telah ditetapkan oleh SAE, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1

1. Technical Inspection

   Pada tahap ini bertujuan untuk menyesuaikan antara kondisi mobil peserta dengan peraturan yang telah ditetapkan. Terdapat beberapa tahap didalam Technical Inspection ini antara lain, Initial Inspection, Mechanical Inspection, Driver Restraints, General Inspection, Electrical Inspection (EV), Tilt Test, Noise Test, Driver Cockpit Checks, Rain Test (EV). Jika kendaraan telah sesuai dan melalui semua Technical Inspection maka selanjutnya akan dilanjutkan dalam tahap Static Event dan Dynamic Event.

2. Static Event

   Pada tahap ini peserta hanya melakukan presentasi dihadapan dewan juri dengan kondisi mobil diam atau tidak berjalan. Terdapat beberapa sub event pada static event ini, antara lain:

   A. Design Event.

      Pada tahap Design Event ini peserta melakukan presentasi dihadapan dewan juri dalam konteks bentuk mobil dan tujuan perancangan mobil, jadi segala pertimbangan dan data yang dihasilkan dalam perancangan mobil harus dipaparkan dihadapan dewan juri.

   B. Cost Event

      Dalam tahap Cost Event ini peserta dituntut untuk melakukan presentasi terhadap pertanggungjawaban dalam biaya pembentukan mobil sesuai dengan standar biaya yang dilakukan oleh pihak SAE.

   C. Business Plan Presentation

      Didalam kejuaraan FSAE tidak hanya membahas tentang perancangan dan manufaktur mobil saja, tetapi didalam tahap ini peserta dituntut untuk melakukan presentasi dalam konteks pemasaran mobil yang telah dibuat secara logis.

3. Dynamic Event

Pada tahap ini peserta melakukan event dengan membutuhkan mobil dalam keadaan berjalan atau *running test*, didalam tahap Dynamic Event ini terdapat beberapa sub event, antara lain:

A. Acceleration Event

Pada tahap acceleration ini bertujuan untuk mengevaluas dan mengetahui performa mobil dari segi kecepatan kendaraan di lintasan lurus pada jalur ddatar sepanjang 75 meter. Pada event ini, mobil dituntut untuk berakselerasi dari kondisi diam untuk mencapai jarak tersebut dengan waktu secepat mungkin ditunjukkan pada gambar 2.2

B. Skidpad Event

Pada tahap skid-pad ini bertujuan untuk mengukur kemampuan belok dan akselerasi kendaraan pada lintasan datar dengan radius belok konstan. Berikut ini adalah gambar layout skidpad pada kompetisi FSAE ditunjukkan pada gambar 2.3. Dilakukan dua kali pengujian secara berurutan. Kendaraan masuk lurus kedalam lintasan ini dengan mengambil putaran pada lingkaran kanan sebanyak dua kali. Setelah itu langsung dilanjutkan dengan memutari lingkaran kiri sebanyak dua kali.

C. Autocross dan Endurance Event

Pada tahap autocross event pengemudi akan mengendarai kendaraan sebanyak 1 putaran penuh sekitar 934meter yang meliputi lintasan lurus, tikungan, dan slalom. Sedangkan pada tahap Endurance Event ini pengemudi menendarai kendaraan sebanyak 20 kali putaran penuh dengan layout lintasan yang sama dengan autocross event. Tujuannya untuk menguji kemampuan manuver dan ketahanan dari mobil yang sudah dibuat. Spesifikasi lintasan pada endurance *even*t:

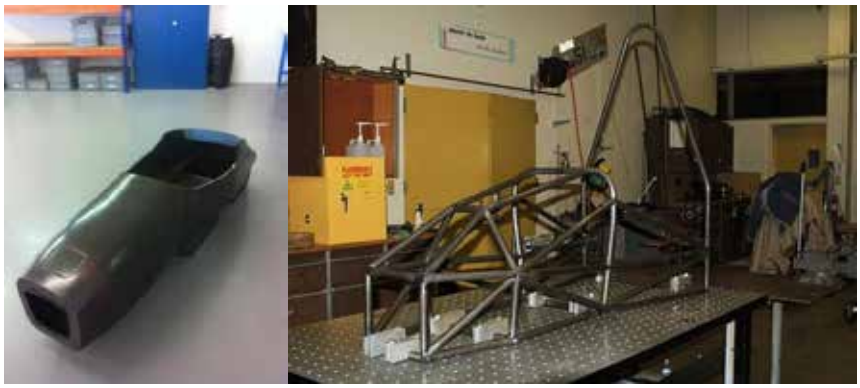
Lintasaan Lurus : Tidak lebih dari 77meter dengan putar balik kendaraan yang terletak

		diujung dengan lebar lintasan 61 meter
Belokan Konstan	;	Diameter 30meter sampai 54 meter
Belokan Putar Balik	:	Diameter liar minimal 9 meter
Slalom meter	:	Jarak antar cone 9meter sampai 15 meter
Miscellaaneous	:	Dengan standar minimum lebar track 4,5meter

2.2 Komponen Kendaraan Formula SAE

2.2.1 Chassis atau Frame

Chassis merupakan kerangka dasar dari kendaraan. *Frame* memiliki ruang untuk komponen yang akan diperbaiki kendaraan. FSAE (Formula Society of Automotive Engineers) adalah sebuah organisasi yang menyelenggarakan acara siswa formula di semua seluruh dunia. Sasis gaya Formula memiliki tipe yang berbeda Monocoque dan bingkai luar angkasa. Tapi Space Frame Chassis mudah dilakukan membuat dan mencapai kekakuan struktural sebagian besar siswa lebih memilih Space Frame



Gambar 2. 1 Chassis atau Frame FSAE

Sumber: https://www.arc-zone.com/blog/joewelder/2010/03/29/racing-to-the-finish/

2.2.2 Sistem Penggerak

1. Engine

Dalam perancangan mobil Formula SAE ini terdapat dua tipe penggerak yaitu dengan menggunakan Engine sebagai penggerak berbasis Internal Combustion dan Motor Listrik sebagai penggerak berbasis elektrik. Dalam perlombaan FSAE dua penggerak tersebut dimasukkan dalam kelas yang berbeda.

Di luar ukuran / berat / kesederhanaan yang jelas, ada tak terhitung yang sangat nyata manfaat kinerja untuk menjalankan mesin satu silinder. Sepeda motorcross dirancang untuk trek dengan jalan lurus pendek dan sudut sempit, sehingga kebutuhan daya nya sangat mirip jalur FSAE. Oleh karena itu, performa kendara, terutama di luar tikungan, sangat bagus karena torsi tinggi dan berkurangnya penekanan pada pergantian gigi. Ekonomi bahan bakar umumnya sebanding, jika tidak lebih baik. Penanganan juga ditingkatkan karena pusat gravitasi mesin (CG) secara dramatis lebih rendah dari mesin empat silinder bah basah. Bahkan mesin dry sump empat silinder saja menurunkan CG mereka satu atau dua inci.

Gambar 2. 2 Engine

Sumber: https://www.formulastudent.de/pr/news/details/article/pats-corner-bill-mitchell-rules-engine-choices/

2. Sistem Transmisi

Sistem Transmisi dalah sistem yang berfungsi untuk konversi torsi dan kecepatan (putaran) dari mesin menjadi torsi dan kecepatan yang berbeda-beda untuk diteruskan ke penggerak akhir. Konversi ini mengubah kecepatan putar yang tinggi menjadi lebih rendah tetapi lebih bertenaga, atau sebaliknya.

Gambar 2. 3 Sistem Transmisi

Sumber: http://www.multibody.net/teaching/msms/students-projects-2014/seamless-shifting/

3. Differential

Komponen ini berfungsi untuk menghantarkan tenaga dari transmission ke final drive kiri dan kanan

Gambar 2. 4 Diferensial FSAE

Sumber:https://www.behance.net/search/projects?search=FSAE&sort=recommended&time=month&ordinal=96

4. Final Drive

Komponen dari power train sebagai penggerak akhir yaitu menuju roda atau track. Fungsinya untuk melipat gandakan torque yang paling akhir/Mereduksi putaran akhir yang bertujuan untuk mendapatkan tenaga yang lebih besar.

Gambar 2. 5 Final Drive

Sumber:

https://www.burnpavement.com/upload/image/1307357912_2011-sprocket.jpg

2.2.3 Roda

Roda adalah objek berbentuk lingkaran, yang bersama dengan sumbu, dapat menghasilkan suatu gerakan dengan gesekan kecil dengan cara bergulir. Dalam perancangan mobil Formula SAE terdapat beberapa komponen dalam roda yaitu, Ban, Pelek, Upright, dan Wheel Hub.

Gambar 2. 6 Roda FSAE

Sumber: https://www.jakescherlis.com/16e

2.3 Komponen-komponen Powertrain.

1. Sprocket

   Sproket adalah roda bergerigi yang berpasangan dengan rantai, track, atau benda panjang yang bergerigi lainnya. Sproket berbeda dengan roda gigi; sproket tidak pernah bersinggungan dengan sproket lainnya dan tidak pernah cocok. Sproket juga berbeda dengan pulley di mana sproket memiliki gigi sedangkan puli pada umumnya tidak memiliki gigi. Sproket yang digunakan pada sepeda, sepeda motor, mobil, kendaraan roda rantai, dan mesin lainnya digunakan untuk mentransmisikan gaya putar antara dua poros di mana roda gigi tidak

   mampu menjangkaunya.

   Gambar 2. 7 Sprocket

   Sumber : https://www.aspshop.eu/sprocket-15-access-triton-450

2. Rantai

   Rantai dan gear/ sprocket merupakan bagian dari sistem pemindah tenaga pada kendaraan sepeda motor. Tanpa adanya rantai dan gigi sprocket maka roda belakang tidak akan dapat berfungsi sebagai penggerak kendaraan. Rantai terdapat pada sebeda motor dengan tipe bebek dan sport (tidak terdapat pada tipe sepeda motor matic). Rantai roda pada sepeda motor ini berfungsi untuk meneruskan putaran mesin

dari counter shaft transmisi ke roda belakang melalui gear atau sprocket, sehingga roda belakang berputar dan mendorong laju kendaraan.

.

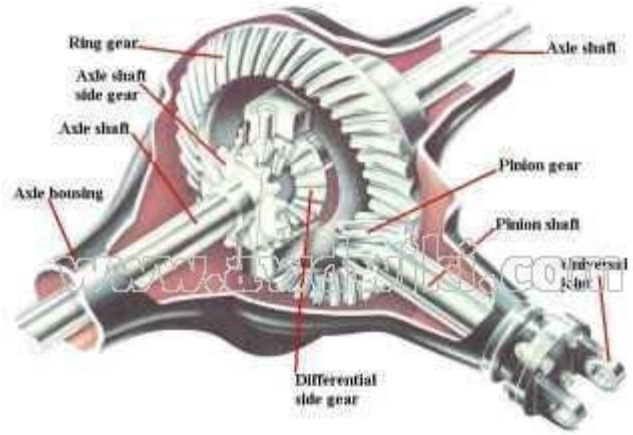
Gambar 2. 8 Chain atau Rantai

Sumber : https://indosaranatama.com/jual-roller-chains/

3. Diferensial

Diferensial dalam bahasa zeeb *differential gear*, yaitu suatu peranti yang berfungsi memberikan perbedaan putaran (yang berlainan) antara kedua roda, dalam hal ini roda belakang. Diferensial ini terdiri atas susunan roda roda gigi yang berbentuk kerucut (bevevl drive pinion). Roda - roda gigi khusus yang berbentuk roda gigi kerucut ini disebut juga cardan atau di Indonesia lebih dikenal dengan sebutan gardan. Pada umumnnya konstruksi dasar dari diferensial adalah dua roda yang masisng - masing ujung poros dipasang dengan sebuah roda gigi kerucut. Kedua roda gigi kerucut ini disebut roda gigi samping (side gear), yang selanjutnya dihubungkan dengan dua roda gigi kerucut lain yang berukuran lebih kecil yang disebut roda gigi diferensial atau differential pinion sehingga keempat roda gigi tersebut saling berkaitan. Apabila kedua poros tersebut diputar dengan kecepatan putaran yang sama, amaka roda - roda gigi diferensial akan ikut terbawa bergerak bersama roda - roda gigi samping, tetapi tak akan berputar pada porosnya. Akan tetapi kalau salah satu dari kedua poros tersebut diputar

dengan kecepaptan putaran yang berbeda, yaitu sedikit lambat atau bahkan diam sama sekali, maka akan mengakibatkan roda gigi tersebut tidak sekadar akan bergerak mengelilingi poros roda melainkan juga akan berputar terhadap sumbunya. Roda - roda gigi diferensial ditempatkan didalam sebuah keotak kecil yang berhubungan dengan sebuah roda gigi kerucut besar yang dapat diputar bebas pada salah satu porors roda (umumnya sebelah kiri) yang disebut roda gigi mahkota (crown wheel) atau disebut juga roda gigi cincin. Roda gigi mahkota ini kemudian dihubungka dengan roda gigi pinion yang dipasang pada roda gigi poros gardan. Dengan demikian poros roda gigi gardan dapat memutar roda roda belakang menurut putaran yang dapat disesuaikan dengan kondisi jalanan. Jadi apabila mobil berjalan lurus, roda roda gigi diferensial tidak akan berputar pada porosnya, sehingga roda belakang mobil yang terletak disebelah luar dapat berputar lebih cepat.



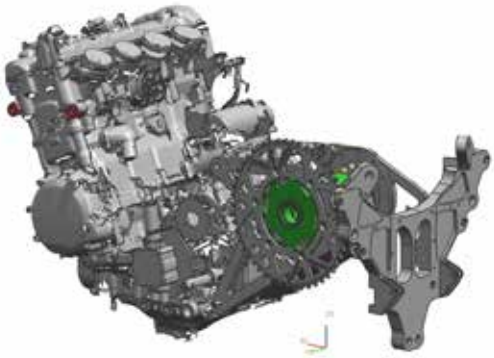
Gambar 2. 9 Differential

Sumber : https://www.awdwiki.com/en/differential/

4. Carrier

Carrier adalah sebuah komponen untuk mendukung kerja dari differential. Fungsi carrier ini digunakan sebagai dudukan differential yang terletak pada frame mobil Formula Student. Dudukan diferensial akan dipasang ke sekat belakang. Sekat ini kaku pada arah y dan z tetapi relatif lemah pada arah x. Persyaratan terakhir untuk dudukan

diferensial adalah lokasi diferensial. Sproket depan dan belakang tidak dapat saling tumpang tindih. Juga yang terbaik untuk standar kopling homokinetik tidak berada di bawah sudut. Artinya, garis tengah differential harus terletak pada garis tengah roda belakang. Gambar 3.5 menunjukkan bagaimana dudukan diferensial dan dudukan diferensial cocok dengan perakitan mobil. Tampil adalah mesin di kiri dan sekat belakang di kanan.



Gambar 2. 10 Carrier

Sumber: Barker, Tom. *Drivetrain Design for FSAE (2009)*

5. Bearing

   Bearing (bantalan) adalah elemen mesin yang menumpu poros yang mempunyai beban, sehingga putaran atau gerakan bolak-baliknya dapat berlangsung secara halus,aman, dan mempunyai umur yang panjang. Bearing harus cukup kokoh untuk memungkinkan poros serta elemen mesin lainnya bekerja dengan baik. Jika bearing tidak berfungsi dengan baik maka prestasi seluruh sistem tidak dapat bekerja secara semestinya.

Gambar 2. 11 Bearing

Sumber : https://www.indiamart.com/proddetail/fag-ball-bearing-12820499412.html

6. CV Joint

CV Joint adalah komponen drive shaft yang berfungsi untuk meneruskan putaran dari transmisi ke roda penggerak mobil. Di dalam CV joint terdapat pelumas yang memastikan CV joint bekerja dengan baik. CV joint ditutup dengan boot CV joint yang menjamin supaya grease pelumas tidak keluar dan kotoran tidak masuk ke dalam CV joint. Jika boot cv joint rusak maka grease akan bocor keluar dari CV joint, lalu air juga bisa masuk dan merusak drive shaft karena dapat menyebabkan karatan pada CV joint.

