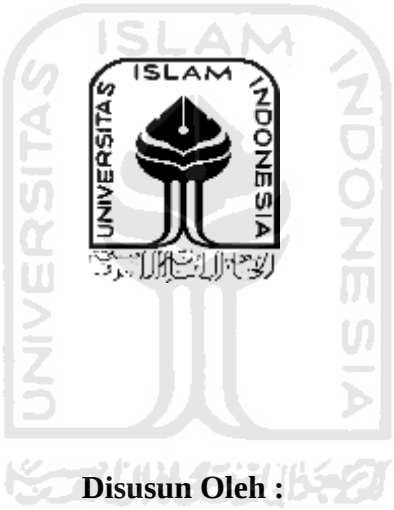
PERANCANGAN DAN *MODELLING* ALAT PERAGA TRANSMISI CVT *HEAVY DUTY*

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin



Disusun Oleh :

Nama : Mauladi Raushan Hidayat
No. Mahasiswa : 14525090
NIRM : 2014071680

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

2020

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

PERANCANGAN DAN *MODELLING* ALAT PERAGA TRANSMISI CVT *HEAVY DUTY*

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Mauladi Raushan Hidayat

No. Mahasiswa : 14525090

NIRM : 2014071680

Yogyakarta, 20 November 2020

Pembimbing,

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

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

PERANCANGAN DAN *MODELLING* ALAT PERAGA TRANSMISI CVT *HEAVY DUTY*

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Mauladi Raushan Hidayat

No. Mahasiswa : 14525090

NIRM : 2014071680

Tim Penguji

Arif Budi Wicaksono, S. T., M. Eng. _____

Ketua Tanggal : 31 Desember 2020

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

Anggota I Tanggal : 16 Desember 2020

Santo Ajie Dhewanto, S.T., M.M. _____

Anggota II Tanggal : 27 Desember 2020

Mengetahui

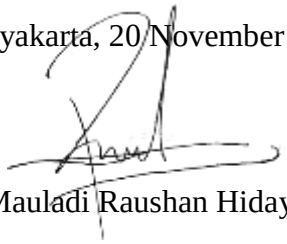
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Eng. Risdiyono, S.T., M.Eng.

PERNYATAAN KEASLIAN

Bismillahirrahmanirrahim dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini merupakan hasil kerja saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang saya cantumkan sumbernya sebagai referensi. Apabila kemudian hari terbukti pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima hukuman/sanksi sesuai hukum yang berlaku di Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 20 November 2020



Mauladi Raushan Hidayat

HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya tulis ini ku persembahkan untuk :

Kedua orang tua tercinta, Bapak Hidayat Sayekti dan Ibu Oktriana Widarsi. Terima kasih atas doa, kesabaran, pengorbanan dan kasih sayang kepada penulis selama ini sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini dan tidak lupa juga penulis berterima kasih kepada teman – teman yang telah meluangkan waktu untuk membantu penulis dalam pengejaan tugas akhir ini.

Segala cerita dan nasihat menjadikan motivasi dalam menjalani hidup ini. Dan tidak lupa juga penulis berterima kasih kepada teman – teman yang telah memberikan saran dan masukan dalam membantu penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

Kepada kedua adik saya, Ahdza Fathan Hidayat (Uta) dan Raisa Hania Kemala (Kea) yang selalu penulis cintai. Kehadiran kalian berdua selalu mendorong penulis untuk selalu memaksa diri untuk menyelesaikan studi ini.

HALAMAN MOTTO

"Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya"
(Q.s. Al-Baqaroh: 286)

"Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahaan"
(Qs.Al-Insyiraah Ayat: 5-6)

"Jadilah yang terbaik, atau tidak sama sekali"
(Gottlieb Daimler)

"Jangan katakan tidak bisa, jika belum mencoba"
(Sakichi Toyoda)

"Maksimalkan batas dirimu"
(Mauladi Raushan Hidayat)

KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH



"Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh"

Alhamdulillahi Robbilalamin, segala puji dan syukur kehadirat Allah *Subhanahu wa Ta'ala* yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Tak lupa penulis memanjatkan shalawat kepada Nabi Muhammad *Shallahu 'alaihi wa Sallam*, yang telah membawa umat muslim keluar dari zaman *jahilliyah*.

Laporan ini disusun berdasarkan data-data dan fakta-fakta yang terjadi dilapangan ketika melakukan penelitian di Universitas Islam Indonesia untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana teknik mesin pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Dalam pelaksanaan dan penyusunan laporan tugas akhir ini, penulis sudah banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Selanjutnya dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Allah *Subhanahu wa Ta'ala* atas ridho dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir.
2. Kedua orang tua, dan adik atas segala dukungan dan kasih sayang yang selalu mendoakan untuk kebahagiaan dan keberhasilan.
3. Bapak Dr. Eng. Risdiyono, S.T., M. Eng, selaku Kaprodi Teknik Mesin.
4. Bapak Arif Budi Wicaksono, S.T., M.Eng, selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan banyak nasehat dan kesempatan untuk menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
5. Teman-teman seperjuangan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.
6. Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin FTI UII yang membuat saya menjadi lebih bisa memaknai hidup.
7. Kawan-kawan Teknik Mesin 2014 yang telah memberikan dukungan dalam hal apapun.

8. Jajaran direksi PT. Putra Medikaltek Indonesia yang selalu memberi dukungan penuh kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Teman Riset Indonesia yang telah membantu dalam proses *modelling*.
10. Jogja Laser yang telah membantu proses *cutting*.
11. Bengkel Karso yang telah membantu proses pembongkaran transmisi untuk diambil parts internalnya.
12. Arinda Nur Ariva, yang telah mendampingi dan memberi support penulis dalam mengerjakan tugas akhir ini.
13. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebut satu persatu