Gambar 2. 12 CV Joint

Sumber: https://bacabrosur.blogspot.com/2019/02/jenis-cv-joint-constant-velocity-joint.html

7. *Axle Shaft*

   Axle Shaft atau Poros Penggerak roda adalah salah satu komponen sistem pemindah tenaga, merupakan poros penggerak roda-roda dimaa roda-roda dipasang pada *axle shaft* sehingga beban roda ditumpu oleh *axle shaft*. *Axle shaft* berfungsi untuk meneruskan tenaga gerak dari differential ke roda-roda. *Axle shaft* pada kendaraan dibedakan menjadi dua yakni *front A*xle shaft dan *rear axle shaft*. Pada kendaran Dront *Engine Front Drive*, *Front axle sha*ft sebagai penggerak, sedangkan pada kendaraan tipe *Front Engine Drive*, *rear axle shaft* sebagai penggerak. Sedangkan pada kendaraan *Four Wheel Drive* atau *All Wheel Drive*, *front axle shaft* maupun *rear axle shaft* sebagai sama-sama sebagai penggerak

Gambar 2. 13 Axle Shaft

Sumber: https://www.rcvperformance.com/mercedes-g-wagen-w460-high-strength-long-front-axle-shaft.html.

2.4 Final Drive

Penggerak terakhir adalah pengurangan antara gearbox dan diferensial. Karena tidak mungkin menyesuaikan rasio kotak roda gigi, kecepatan tertinggi mobil ditentukan oleh penggerak akhir.

Gearbox adalah salah satu tipe sequential artinya untuk mengganti persneling Anda perlu menggeser ke atas atau ke bawah lalu kembali ke posisi netral. Tidak mungkin mengganti dua gigi dalam satu waktu. Pegas internal pada kotak roda gigi memastikan bahwa tuas persneling kembali ke posisi netral setelah persneling diganti.

2.5 Kriteria Dasar Desain

Ada beberapa kendala yang berlaku untuk semua aspek merancang drivetrain dari mobil bergaya formula dan berikut ini dibahas secara rinci di sebagian besar bagian berikut sedemikian rupa sehingga powertrain lengkap dirancang korespondensi dengan regulasi FSAE

Berat: Penurunan berat badan adalah keinginan, yang berlaku untuk setiap orang aspek drivetrain tersebut. Pengurangan berat ini memungkinkan kendaraan untuk mempertahankan rasio tenaga terhadap berat maksimum.

Daya Tahan / Keandalan: Sangat penting bagi kami untuk berkembang desain drivetrain yang kuat yang memungkinkan tenaga maksimum dan torsi

untuk disalurkan ke roda dan ban. Itu drivetrain lengkap dirancang untuk menahan yang tidak terduga kekuatan dan tekanan eksternal.

Estetika / Kerapian: Salah satu aspek penting dalam pembuatan drivetrain atau kendaraan lengkap adalah kerapian. Semua sistem yang dikaitkan dengan mobil FSAE berjalan dengan baik diproduksi. Jika ini tidak dipertimbangkan

akan menghasilkan majelis yang ceroboh dan estetika negative kualitas.

Kinerja: Fokus tahun ini adalah berkreasi desain yang tahan lama ada keinginan untuk memiliki segalanya tampil baik untuk memungkinkan tim tidak hanya menyelesaikan, tetapi juga unggul di kompetisi

2.6 Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method*)

Metode elemen hingga adalah metode yang paling banyak digunakan untuk memecahkan masalah teknik dan model matematika. Bidang masalah tipikal yang diminati meliputi bidang tradisional analisis struktur, perpindahan panas, aliran fluida, transportasi massa, dan potensial elektromagnetik. FEM adalah metode numerik tertentu untuk menyelesaikan persamaan diferensial parsial dalam dua atau tiga variabel ruang (yaitu, beberapa masalah nilai batas). Untuk memecahkan masalah, FEM membagi sistem besar menjadi bagian-bagian yang lebih kecil dan lebih sederhana yang disebut elemen hingga. Hal ini dicapai dengan diskritisasi ruang tertentu dalam dimensi ruang, yang diimplementasikan dengan konstruksi jaring objek: domain numerik untuk solusi, yang memiliki jumlah titik yang terbatas. Rumusan metode elemen hingga dari masalah nilai batas akhirnya menghasilkan sistem persamaan aljabar. Metode ini mendekati fungsi yang tidak diketahui melalui domain

2.6.1 Konsep Dasar Metode Elemen Hingga

Pembagian seluruh domain menjadi beberapa bagian yang lebih sederhana memiliki beberapa keuntungan:

- Representasi akurat dari geometri kompleks
- Pencantuman sifat material yang berbeda
- Representasi yang mudah dari solusi total
- Tangkap efek lokal.

Pekerjaan khas dari metode ini melibatkan membagi domain masalah menjadi kumpulan subdomain, dengan setiap subdomain diwakili oleh satu set persamaan elemen ke masalah asli, diikuti oleh [11] secara sistematis menggabungkan kembali semua set persamaan elemen menjadi sistem persamaan global untuk kalkulasi akhir. Sistem persamaan global telah mengenal teknik penyelesaian, dan dapat dihitung dari nilai awal masalah asli untuk mendapatkan jawaban numerik.

FEM paling baik dipahami dari aplikasi praktisnya, yang dikenal sebagai analisis elemen hingga (FEA). FEA sebagaimana diterapkan dalam teknik adalah alat komputasi untuk melakukan analisis teknik. Ini mencakup penggunaan teknik pembuatan mesh untuk membagi masalah kompleks menjadi elemen-elemen kecil, serta penggunaan program perangkat lunak yang dikodekan dengan algoritma FEM. Dalam menerapkan FEA, masalah kompleks biasanya berupa sistem fisik dengan fisika yang mendasari seperti persamaan berkas Euler-Bernoulli , persamaan kalor , atau persamaan Navier-Stokes yang dinyatakan dalam PDE ataupersamaan integral , sedangkan elemen-elemen kecil yang terbagi dari masalah kompleks merepresentasikan area yang berbeda dalam sistem fisik.

FEA adalah pilihan yang baik untuk menganalisis masalah pada domain yang rumit (seperti mobil dan jaringan pipa minyak), ketika domain berubah (seperti selama reaksi solid-state dengan batas bergerak), ketika presisi yang diinginkan bervariasi di seluruh domain, atau ketika solusi tidak memiliki kelancaran. Simulasi FEA menyediakan sumber daya yang berharga karena mereka menghapus beberapa contoh pembuatan dan pengujian prototipe keras untuk berbagai situasi dengan ketelitian tinggi. [12] Misalnya, dalam simulasi tabrakan frontal, akurasi prediksi dapat ditingkatkan di area "penting" seperti bagian depan mobil dan menguranginya di bagian belakang (sehingga mengurangi biaya simulasi). Contoh lain adalah prediksi cuaca numerik, di mana lebih penting untuk memiliki prediksi yang akurat atas fenomena nonlinier yang berkembang

(seperti siklon tropis di atmosfer, atau pusaran di laut) daripada di daerah yang relatif tenang.

2.6.2 Berbagai jenis Metode Elemen Hingga.

1. AEM

   The Applied Element Method (AEM) menggabungkan fitur dari Metode Elemen Hingga dan Metode Elemen Diskrit (DEM).

2. Metode Elemen Hingga Umum

   Metode elemen hingga umum (GFEM) menggunakan ruang lokal yang terdiri dari fungsi, tidak harus polinomial, yang mencerminkan informasi yang tersedia tentang solusi yang tidak diketahui dan dengan demikian memastikan perkiraan lokal yang baik. Kemudian sekat kesatuan digunakan untuk "mengikat" ruang-ruang ini bersama-sama untuk membentuk subruang yang mendekati. Efektivitas GFEM telah ditunjukkan ketika diterapkan pada masalah dengan domain yang memiliki batas yang rumit, masalah dengan skala mikro, dan masalah dengan lapisan batas.

3. Metode Elemen Hingga Campuran

   Metode elemen hingga campuran adalah jenis metode elemen hingga di mana variabel independen tambahan diperkenalkan sebagai variabel nodal selama diskritisasi masalah persamaan diferensial parsial

4. Variabel Polinomial

   Hp-FEM menggabungkan adaptif, unsur dengan ukuran variabel h dan polinomial derajat p untuk mencapai sangat cepat, tingkat konvergensi eksponensial

5. XFEM

   Metode Elemen Hingga Diperpanjang(XFEM) adalah teknik numerik berdasarkan metode elemen hingga umum (GFEM) dan metode partisi kesatuan (PUM). Ini memperluas metode elemen hingga klasik dengan memperkaya ruang solusi untuk solusi persamaan diferensial dengan fungsi terputus-putus. Metode

elemen hingga yang diperluas memperkaya ruang aproksimasi sehingga secara alami dapat mereproduksi fitur menantang yang terkait dengan masalah yang diminati: diskontinuitas, singularitas, lapisan batas, dll. Telah ditunjukkan bahwa untuk beberapa masalah, seperti embedding fitur masalah ke dalam ruang aproksimasi dapat secara signifikan meningkatkan tingkat konvergensi dan akurasi. Selain itu, mengobati masalah dengan diskontinuitas dengan XFEM menekan kebutuhan untuk menyambung dan menyambung kembali permukaan diskontinuitas,sehingga mengurangi biaya komputasi dan kesalahan proyeksi yang terkait dengan metode elemen hingga konvensional, dengan biaya membatasi diskontinuitas ke tepi mesh

Beberapa kode penelitian menerapkan teknik ini ke berbagai tingkatan: 1) GetFEM ++; 2) xfem ++ ;3) openxfem ++

XFEM juga telah diimplementasikan dalam kode seperti Altair Radio, ASTER, Morfeo, dan Abaqus. Ini semakin banyak diadopsi oleh perangkat lunak elemen hingga komersial lainnya, dengan beberapa plugin dan implementasi inti aktual tersedia (ANSYS, SAMCEF, OOFELIE, dll.

6. Metode Elemen Hingga Batas Berskala (SBFEM)

   Pengenalan metode elemen hingga batas berskala (SBFEM) berasal dari Song dan Wolf (1997). [17] SBFEM telah menjadi salah satu kontribusi paling menguntungkan di bidang analisis numerik dari masalah mekanika fraktur. Ini adalah metode tanpa solusi fundamental semi-analitis yang menggabungkan keuntungan dari formulasi elemen hingga dan prosedur serta diskritisasi elemen batas. Namun, tidak seperti metode elemen batas, tidak diperlukan solusi diferensial mendasar.

7. S-FEM

S-FEM, *Smoothed Finite Element Methods*, adalah kelas tertentu dari algoritma simulasi numerik untuk simulasi fenomena fisik. Ini dikembangkan dengan menggabungkan metode meshfree dengan metode elemen hingga

8. Metode Elemen Spektral.

   Metode elemen spektral menggabungkan fleksibilitas geometris elemen hingga dan akurasi akut metode spektral. Metode spektral adalah solusi perkiraan dari persamaan parsial bentuk lemah yang didasarkan pada interpolant Lagrangian orde tinggi dan hanya digunakan dengan aturan kuadrat tertentu

2.6.3 Aplikasi

Berbagai spesialisasi di bawah payung disiplin teknik mesin (seperti industri aeronautika, biomekanik, dan otomotif) biasanya menggunakan FEM terintegrasi dalam desain dan pengembangan produk mereka. Beberapa paket FEM modern mencakup komponen khusus seperti lingkungan kerja termal, elektromagnetik, fluida, dan struktural. Dalam simulasi struktural, FEM sangat membantu dalam menghasilkan visualisasi kekakuan dan kekuatan dan juga dalam meminimalkan berat, material, dan biaya

FEM memungkinkan visualisasi rinci di mana struktur menekuk atau memutar, dan menunjukkan distribusi tegangan dan perpindahan. Perangkat lunak FEM menyediakan berbagai pilihan simulasi untuk mengendalikan kompleksitas pemodelan dan analisis sistem. Demikian pula, tingkat akurasi yang diinginkan dan persyaratan waktu komputasi yang terkait dapat dikelola secara bersamaan untuk menangani sebagian besar aplikasi teknik. FEM memungkinkan seluruh desain untuk dibangun, disempurnakan, dan dioptimalkan sebelum desain diproduksi. Jaring elemen merupakan bagian integral dari model dan harus dikontrol dengan hati-hati untuk memberikan hasil terbaik. Umumnya semakin tinggi jumlah elemen dalam mesh, semakin akurat solusi dari masalah diskrit. Namun,ada nilai di mana hasil bertemu dan penyempitan mata jaring lebih lanjut tidak meningkatkan akurasi

Alat desain yang canggih ini telah meningkatkan secara signifikan standar desain teknik dan metodologi proses desain dalam banyak aplikasi industri.[21] Pengenalan FEM telah secara substansial mengurangi waktu untuk membawa produk dari konsep ke jalur produksi Hal ini terutama melalui peningkatan desain prototipe awal menggunakan FEM bahwa pengujian dan pengembangan telah dipercepat Singkatnya, manfaat FEM termasuk peningkatan akurasi, desain yang ditingkatkan dan wawasan yang lebih baik tentang parameter desain kritis, prototipe virtual, prototipe perangkat keras yang lebih sedikit, siklus desain yang lebih cepat dan lebih murah, peningkatan produktivitas, dan peningkatan pendapata

Pada 1990-an FEA diusulkan untuk digunakan dalam pemodelan stokastik untuk model probabilitas pemecahan numeri dan kemudian untuk penilaian keandalan

BAB III

AKTIVITAS DAN PENGERJAAN MAGANG

3.1 Realisasi Kegiatan Magang Industri.

Kegiatan magang indutri yang dilakukan yaitu proses pembuatan mobil Formula Nogogeni generasi 1, yang dimana pada magang industri yang kami lakukan yaitu membuat bagian part dari kendaraan Formula Nogogeni generasi 1 dibagi sesuai dengan divisi yang dinaungi. Divisi yang saya naungi adalah Engine and Drive Train yang dimana jobdesknya adalah pada bagian Engine dan Drivetrain. Pada laporan ini, hanya akan dibahas lebih detail mengenai pembuatan geometri drivetrain mobil Formula Nogogeni ITS Team.

3.1.1 Tabel Timeline Pengerjaan Selama Magang Industri

Minggu ke	Tanggal	Aktifitas	Pencapaian Tugas
1.	10-18 Agustus 2020	Mempelajari regulasi dari Drivetrain	
2.	19-25 Agustus	Mempelajari sistem kerja Drivetrain	
3.	26-2 Agustus-September	Mencari referensi dari team yang telah mengikuti FSAE	
4.	3-6 September	Mencari Rekomendasi Komponen utama pada Drivetrain	
5.	7-14September	Mencari referensi tentang Bearing , Defrensial , Carrier , CV Joint , Axle Shaft , dan Sproket Rantai	
6.	15-20 September	Mencari referensi untuk perhitungan	
7.	20-24 September	Mencari referensi tentang material-material yang akan	

		digunakan	
8.	24-30 September	Meeting design dengan divisi lainnya.	
9.	1-6 Oktober	Revisi design untuk pengoptimalan kinerja Drivetrain.	
10.	7-12 Oktober	Belajar Ansys.	
11	12-17 Oktober	Simulasi kekuatan pada komponen part Drivetrain.	
12.	18-20 Oktober -Nopember	Meeting hasil Analisa kekuatan pada Drivetrain dengan divisi engine, frame dan team captain.	
13.	21-30 Nopember	Melakukan pengoptimalan desain Drivetrain.	
14.	1-15 Nopember	Pembelian part yang dibutuhkan untuk Drivetrain.	
15.	16-30 Nopember	Pembelian bahan untuk carrier dan axle shaft.	
16.	1-10 Desember	Perencanaan proses machining CNC part Drivetrain.	

Tabel 3. 1 Timeline Pengerjaan Drivetrain Nogogeni ITS Team

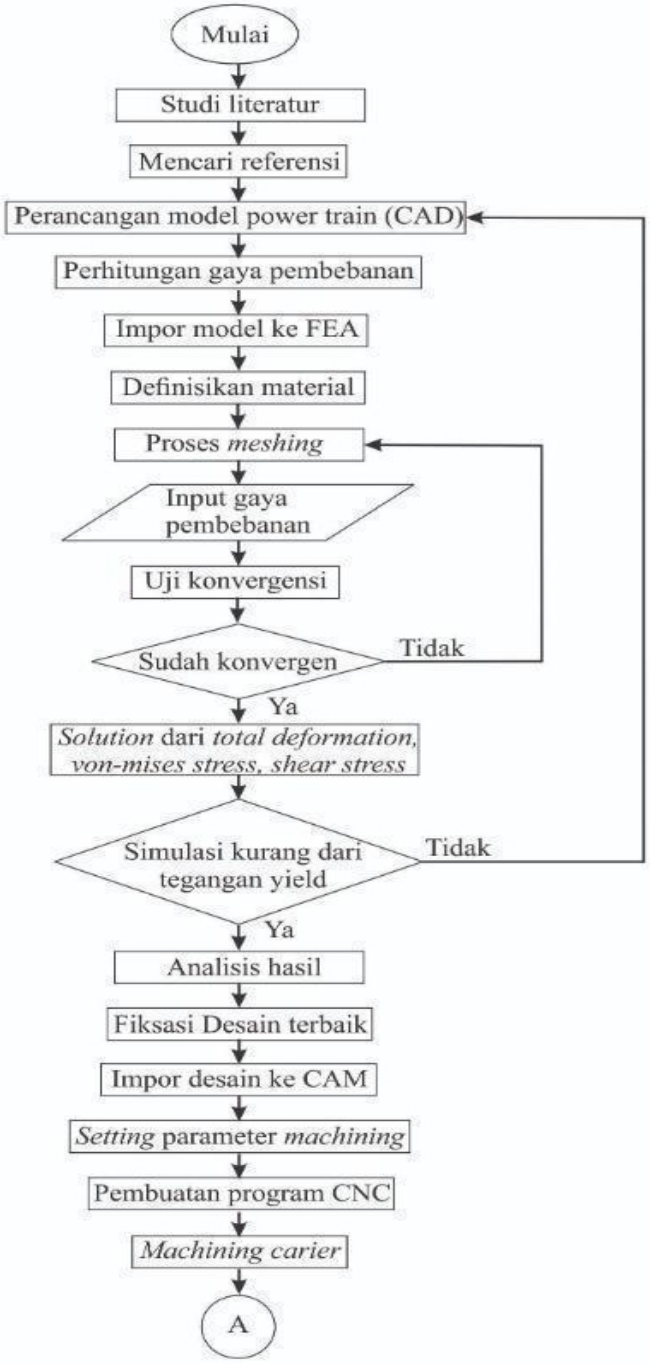
3.1.2. Penjelasan Singkat dari Timeline Pengerjaan

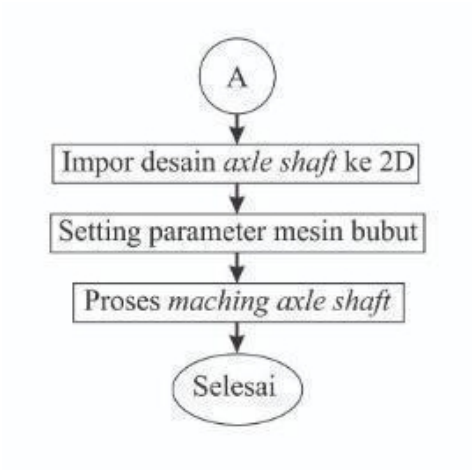
Pada table diatas pengerjaan magang yang dilakukan di departemen Teknik mesin industri yang bekerja sama dengan PT. LIQUIMOLY peserta magang mengerjakan tugasnya masing masing sesuai dengan divisi yang di naungi oleh peserta. Desain Drivetrain ini yang nantinya akan dipergunakan oleh tim Nogogeni dalam pembuatan mobil Formula Student untuk menunjang performa engine pada mobil tersebut.

3.2 Rapid Prototype.

Pada rapid prototype ini menjelaskan alur proses pengerjaan secara keseluruhan dari pembuatan Drivetrain mobil Formula Nogogeni ITS Team. Tujuan dari rapid prototype ini adalah agar pembaca mengetahui proses pembuatan Drivetrain dan bisa mengguanakan metode ini untuk mengembangkan atau meriset lebih lanjut.

3.2.1 Diagram Alir Pengerjaan





Gambar 3. 1 Diagram Alir Pengerjaan Drivetrain

3.2.2 Desain Parameter

Dalam membuat suatu desain, sebelumnya harus menentukan parameter desain. Parameter desain adalah sebuah batasan batasan desain agar yang kita desain tepat sasaran sesuai dengan regulasi yang mengacu pada FSAE – A. Sehingga mobil yang kita dapat lolos teknikal inspeksi dan dapat bermanuver sesuai dengan yang kami inginkan.

1. Spesifikasi Engine yang digunakan.

Engine yang digunakan pada mobil Formula Student Nogogeni ITS Team ialah Hussaberg FE 450 yang memiliki spesifikasi sebagai berikut.

Tabel 2. 1 Spesifikasi Engine Husaberg 450 FE

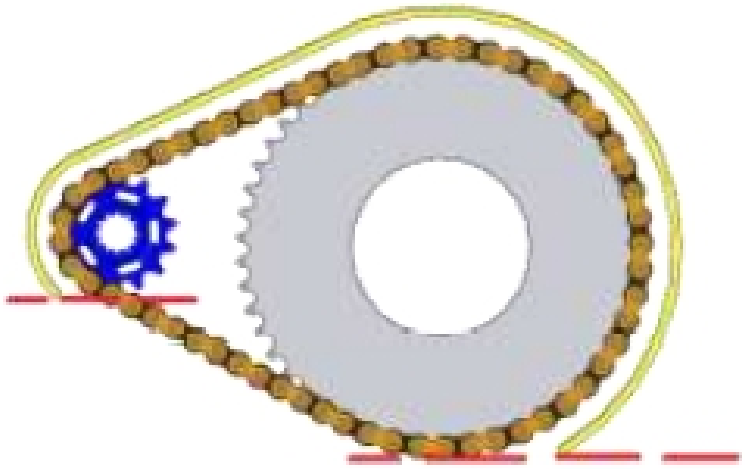
Displacement	449.0 ccm
Engine Type	Single Cylinder, Four Stroke.
Power	47.8 HP
Torque	48 Nm
Top Speed	172 Km/h
Fuel Type	RON 98
Compression	11.8 : 1
Bore x Stroke	96.0 x 63.5 mm
Valve per Cylinder	4

Fuel System	Injection
Fuel Control	Overhead Cams (OHC)
Cooling System	Liquid
Gearbox	6 Speed
Final drive	Chain
Clutch	Wet Multi disc clutch, operated hydraulically

Sumber *https://bikez.com/motorcycles/husaberg_fe_450_2009.php*

2. Regulasi dan Batasan pada Drivetrain.

Pada pembuatan mobil Formula Student Nogogeni ITS Team hal pertama yang harus diperhatikan ialah menyesuaikan mobil tersebut dengan regulasi atau peraturan yang dibuat oleh pihak SAE. Terdapat beberapa regulasi terakit dengan Drivetrain.



Gambar 3. 2 Sprocket and Chain

Sumber: Formula SAE Rules 2020 version 2.1

Gambar diatas merupakan batasan jarak antara sprocket depan dan sprocket belakang pada mobil Formula Student, dan batas jarak ini juga berkaitan dengan pelindung rantai (*chain shield*).

3.3 Garis Besar Dasar Pertimbangan Desain

Pilihan Bantalan: Tanpa perlu kompatibilitas mundur berbagai ukuran bantalan dianggap mencoba dan menghemat berat baik melalui geometri kumparan atau bantalan beban. Rumah Bantalan: Dua jenis rumah bantalan akan dipertimbangkan di bawah ini. Satu dari desain ini akan menghilangkan kebutuhan bantalan untuk melewati dudukan sproket atau mengangkat bahu. Pengencangan Rantai: Tiga jenis penegang rantai akan dipertimbangkan, salah satunya yang merupakan desain lama. Dua desain lainnya akan terlihat mengurangi kompleksitas di sistem penegang rantai dan sistem pemasangan spul melalui rantai stasioner tensioner mendorong langsung pada rantai penggerak atau melalui dudukan eksentrik untuk rantai penyesuaian tegangan. Dimensi Poros Setengah: Memindahkan sumbu diferensial ke depan berarti poros setengah baru dimensi perlu dibuat dan dilakukan perhitungan kelelahan terhadapnya pastikan desainnya cukup kuat untuk bertahan sepanjang musim. Sisipan Drivetrain: Kompleksitas, waktu pembuatan, dan waktu pemasangan semuanya bisa dikurangi dengan menggunakan sistem yang berbeda. Lebih disukai yang mirip dengan ecar dan tempel dari ccar menggunakan. Dudukan Drivetrain: Desain dudukan drivetrain akan didorong oleh tegangan rantai perangkat yang dipilih, dan akan menjadi desain paling sederhana dan paling ringan yang bisa menemani penegang rantai yang dipilih.[25]

3.4 Desain Terapan.

Model differential yang digunakan ialah Limited Slip Differential merek Cusco. Setelah mendapatkan diferensial, kami memulai untuk merancang dudukan diferensial yang disesuaikan dengan diferensial dan chassis mobil Formula Nogogeni ITS Team. Setelah mendapatkan diferensial kami juga mencari dan menentukan *bearing* atau bantalan yang tepat untuk dudukan diferensial.

Rasio gear berikut yang digunakan pada mesin Husaberg FE 450 2011.

Tabel 3. 1 Ratio Gear pada Engine

Gigi	Perbandingan
1	14:34

2	17:31
3	19:28
4	22:26
5	24:23
6	26:21

Ada dua alasan untuk mendapatkan keuntun gan dari melepas gigi pertama. Seperti yang ditunjukkan pada table 2.1, terdapat jarak yang lebar antara gigi satu dan dua. Pola pergantian gigi dari kotak roda gigi adalah

1 st - netral - 2 nd - 3 rd - 4 th - 5 th - 6 th

Dari rasio gearbox Husaberg didapatkan kecepatan masing-masing ratio gear ialah,

Gear 1 : 83.63 km/jam

Gear 2 : 111.19 km/jam

Gear 3 : 137.67 km/jam

Gear 4 : 171.36 km/jam

Gear 5 : 213.03 km/jam

Gear 6 : 274,42 km/jam

Gear ratio yang digunakan ialah

$$Gear\ Ratio = \frac{driven}{driver}$$

$$Gear\ Ratio = \frac{50}{14}$$

$$Gear\ Ratio = 3{,}57$$

Dengan *Gear Ratio* yang didapatkan maka bisa mendapatkan kecepatan maksimal seperti berikut ini:

$$v = \frac{60\ x\ \pi\ x\ D_{wheel}\ x\ rpm_{engine}}{i\ x\ 1000}$$

$$v = \frac{60\ x\ \pi\ x\ 0{,}52\ x\ 10000}{3570}$$

$$v = 274{,}42\ km/jam$$

Roda yang digunakan berukuran 13” dengan ukuran ban Hoosier R25B 20,5 x 7-13. Sehingga batasan desain yang digunakan untuk perhitungan drivetrain ialah:

$D_{outerwheel}$ = 20,5 in atau 177,8 mm

Lebar Ban = 7 in atau 520,7 mm

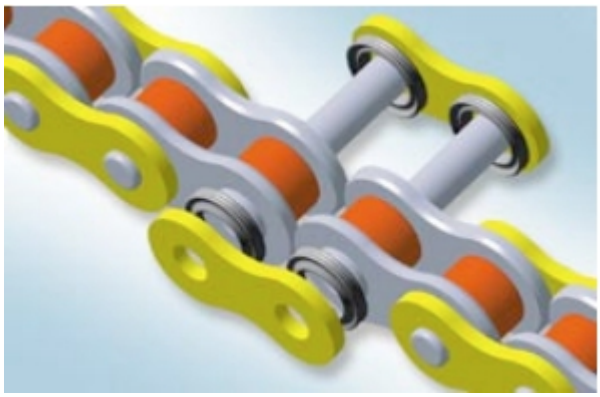
Dan D_{wheel} = 13in atau 330,2 mm

Gambar 3. 3 Ban Hoosier R25B 20,5 x 7-13

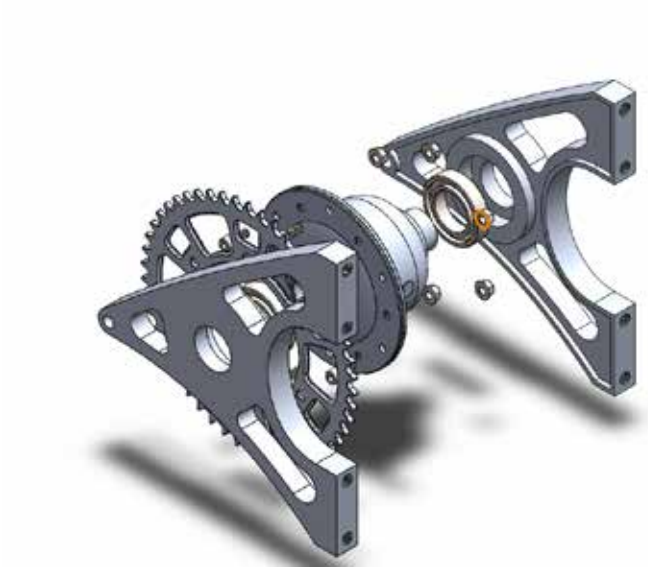
Sumber: http://hoosiertirewest.com/20-5x-7-0-13-r25b-a2500/

Dan Final Drive yang digunakan memiliki rasio sprocket ialah 14:50 atau 3,57 dengan rasio yang dimiliki maka, kecepatan maksimal yang didapatkan ialah 274,42 km/jam.

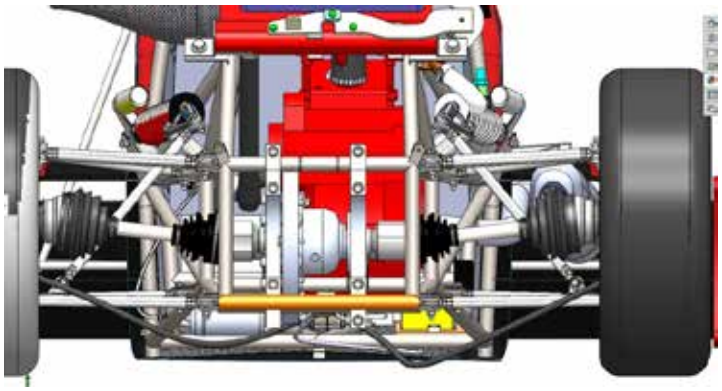
Untuk pemilihan rantai digunakan rantai 520 yang memiliki 5/8” atau 15,87mm. Sebuah rantai dibangun secara bergantian dari mata rantai. Jadi penegang rantai memuai dua kali pitch (31,75 mm) untuk membuat sambungan pas, lihat gambar dibawah ini.



Gambar 3. 4 Chain yang digunakan pada mobil Nogogeni ITS Team



Gambar 3. 5 Komponen Drivetrain Mobil Formula SAE Nogogeni ITS Team



Gambar 3. 6 Assembly Drivetrain pada Mobil Formula SAE Nogogeni ITS Team

3.4.1 Perhitungan Drivetrain

Dalam analisa struktur diperlukan adanya perhitungan beban dan gaya yang terjadi pada komponen tersebut, Berikut merupakan perhitungan

beban dan gaya yang terjadi pada Drivetrain mobil Formula Nogogeni ITS Team.

$$v = \frac{60\ x\ \pi\ x\ D_{wheel}\ x\ rpm}{i\ x\ 10000}$$

$$i = 14{:}50$$

$$i\ total = 3{,}57{:}1$$

$$rpm_{engine} = 10000\ rpm$$

$$J_{mobil} = \frac{m_{mobil}\ x\ Rroda^2}{i\ total^2}$$

$$J_{total} = 0.10\ kgm^2$$

$$k_{total} = 16{,}66 \frac{Nm}{rad}$$

$$\omega = 12{,}58 \frac{rad}{s}$$

J_{engine} dan J_{mobil} memiliki inersia yang sama masing-masing ialah 0,05 kgm^2. Untuk J_{mobil} memiliki frekuensi resonansi yang dapat dihitung, karena memiliki inersia yang dapat disederhanakan dengan dibagi dua. Kekakuan dapat dirumuskan dengan,

$$\omega = \sqrt{\frac{C_{total} x\ 2}{J_{engine}}}$$

$$\omega = 26 \frac{rad}{s}$$

Kegagalan drive train selalu terjadi saat lepas landas dari 0 km / jam. Ini adalah situasi yang akan diselidiki. Parameter model tipikal untuk situasi ini adalah:

- Poros engkol berputar 10000rpm
- Semua bagian drivetrain setelah kopling ditutup tidak memiliki kecepatan/energi

- Karena control peluncuran, kecepatan rotasi poros engkol tidak pernah turun di bawah 10000rpm saat menutup kopling.

Kecepatan putar driveshaft saat kopling ditutup ialah kecepatan putar engine dikonversi ke rad/detik.

$$v = \frac{10000}{60\ x\ 2\pi}$$

$$v = 1046{,}62 \frac{rad}{s}$$

Kecepatan sudut saat akselerasi dapat dihitung dengan,

$$\alpha = \omega\ x\ v = 26\ x\ 1046{,}62$$

$$\alpha = 27212{,}12 \frac{rad}{s}$$

Dengan kecepatan sudut saat akselerasi dan inersia total, torsi dapat ditemukan,

$$T = \alpha\ x\ J$$

$$T = 2721{,}212\ Nm$$

Nilai torsi diatas merupakan nilai torsi dari kedua driveshaft, dengan keduanya mendapatkan masing-masing torsi yang sama, maka

$$T_{driveshaft} = \frac{T}{2}$$

$$T_{driveshaft} = 1360{,}66\ Nm$$

Untuk safety factor dari Drivetrain dari keduanya dapat diterapkan. Jadi torsi total setelah final drive ialah,

$$T_{safety} = 2721{,}212\ x\ 2$$

$$T_{safety} = 5442{,}42\ Nm$$

Dari data diatas maka masing-masing driveshaft dapat didesain dengan memiliki torsi maksimal 2721,212 Nm.

3.5 Analisis FEA

Paket perangkat lunak yang sangat sesuai seperti ANSYS Workbenchh dan Solidworks secara bersamaan digunakan untuk memverifikasi dan memeriksa hasil untuk mencapai kekuatan yang sesuai dengan tegangan yang terjadi. Perangkat lunak utama yang digunakan adalah ANSYS Workbench. Saat performa analisis FEA akan disesuaikan dengan proses meshing, karena salah satu tingkat akurasi simulasi ialah pada proses meshing.

3.5.1 Pemilihan Material.

Pemilihan material merupakan Langkah awal dalam melakukan simulasi, hal ini akan berpengaruh terhadap nilai tegangan yang terjadi. Dan dalam pembuatan komponen drivetrain mobil Formula Student Nogogeni ITS Team dipilih dua jenis material untuk memenuhi struktur komponen, ialah AL 7075-T6 untuk komponen Carrier Diferensial dan S45C untuk material axle shaft.

Properties	Value
Density	2.81 g/cc
Hardness, Brinell	150
Ultimate Tensile Strength	572 MPa
Tensile Yield Strength	503 MPa
Elongation at Break	11%
Poisson's Ratio	0.33
Fatigue Strength	159 MPa
Shear Strength	331 MPa
Specific Heat Capacity	0.96 J/g-°C
Thermal Conductivity	130 W/m-°C
Melting Point	477 - 635°C
Annealing Temperature	413°C
Aging Temperature	121°C

Gambar 3. 7 Material Properties AL 7075-T6

Sumber: http://www.tjprc.org/view_full_paper.php?id=10694&type=html

		Machinery Steel S45C (AISI 1045)	Cold Work ToolSteel SKD11 (AISI D2)
Ultimate tensile strength	MPa	569	
Yield Strength	MPa	343	1650
Elongation	%	20	
Modulus of Elasticity	GPa	205	209.9
Poissons Ratio		0.29	
Machinability	%	55	
Shear Modulus	GPa	80	

Gambar 3. 8 Spesifikasi Mekanik Material

Sumber: https://www.researchgate.net/figure/Mechanical-properties-of-S45C-dan-SKD11_tbl1_318742035

3.5.2 Proses Meshing

Setelah mendefinisikan semua model, maka proses selanjutnya adalah *meshing*. Proses *meshing* adalah roses merepresentasikan sebuah domain atau model fisis dengan elemen-elemen hingga. Pada *software* terdapat beberapa metode atau bentuk-bentuk *mesh* yang dapat digunakan, yaitu *tetrahedrons, hex dominant, sweep,* dan *multizone.* Jumlah dan ukuran tiap elemen juga dapat divariasi dengan merubah parameter seperti *size function, element size, relevance center,* atau *span angle center*. Dalam melakukan analisa struktur kami menggunakan proses meshing dengan metode *tetrahedrons* karena jenis ini tepat digunakan pada geometri yang kompleks dan digunakan pada analisa struktur.

3.5.3 Boundary Condition

Kondisi batas adalah nilai bidang yang ditentukan variable (atau variable terkait seperti turunan) di perbatasan dari lapangan. Untuk mempermudah, pada titik ini, kami mengasumsikan kasus dua dimensi dengan a variable bidang tunggal φ (x, y) harus ditentukan pada setiap titik P (x, y) tersebut bahwa persamaan yang mengatur (atau persamaan) terpenuhi tepat di setiap titik seperti itu.

3.5.4 Uji Konvergensi

Setelah melalui proses set up, model dapat disimulasikan sehingga didapatkan nilai distribusi tegangan von-misses dan deformasi total model. Akan tetapi, kita belum tahu apakah hasil ini valid, karena kita belum dapat menyimpulkan apakah bentuk mesh yang digunakan tadi sudah benar-benar merepresentasikan domain fisis dari model. Oleh karena itu perlu dilakukan uji konvergensi terhadap beberapa variasi bentuk mesh. Penulis memilih adaptive mesh dengan metode multizone dan memvariasi bentuk mesh dengan memvariasikan nilai element size. Semakin kecil ukuran elemen atau semakin banyak elemen memang hasil yang akan dihasilkan akan lebih valid, akan tetapi hal ini akan berpengaruh pada proses simulasi yang memakan waktu lebih lama. Oleh karena itu, uji konvergensi juga diperlukan untuk mengoptimasi validitas hasil dan lama proses simulasi. Uji konvergensi dilakukan dengan cara membuat grafik hubungan antara hasil simulasi besar tegangan pada suatu titik dalam model.

3.6 Manufaktur Drivetrain

Pada bagian drivetrain terdapat beberapa komponen yang akan dimanufaktur ialah Hub Sprocket, Carrier Diferensial, Axle Shaft. Untuk pembuatan Hub Sprocket dan Axle Shaft dapat dilakukan dengan proses pemesinan konvensional, sedangkan untuk Carrier Diferensial diperlukan tingkat akurasi yang tinggi sehingga dilakukan proses pemesinan menggunakan CNC (Computer Numerical Control). Dan Carrier ini tergolong bagian yang sangat penting karena sebagai mounting dari diferensial dan menanggung beban dari engine break.

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan dan Hasil Analisa FEA

Dari desain Drivetrain yang telah dirancang dari berbagai referensi literatur dan mengalami berbagai revisi. Akhirnya kami mendapatkan hasil analisa FEA untuk Drivetrain mobil Formula Nogogeni ITS Team.

Dari perhitungan yang dilakukan maka didapatkan nilai torsi yang akan dimasukkan kedalam software elemen hingga untuk mengetahui tegangan *von-mises* dan deformasi total yang terjadi pada Carrier dan Driveshaft.

$$\tau_{total} = 5442{,}42\ Nm$$

$$\tau_{driveshaft} = 1360{,}66\ Nm$$

Pehitungan umur desain:

Asumsi: 75 m

Ukuran Ban: 20,5 x 7,0-13

Diameter Ban : 20,5 in atau 0,52 m

Lebar Ban : 7,0 in atau 0,17 m

Ukuran Velg : 13 in atau 0,33 m

Cycles:

$$Cycles = \frac{distance}{tire\ circumference}$$

$$Cycles = \frac{75\ m}{20{,}5\ in\ x\ \pi\ x\ 25{,}4}$$

$$Cycles = \frac{75\ m}{1634{,}998\ mm}$$

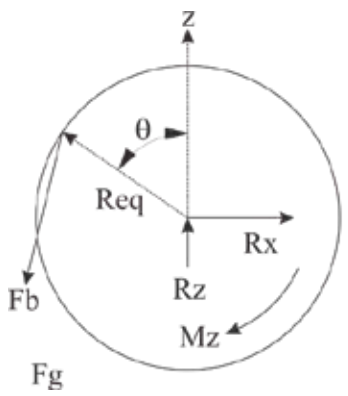
$$Cycles = \frac{75\ m}{1{,}634\ m}$$

$Cycles =$ 45,89 cycles

Cycles = 0,4589 x 10^2 rev

Perhitungan pembebanan:

Under Braking



$$\theta = \left(\frac{1.644}{1.44}\right)$$

$$\theta = 48{,}7^0$$

$$a = \frac{v^2}{2s}$$

$v =$ kecepatan mobil (m/s) → 100 km/jam

$s =$ Jarak Pengereman (m)→ 35 m

$$a = \frac{27{,}77\,\frac{m}{s}}{2\ x\ 35\ m}$$

$$a = 0{,}3967\,\frac{m}{s^2}$$

$$F_b = m\ x\ a$$

$$F_b = \ 143{,}10\ N$$

$$r_{eq} = 0{,}074\ m$$

Keterangan:

F_b = Gaya pengereman maksimum

R_{eq} = Radius efektif dimana gaya pengereman bekerja pada rotor.

R_x = Gaya reaksi pada ban terhadap sumbu x

R_y = Gaya reaksi pada ban terhadap sumbu y

M_y = Momen reaksi terhadap sumbu y

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_x = R_x - F_b sin\,\theta$$

$$R_x = F_b sin\,\theta$$

$$R_x = (143{,}1\ N) sin\,(48{,}7^0)$$

$$R_x = 36{,}723\ N$$

$$\sum F_z = 0$$

$$\sum F_z = R_z - F_b\ \boldsymbol{cos}\ cos\,\theta$$

$$R_z = F_b\ \boldsymbol{cos}\ cos\,\theta$$

$$R_z = (143{,}1N) cos\,(48{,}7^0)$$

$$R_z = 94{,}446\ N$$

$$\sum M = 0$$

$$\sum M = F_b r_{eq} - M_y$$

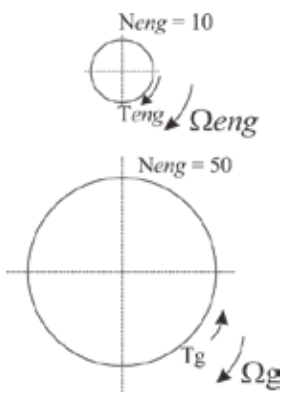
$$M_y = F_b r_{eq}$$

$$M_y = (143{,}1\ N)(0{,}074\ m)$$

$$M_y = 10{,}589\ Nm$$

Perhitungan Transmisi.

Gear Sprocket 50 Teeth



T_{engine} = 48Nm

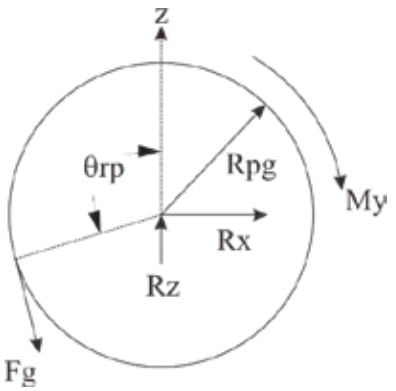
$$\sum M = 0$$

$$\sum M = \frac{1}{n_g}.T_g - \frac{1}{n_m}.T_{eng}$$

$$T_g = \frac{n_g}{n_{eng}}.T_{eng}$$

$$T_g = \left(\frac{50}{14}\right).T_{eng}$$

$$T_g = 171{,}428\ Nm$$



$$P = 0{,}625\ in$$

$$N = 50\ teeth$$

$$D_p = \frac{P}{sin\ sin\left(\frac{180}{50}\right)}$$

$$D_p = \frac{0{,}625\ in}{sin\ sin\left(\frac{180^0}{50}\right)}$$

$$D_p = 9{,}953\ in$$

$$r_{pg} = \frac{D_p}{2}$$

$$r_{pg} = 4{,}976\ in \rightarrow 0{,}126\ m$$

Keterangan:

F_g = Gaya pada sproket dari rantai

R_{pg} = Radius pitch pada sproket

R_x = Gaya reaksi pada sumbu x

R_y = Gaya reaksi pada sumbu y

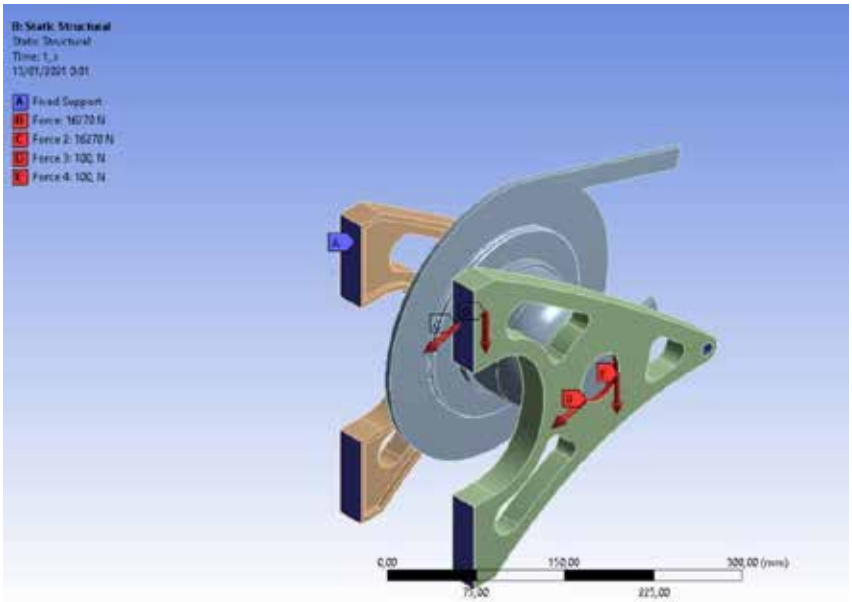
M_y = Momen reaksi pada sumbu y

$$F_g = \frac{T_g}{r_g}$$

$$F_g = \frac{171{,}428\ Nm}{0{,}126\ m}$$

$$F_g = 1360{,}539\ N$$

Setelah kami menemukan semua data yang kami miliki untuk memecahkan masalah kami, sekarang kita bergerak mempelajari masalah dan mencari tahu gaya gaya yang terjadi. Jadi untuk melakukan studi kita membuat Free Body Diagram dari Drivetrain dan Pemodelan CAD dilakukan menggunakan Solidworks 2017 lalu dianalisis dalam Simulasi Struktur:

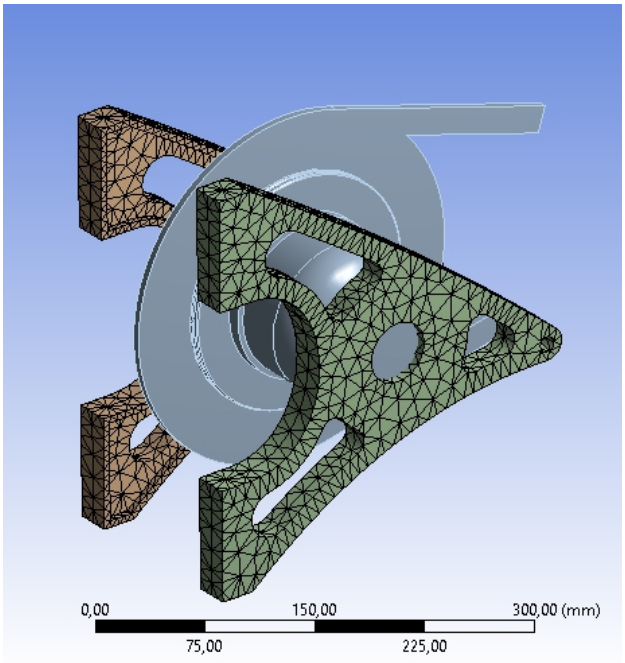


1. *Proses Set up Carrier*

Gambar 4. 1 Proses Set-Up Carrier Diferensial

Pada proses set up *constraint* diletakkan pada sisi yang terletak pada mounting carrier yang akan dihubungkan dengan frame dengan menggunakan *fixed support*, dan dimasukkan beberapa gaya yang terjadi ialah gaya dari rantai yang disalurkan ke sproket belakang, dan pembebanan tersebut akan ditranslasi ke differensial, seperti pada gambar diatas. Bagian *Constraint* disimbolkan dengan huruf A pada bagian yang berwarna biru, dan untuk distribusi beban nya disimbolkan oleh huruf B dan C merupakangaya dari rantai yang akan diteruskan ke differential dan carrier. Sedangkan huruf D dan E merupakan symbol dari gaya berat yang dipengaruhi oleh komponen drive train.

2. Konvergensi *mesh.carrier*



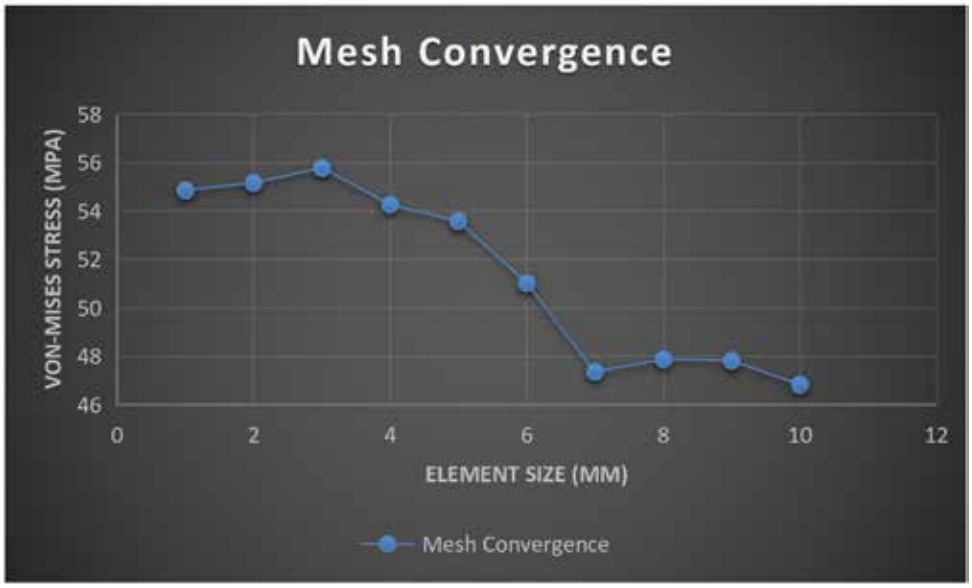
Gambar 4. 2 Proses Meshing Carrier Differential

Meshing yang digunakan ialah metode *tetrahedrons*, karena metode ini kebanyakan digunakan pada analisa struktur. Dengan menggunakan variasi *element size* maka didapatkan data konvergensi mesh, untuk mengetahui validasi dari hasil tegangan yang terjadi.

Tabel 4. 1 Data Konvergensi Mesh Carrier Diferensial

Mesh Convergence Carrier			
No	Element Size (mm)	Von-Mises Stress (Mpa)	Error (%)
10	10	46.819	
9	9	47.804	2.103846729
8	8	47.868	0.13388001
7	7	47.344	1.094677028
6	6	51.013	7.749662048
5	5	53.574	5.020288946
4	4	54.263	1.286071602
3	3	55.769	2.7753718
2	2	55.155	1.100970073
1	1	54.851	0.551173964

Dari table diatas dapat ditarik grafik konvergen mesh seperti dibawah ini.



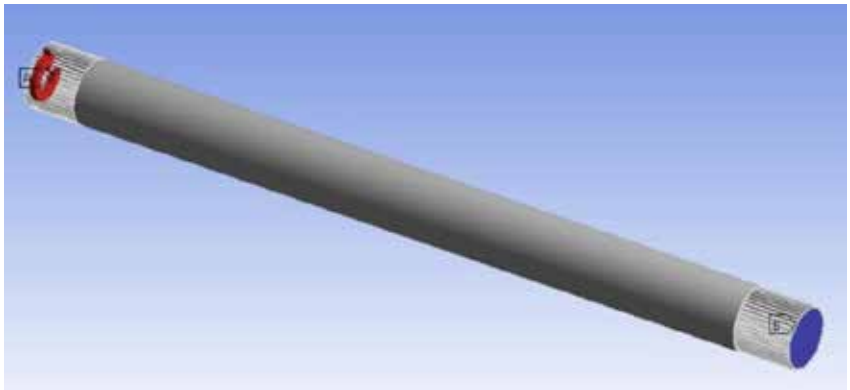
Gambar 4. 3 Grafik Equivalent Stress vs Total Element pada Konvergensi Mesh Carrier Differential

Dari hasil grafik diatas diambil 10 titik untuk validasi hasil tegangan *von-mises*, mendapatkan data bahwa *error* minimal yang terjadi pada analisa *Carrier* Diferensial ialah 0,13% dan mendapatkan tegangan sebesar 47,868 Mpa dan deformasi total pada Carrier sebesar 0,00047584 mm, maka dengan hasil diatas desain dari Carrier

memiliki ketahanan terhadap perhitungan beban yang terjadi pada Drivetrain.

3. Prosses *Set Up Axles Shaft*

Dan selain Carrier yang memiliki peran yang cukup penting dibagian Drivetrain, terdapat komponen lainnya yang memiliki tingkat ketahanan utama pada Drivetrain ialah Axle Shaft. Constrain pada axle shaft diletakkan pada ujung axle saft yang berwarna biru dan disimbolkan oleh huruf B, sedangkan untuk gaya

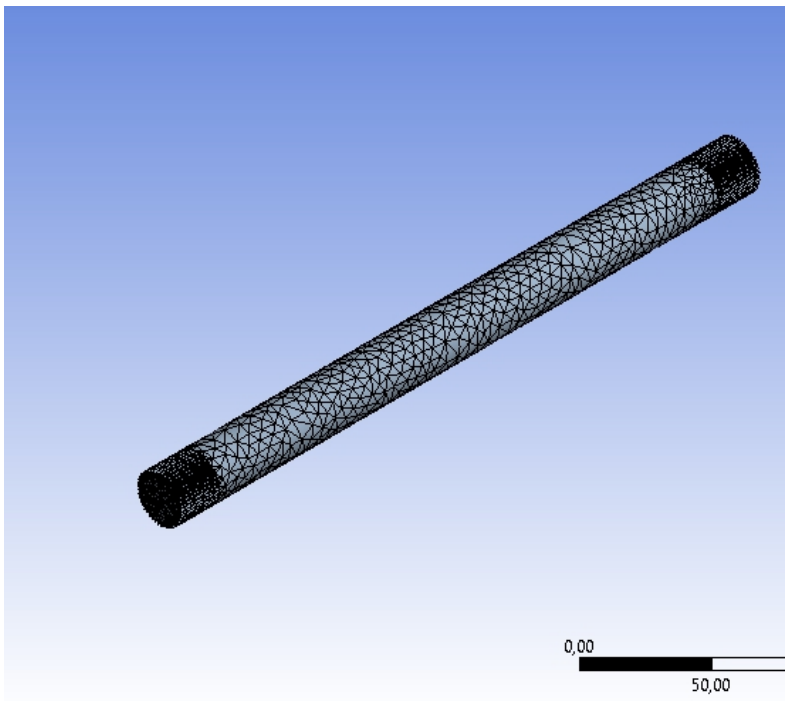


Gambar 4. 4 Proses Set Up pada Axle Shaft

4. Konvergensi *mesh Axle Shaft*

Meshing yang digunakan ialah metode *tetrahedrons*, karena metode ini kebanyakan digunakan pada analisa struktur. Dengan

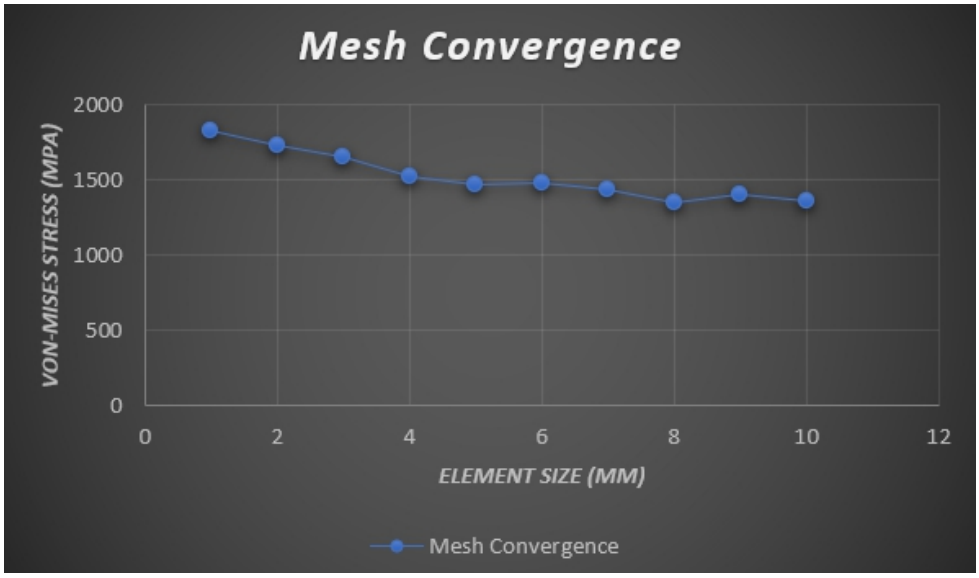
menggunakan variasi *element size* maka didapatkan data konvergensi mesh, untuk mengetahui validasi dari hasil tegangan yang terjadi.



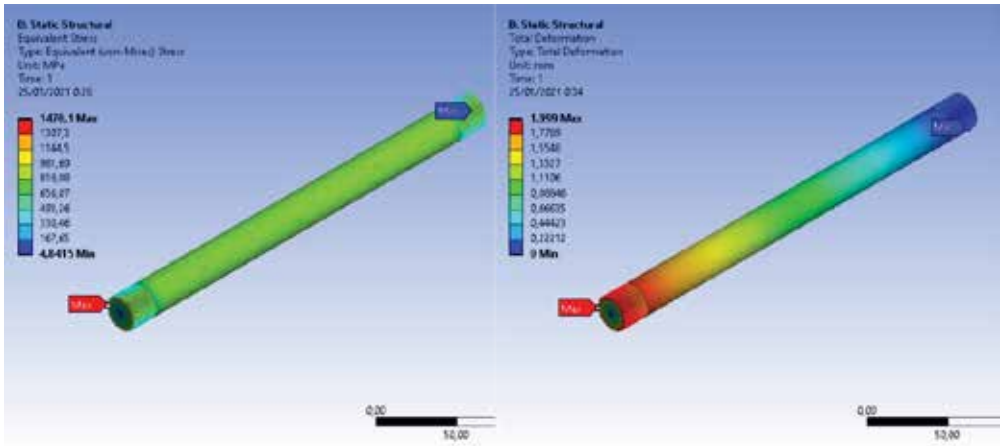
Gambar 4. 5 Proses Meshing Axle Shaft

Mesh Convergence Axle Shaft			
No	Element Size (mm)	Von-Mises Stress (MPa)	Error (%)
10	10	1363.6	
9	9	1409.1	3.336756
8	8	1355.6	3.79675
7	7	1442.8	6.432576
6	6	1484.7	2.904075
5	5	1470.1	0.983364
4	4	1524.1	3.67322
3	3	1656.5	8.687094
2	2	1728.8	4.364624
1	1	1828.3	5.755437

Data konvergensi mesh axle shaft



Gambar 4. 6 Grafik Konvergen Meshing axle shaft.



Gambar 4. 7 Hasil Analisa Axle Shaft

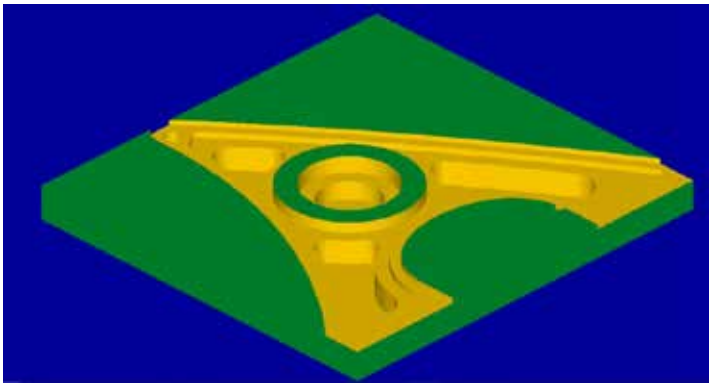
Dari hasil simulasi struktur pada axle shaft diatas didapatkan tegangan maksimum sebesar 1470,1 Mpa dan deformasi total pada axle shaft ialah 1,99 mm, sehingga dari material dan desain yang digunakan pada axle shaft telah memenuhi perhitungan sebelumnya.

4.2 Manufaktur Drive Train

4.2.1 Carrier Diferensial

Manufaktur menggunakan CNC merupakan salah satu tekhnologi untuk mempermudah pengerjaan suatu benda kerja. Salah satu komponen yang pengerjaannya menggunakan mesin CNC ialah Carrier, hal ini dikarenakan Carrier memiliki tingkat akurasi yang tinggi dengan toleransi

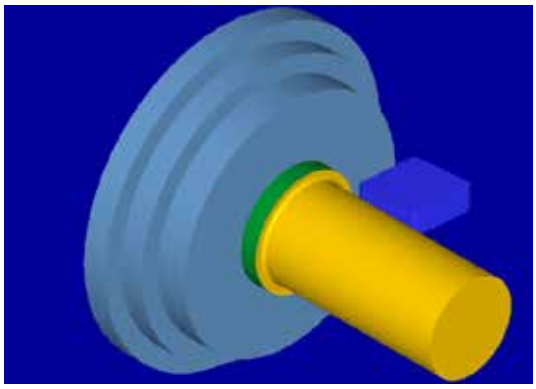
yang sangat kecil jadi tidak memungkinkan jika dilakukan proses pemesinan konvensional.



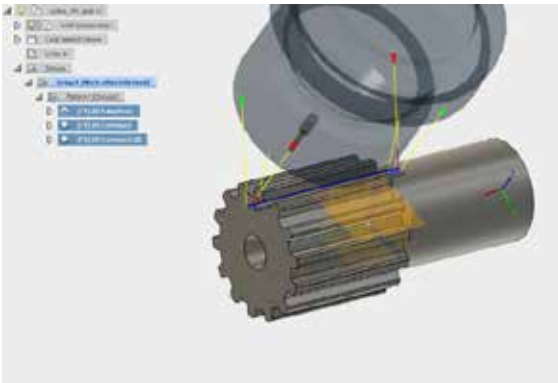
Gambar 4. 8 Proses Manufaktur Carrier

4.2.2 Axle Shaft

Manufaktur Axle Shaft menggunakan pemesinan konvensional dengan menggunakan mesin bubut, karena manufaktur axle shaft tidak membutuhkan tingkat kepresisian yang tinggi dan sederhana. Pada proses pembuatan Axle Shaft pemilihan bahan poros yang sesuai kebutuhan pada proses pengerjaannya menggunakan mesin bubut.



Gambar 4. 9 Proses Manufaktur Axle Shaft



Gambar 4. 10 Proses milling pada Pembuatan Axle Spline

Konvensional yang pertama dikerjakan pembubutan pada porosnya itu sendiri. Pengerjaan pada proses pembubutan dilakukan oleh operator langsung. Pada proses pembuatan Axle Spline (gigi seribu) dilakukan setelah pengerjaan poros pada mesin bubut. Pengerjaan ini menggunakan mesin frais atau juga bisa menggunakan mesin scrap. Membuat gigi seribu ini memerlukan ketelitian untuk

modul antara pitch gigi pada Axle Spline. Membuat Axle Spline ini ada yang menggunakan alat potong langsung jadi memudahkan pembuatan Axle Spline

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

5.1.1 Hasil Analisa Drivetrain

Dari hasil analisis pada bab 4, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Momen yang terjadi pada Sprocket belakang sebesar $834{,}5812\ in.lbf$ dan gaya yang terjadi pada sproket akibat tarikan dari rantai ialah $3657{,}549\ lbf$.
2. Tegangan maksimum yang terjadi pada Carrier didapatkan nilai tegangan *von-mises* sebesar 47,868 Mpa dan deformasi total yang terjadi ialah 0,00047584 mm.
3. Tegangan maksimum yang terjadi pada driveshaft didapatkan nilai sebesar 1470,1 Mpa dan deformasi total yang terjadi ialah 1,99 mm.

5.1.2 Manufaktur yang digunakan

1. Untuk segi manufaktur yang dipergunakan untuk pembuatan Drivetrain mobil Formula Nogogeni ITS Team sudah memenuhi kriteria yang dibutuhkan, karena beberapa komponen yang digunakan memiliki peranan yang sangat penting sebagai pendukung performa mobil saat berakselerasi.
2. Dengan manufaktur perpaduan CNC dan mesin konvensional maka akan mengurangi estimasi biaya dalam pembuatan komponen dari Drivetrain.

5.2 Saran

Dari beberapa kesimpulan diatas maka penulis memiliki saran untuk mendukung riset mobil Formula Student Nogogeni ITS Team, antara lain:

5. Untuk pemilihan material dapat dipertimbangkan Kembali guna untuk mereduksi biaya pembuatan komponen,
6. Lakukan analisa topologi untuk mereduksi beban pada komponen drivetrain mobil Formula Student Nogogeni ITS Team.

3. Dan pemilihan komponen seperti diferensial dan CV joint dapat disesuaikan dengan kebutuhan performa mobil Formula Student Nogogeni ITS Team.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Case, Dean, "*History of Formula SAE*", 1996, [Online]. Tersedia: https://www.fsaeonline.com/page.aspx?pageid=c4c5195a-60c0-46aa-acbf-2958ef545b72 [Diakses: 28 Desember 2020]

[2] Shobhit Agarwal, Prashant Awasthi, Tarun Saatyaki, Mukul Kushwaha, Vishal Jaiswal, *Design & Analysis of Spaceframe Chassis for FSAE Vehicle*, 2020

[3] Julian Wisnu Wirawan, Ubaidillah, Rama Aditra, Rafli Alnursyah, Rizki Abdul Rahman, and Sukmanji Indro Cahyono, *Design Analysis of Formula Studnent Race Car Suspension System*, 2018

[4] Paisal, Yuspian Gunawan, dan Samhuddin, *Analisa Perbedaan Ratio Sproket Pada Sistem Transmisi Rantai*, 2018

[5] Ferly Diyanto, *Analisa Final Drive Planetary gear Wheel Loader XCMG ZL 50 GN*, 2015

[6] Rahmat Hidayat, *Fungsi Sistem Kemudi dan Syaratnya*, 2017, [Online]. Tersedia: https://www.kitapunya.net/fungsi-sistem-kemudi/ [Diakses, 28 Desember 2020]

[7] Soliman Paulo, Schommer Adriano, Martins Mario, *Formula SAE Aerodynamics: Design process with focus on drivability*, 2015.

[8] D.A Sawant, Shreyash Sanjay Ghodke, Pratik Gajanan Thorat, Pravin Mohan Balgore, Madhsudan Uttam Bichkar, Bhavik Kishor Patel, Design and Theory of Powertrain of Formula Student {FSAE} Car, 2019.

[9] Dary L.Logan, 2011. *A first course in the finite element method.* Cengange Learning.

[10] Reddy, J.N, 2006. *An Introduction to the Finite Element Method* (Third ed.) McGraw-Hill.

[11] *Finite Element Analysis (FEA).* www.manortool.com [Online]. Diakses pada 07 Januari 2021.

[12] Hrenkoff, Alexandria, 1941. *"Solution of Problem of elasticity by the framework method"*. 8(4): 169-175

[13] Babuska, Ivo; Banarjee, Uday; Osborn, John E. 2004. *"Generalized Finite Element Method: Main Ideas, Result, and Perspective". International Journal of Computational Methods* **1** (1): 67-103.

[14] P.Solin, K. Segeth, I. Dolzel, 2003. *Higher-Order Finite Element Methods*, Chapman & Hall/CRC Press.

[15] Song, Chongmin; Wolf, John P. 1997. *"The scaled boundary finite element method-alias consistent infinitesimal finite element cell method-for elastodynamics*. **147** (3-4): 329-355

[16] *Spectral Element Method. State Key Laboratory of Scientific and Engineering Computing.* [Online]. Diakses pada 07 Januari 2021.

[17] *What's the Difference Between FEM, FDM, and FVM? Machine Design*. [Online]. Diakses pada 07 Januari 2021.

[18] Kritsis, D; Eemmanouilidis, Ch; Koronis, A; Mathew, J. 2009. *Engineering Asset Management. Proceedings of the 4th World Congress on Engineering Asset Management (WCEAM)*: 591-592.

[19] *Finite Element Analysis: How to create a great model. Coventine Composites.* 2019. [Online]. Diakses pada 07 Januari 2021.

[20] Naghibi Beidokhti, Hamid; Janssen, Dennis; Khoshgoftar, Mehdi; Sprengers, Andre; Perdahcioglu, Emin Semih; Boogaard, Ton Van den; Verdonschot, Nico (2016). "A comparison between dynamic implicit and explicit finite element simulations of the native knee joint" (PDF). Medical Engineering & Physics. 38 (10): 1123–1130.

[21] Peng Long; Wang Jinliang; Zhu Qiding (19 May 1995). "Methods with high accuracy for finite element probability computing". Journal of Computational and Applied Mathematics. 59 (2): 181–189.

[22] William Kinkead, Adrian Pickering, James Waldo, Design and Optimization of a Formula SAE Vehicle, 2017.

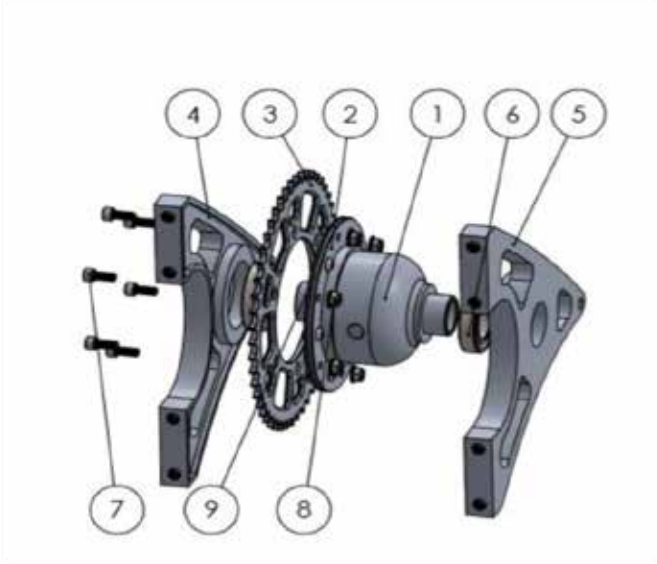
[23] Researchgate Forum, 2017, [Online]. Tersedia: https://www.researchgate.net/post/What_is_the_advantage_of_hexahedral_mesh_over_tetrahedral_elements_in_finite_element_analysis_using_structural_analysis [Diakses, 06 Januari 2021]

[24] Hibbleer, R.C. *Mekanika Teknik – Dinamika,* PT Prenhallindo, Jakarta

[25] Nugroho, Agung Setiyo. *Studi Kasus Collision pada Chassis Articulated Bus Dengan Metode Elemen Hingga,* Tugas Akhir, Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2008.

[26] Wahab, R., Tangkuman, S., & Arung Padang, T. (2014). Analisis Kelelahan Axle Shaft Truk Isuzu Elf. Jurnal Online Poros Teknik Mesin, 6(2), 139–150.

LAMPIRAN

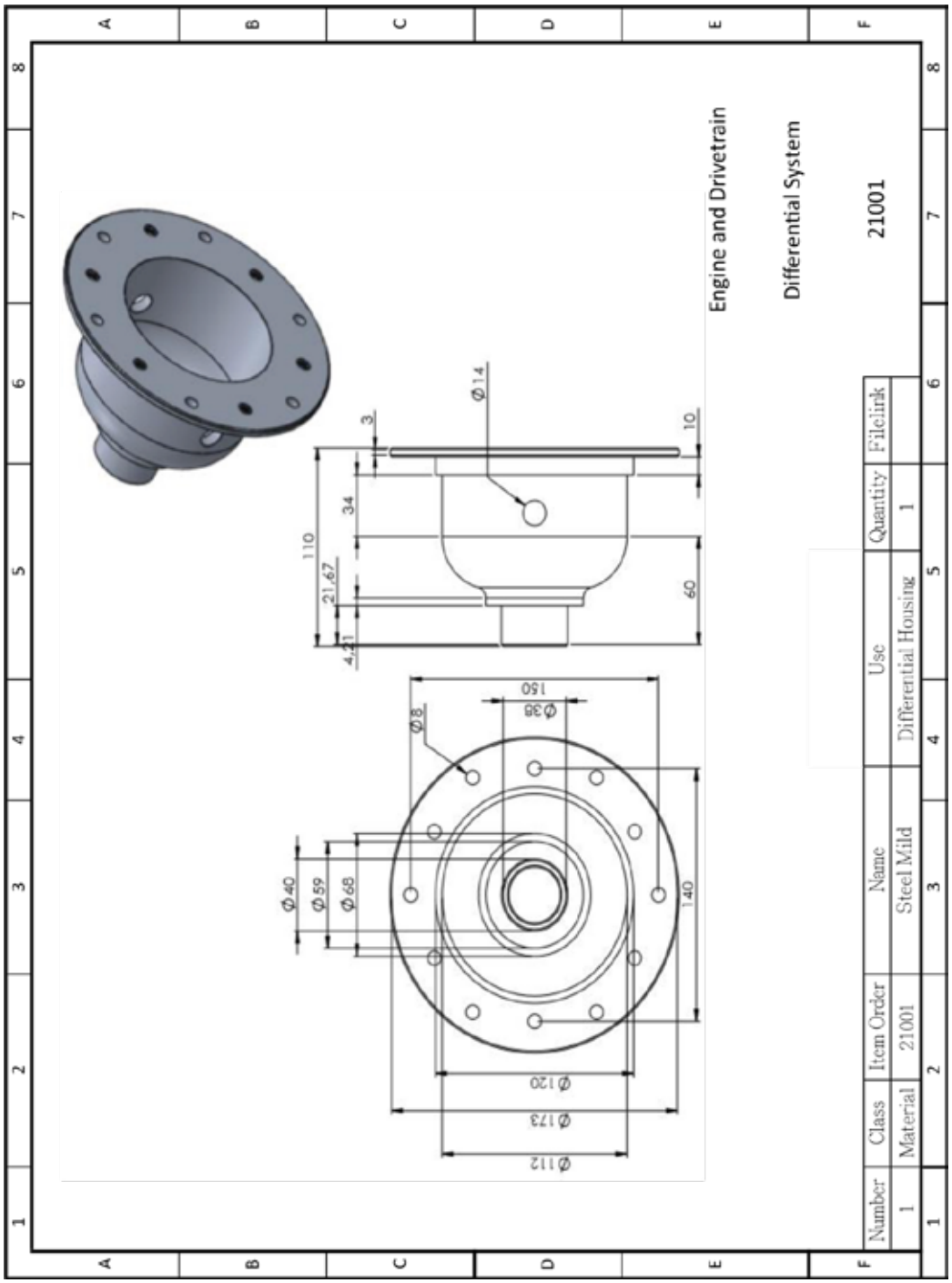


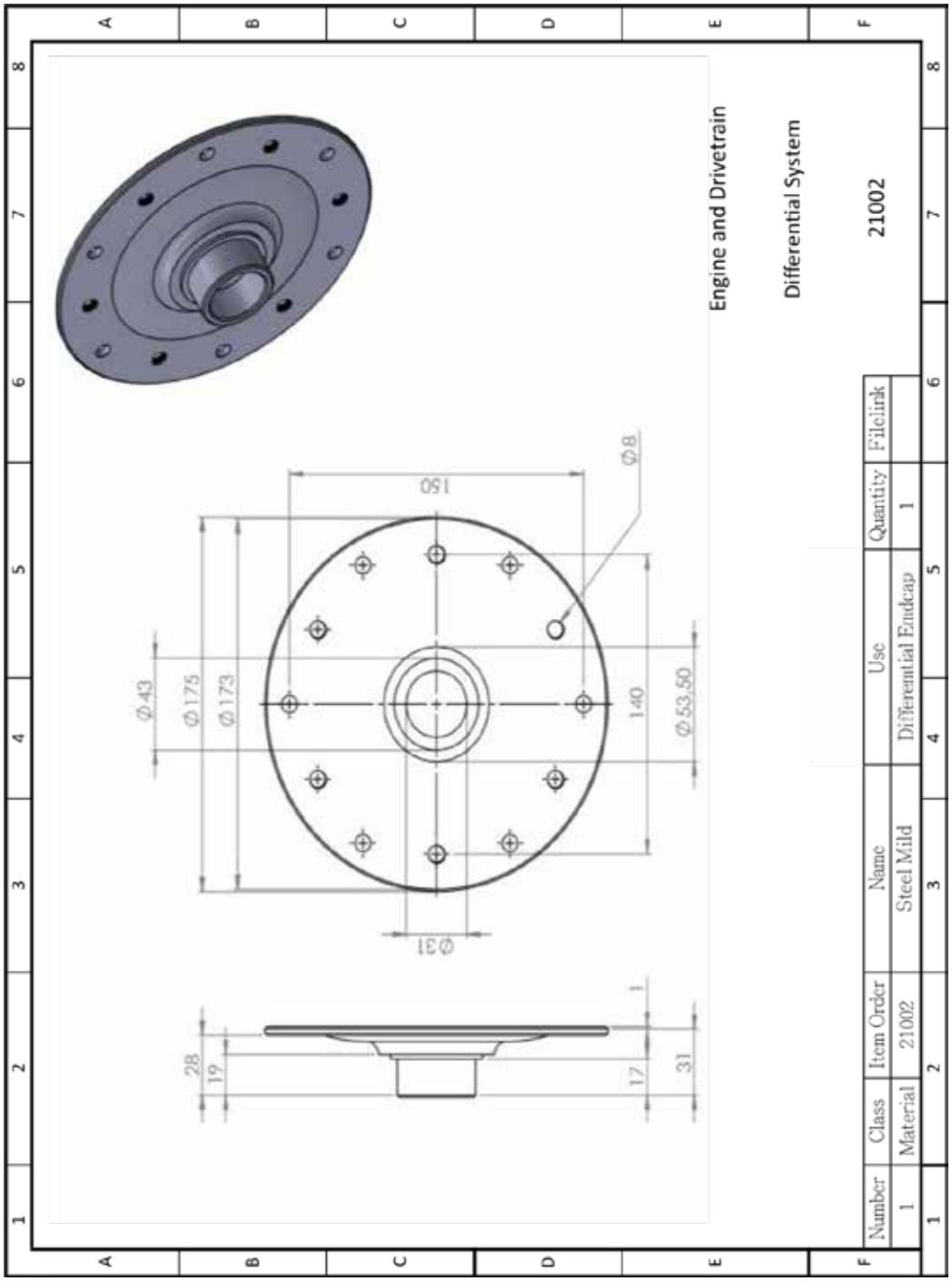
Number	Class	Item Order	Name	Use	Quantity	Filelink
1	Part	20101	Differential Housing	Use	1	Filelink
2	Part	20102	Diffenrential Endcap	Housing	1	
3	Part	20103	Left Differential Carrier	Endcap	1	
4	Part	20104	Right Differential Carrier	Carrier	1	
5	Part	20105	Rear Sprocket	Carrier	1	
6	Material	A0210M01	Deep Groove Differential Bearings, Ball,	Driven Sprocket	2	
7	Fasrener	A0210F01	Bolt, Grade 10.9 (SAE 8)	M8Bolt	12	
8	Fastener	A0210F02	Nut, Grade 10.9 (SAE 8)	M8Nut	6	
9	Fastener	A0210F03	Washer, Grade 10.9 (SAE 8)	M8 Washer	12	

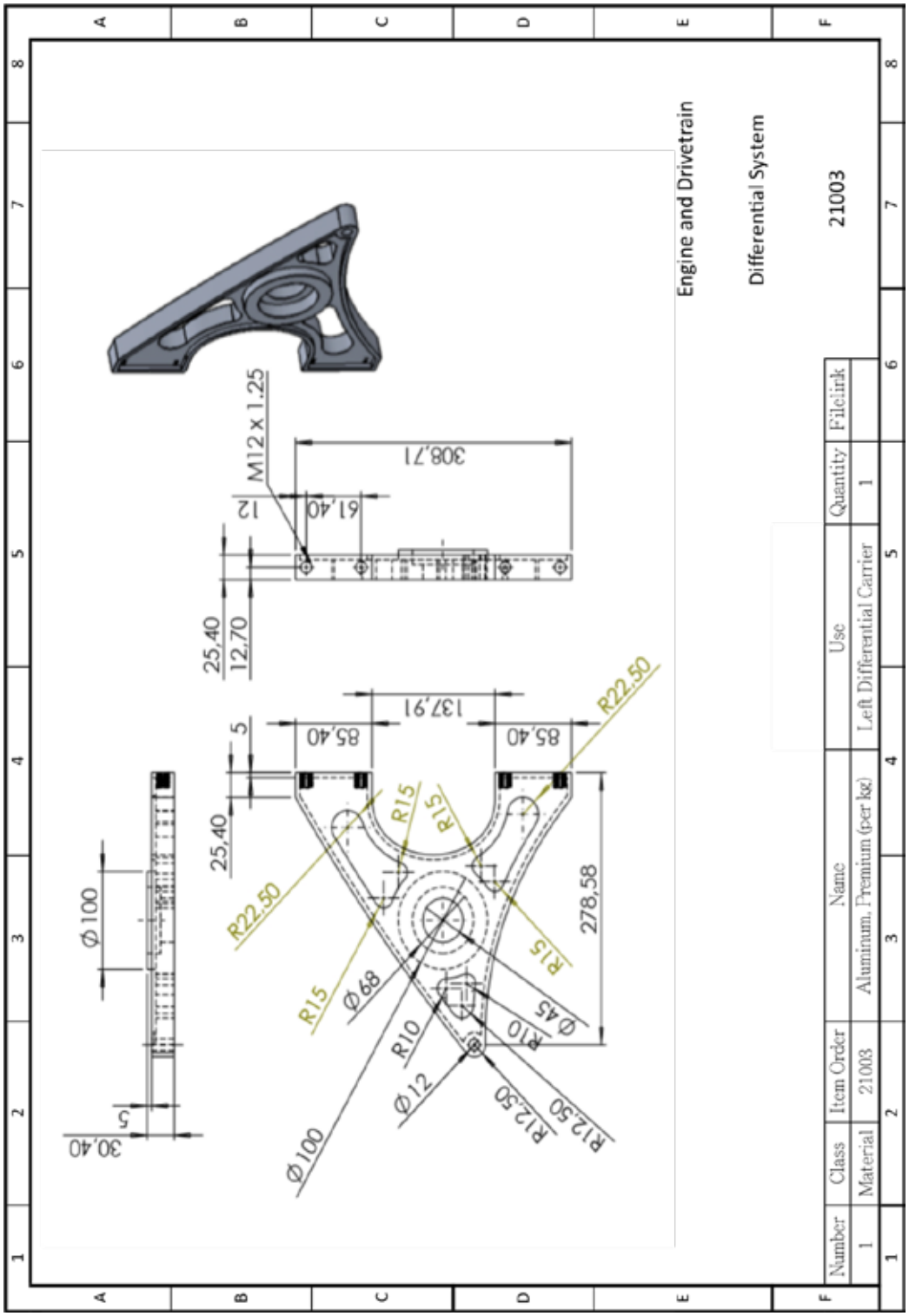
Engine and Drivetrain

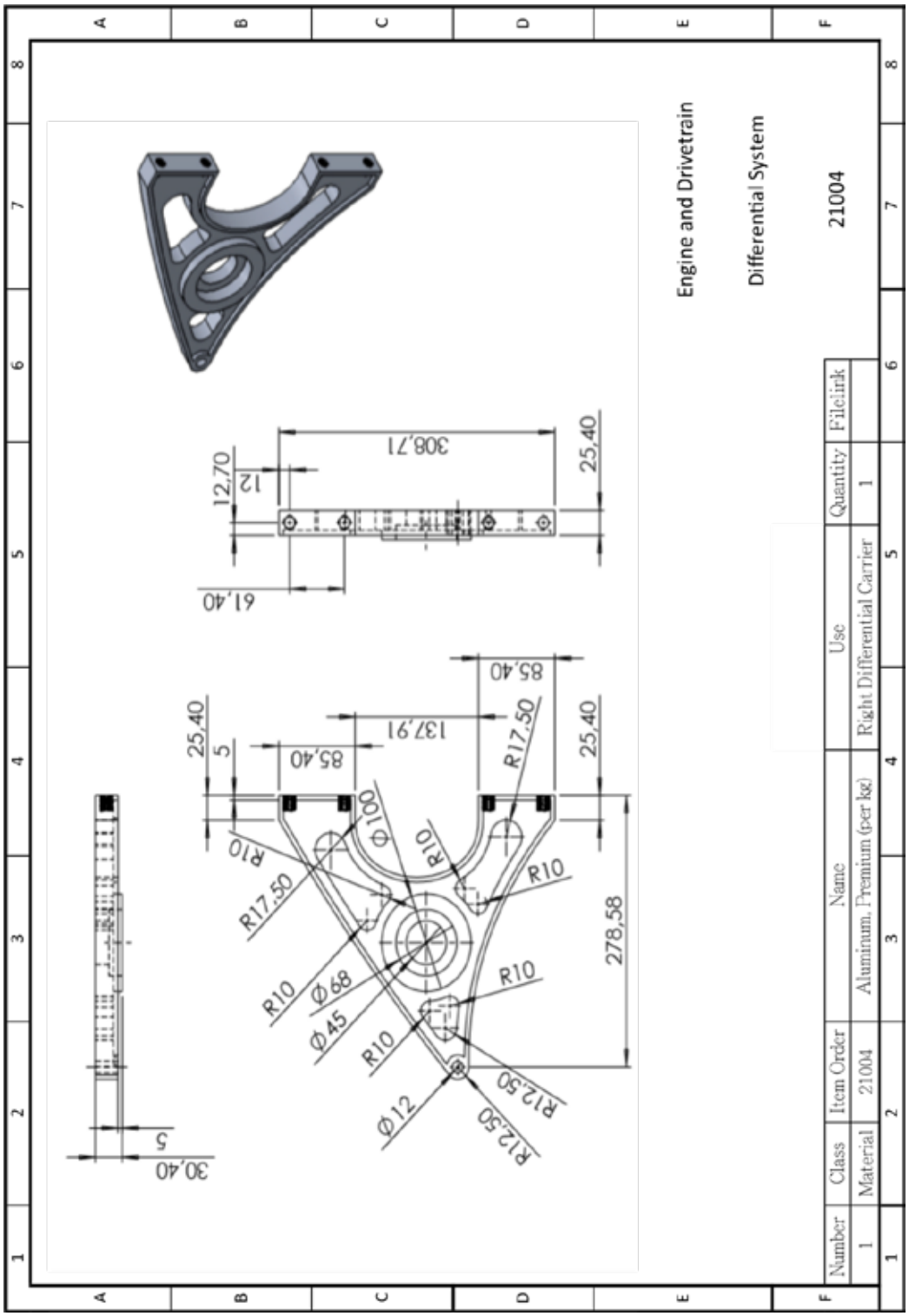
Differential System

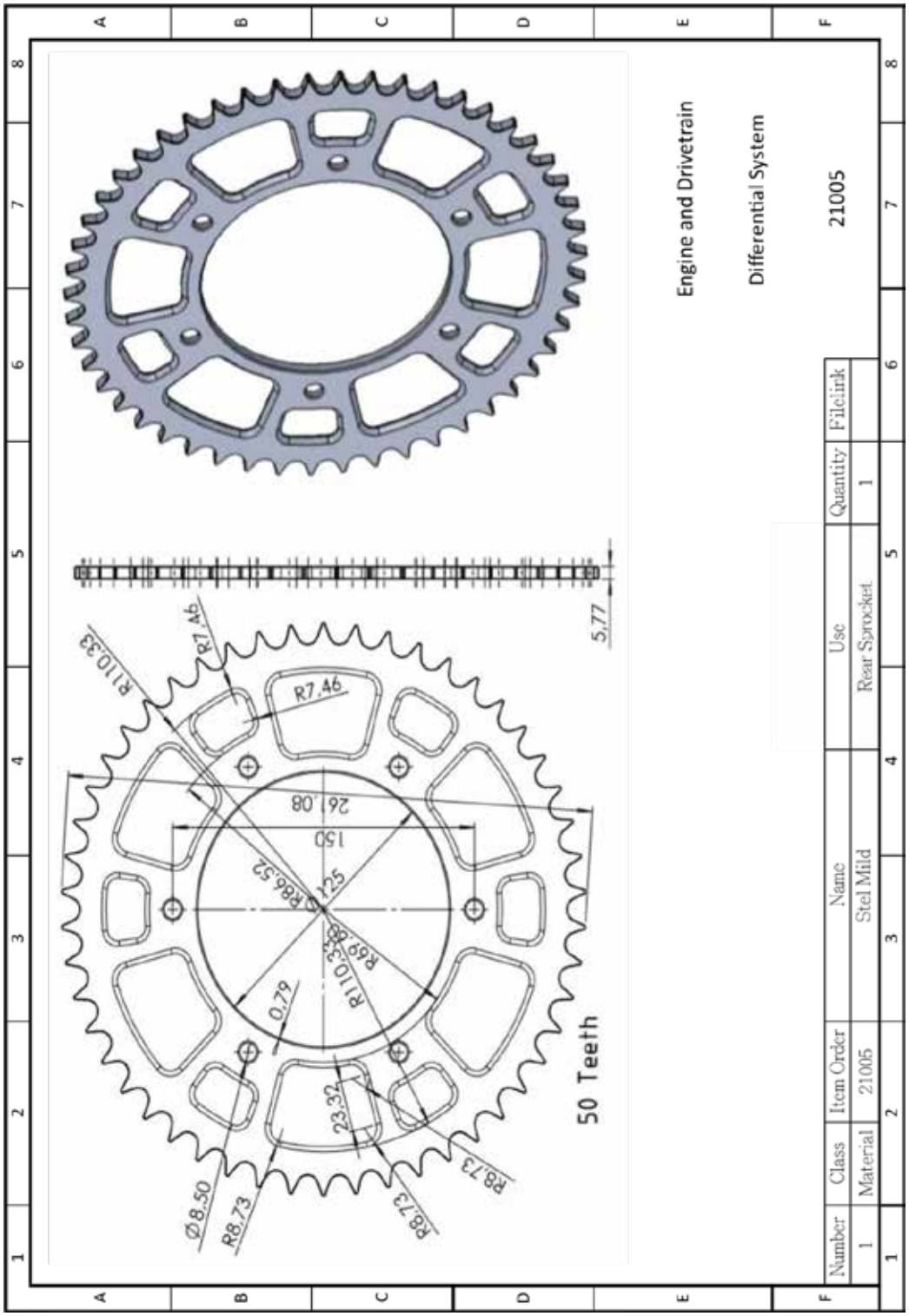
A210

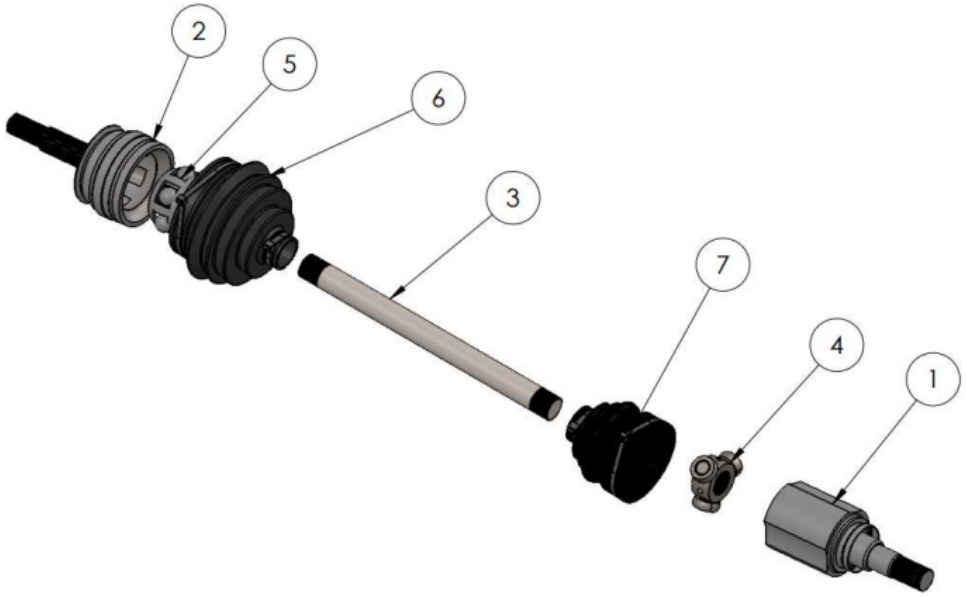

Engine and Drivetrain
Differential System
21001
Number
Class
Item Order
Name
Use
Quantity
FileLink
1
Material
21001
Steel Mild
Differential Housing
1
Ø14
3
10
34
110
21,67
4,21
60
Ø8
Ø36
150
Ø40
Ø59
Ø68
140
Ø120
Ø173
Ø112


Engine and Drivetrain
Differential System
21002
Ø8
150
Ø43
Ø175
Ø173
140
Ø53,50
Ø31
28
19
1
17
31
Number
Class
Item Order
Name
Use
Quantity
Filelink
1
Material
21002
Steel Mild
Differential Endcap
1


Engine and Drivetrain
Differential System
21003
M12 x 1.25
308,71
61,40
12
25,40
12,70
137,91
85,40
85,40
5
25,40
R22.50
R15
R15
R15
R15
R22.50
278,58
Ø100
Ø68
Ø45
R10
R10
Ø12
R12.50
R12.50
Ø100
Ø100
30,40
5
Number
Class
Item Order
Name
Use
Quantity
File:link
1
Material
21003
Aluminum, Premium (per kg)
Left Differential Carrier
1


Engine and Drivetrain
Differential System
21004
Number
Class
Item Order
Name
Use
Quantity
File link
1
Material
21004
Aluminum, Premium (per kg)
Right Differential Carrier
1
308,71
12,70
12
61,40
25,40
85,40
137,91
R17,50
5
R10
Ø100
Ø68
Ø45
Ø12
R12,50
278,58
30,40


R110,33
R7,46
R7,46
261,08
150
R86,52
R69,88
R110,33
0,79
23,32
Ø8,50
R8,73
R8,73
R8,73
5,77
50 Teeth
Engine and Drivetrain
Differential System
21005
Number
Class
Item Order
Name
Use
Quantity
File link
1
Material
21005
Stel Mild
Rear Sprocket
1



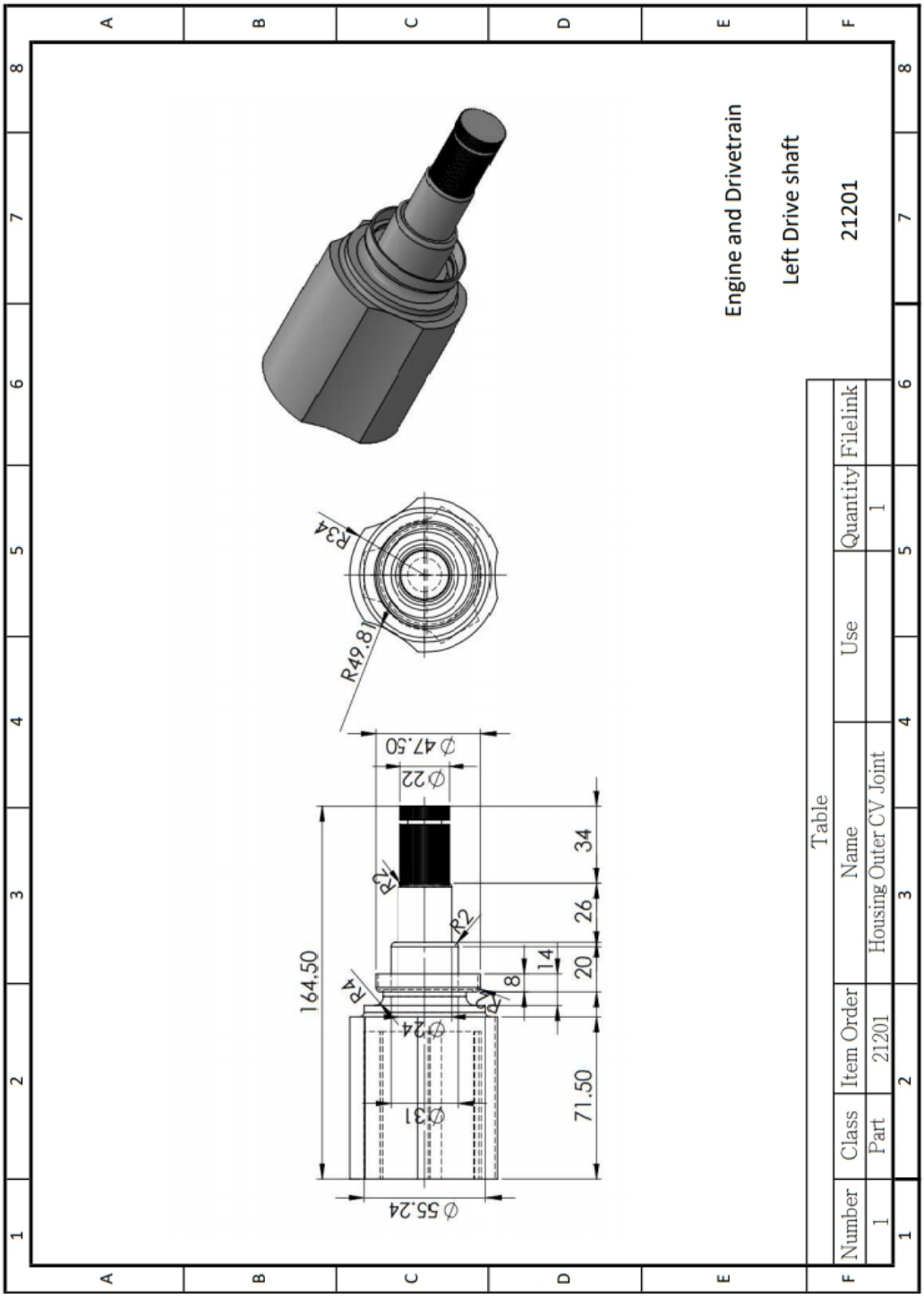
Table

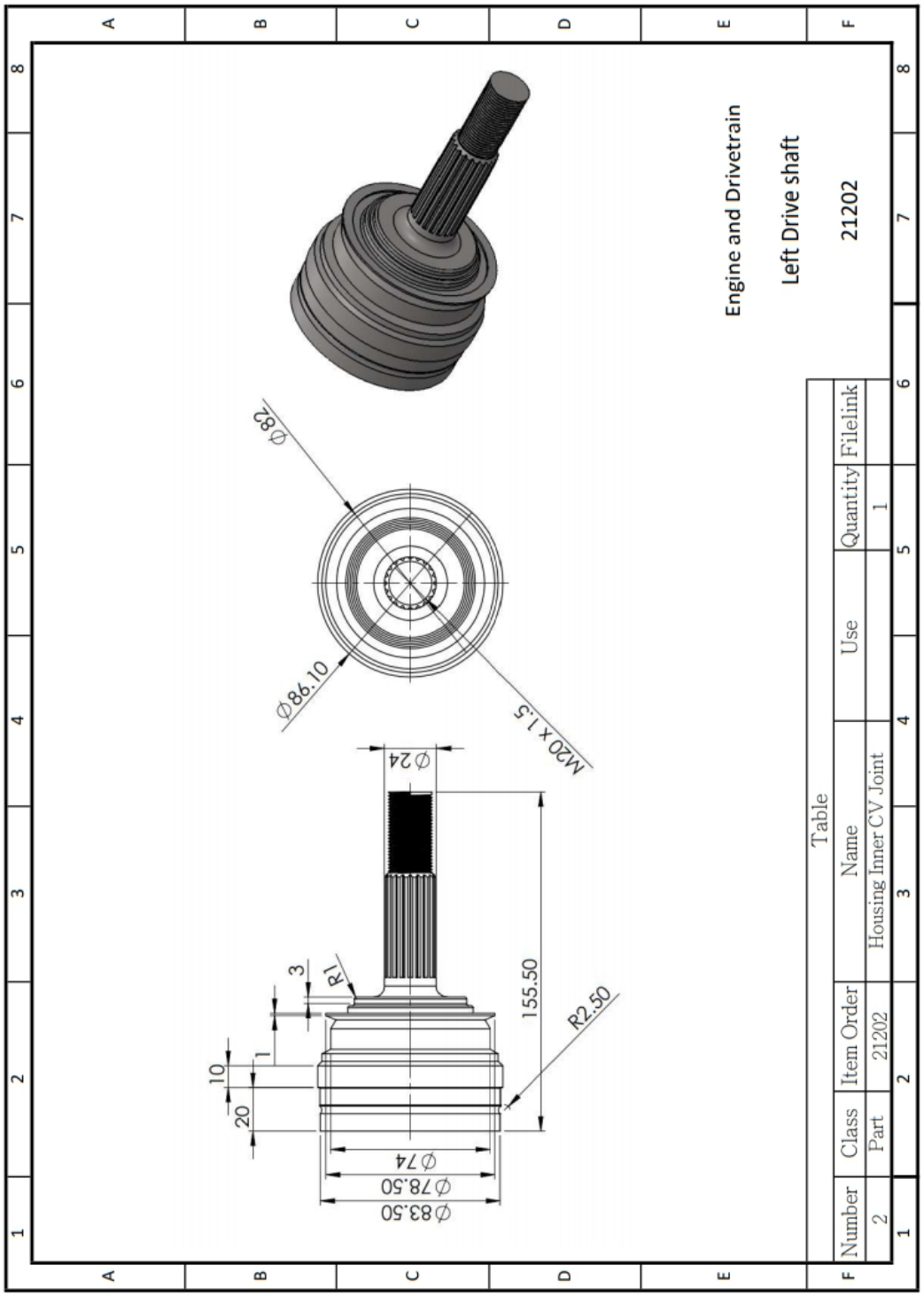
Number	Class	Item Order	Name	Use	Quantity	Filelink
1	Part	21201	Housing Outer CV Joint		1	
2	Part	21202	Housing Inner CV Joint		1	
3	Part	21203	Left Axle		1	
4	Material	A0212M001	Constant Velocity Joint, Tripod	Tripod joint	1	
5	Material	A0212M002	Constant Velocity Joint, 6-Ball Rzeppa Fixed	Rzeppa joint	1	
6	Material	A0212M003	Constant Velocity Joint, Boot	Boot	1	
7	Material	A0212M004	Constant Velocity Joint, Boot	Boot	1	

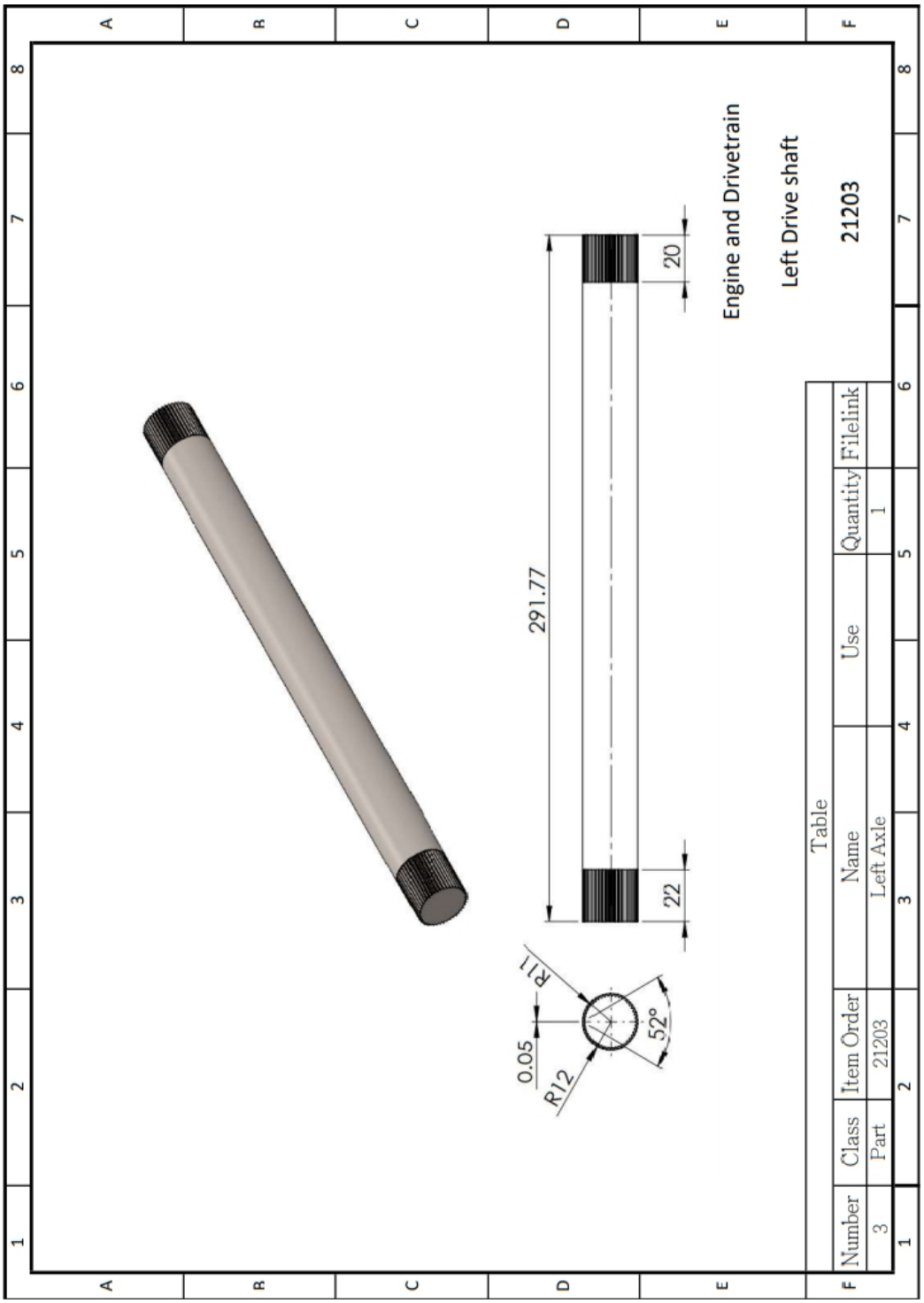
Engine and Drivetrain

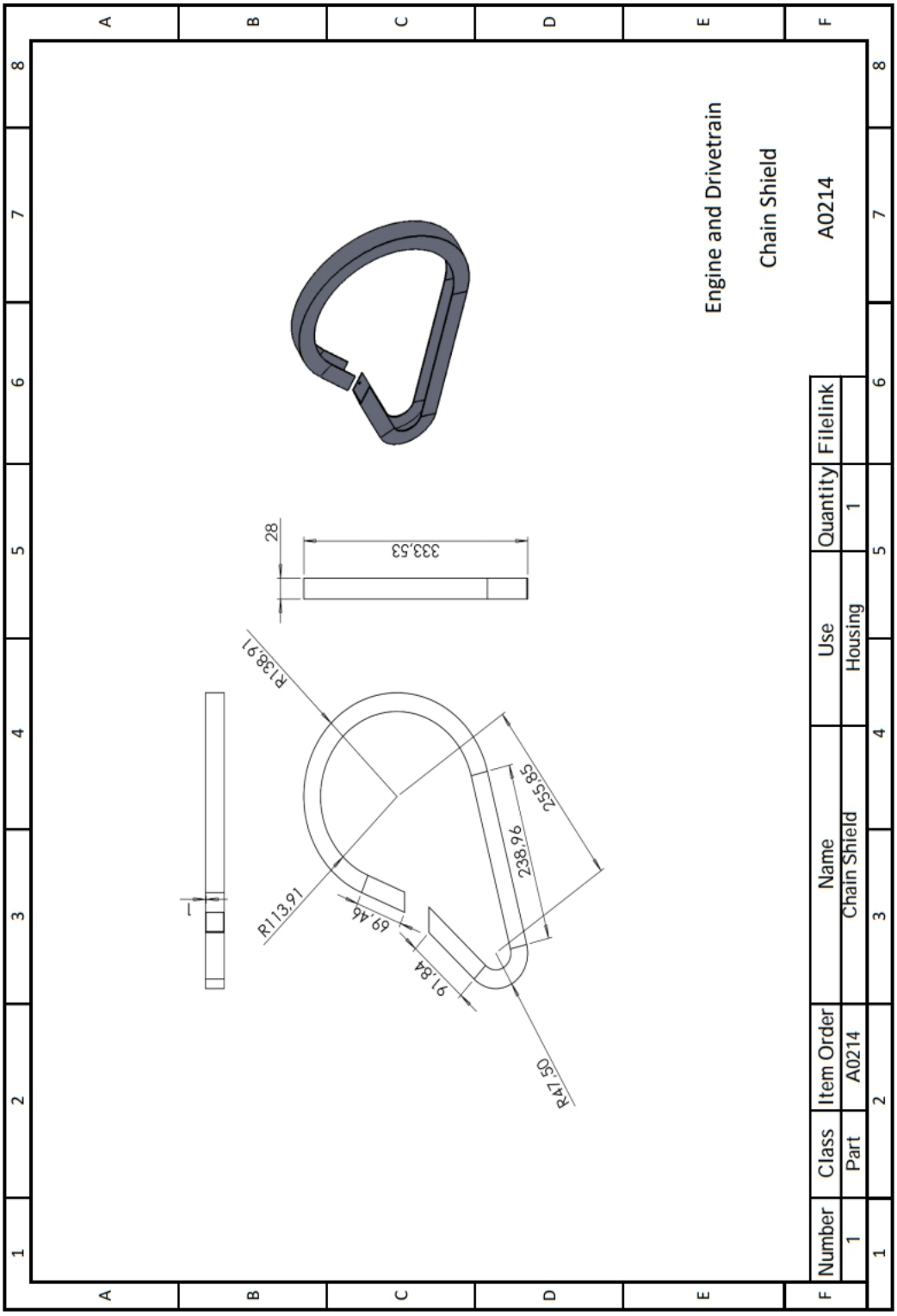
Left Drive shaft

A0212


Engine and Drivetrain
Left Drive shaft
21201
Table
Number | Class | Item Order | Name | Use | Quantity | Filelink
1 | Part | 21201 | Housing Outer CV Joint | | 1 |
R49.81
R34
Ø47.50
Ø22
164.50
Ø55.24
Ø131
Ø24
R4
R2
R2
R2
34
26
14
20
8
71.50


Engine and Drivetrain
Left Drive shaft
21202
Table
Number
Class
Item Order
Name
Use
Quantity
Filelink
2
Part
21202
Housing Inner CV Joint
1
Ø28
Ø86.10
M20 x 1.5
Ø24
155.50
R2.50
R1
3
10
1
20
Ø74
Ø78.50
Ø83.50


291.77
20
22
R11
0.05
R12
52°
Engine and Drivetrain
Left Drive shaft
21203
Table
Number
Class
Item Order
Name
Use
Quantity
Filelink
3
Part
21203
Left Axle
1


Engine and Drivetrain
Chain Shield
A0214
28
333,53
R138,91
R113,91
69,46
91,84
238,96
255,85
R417,50
7
Number
Class
Item Order
Name
Use
Quantity
Filelink
1
Part
A0214
Chain Shield
Housing
1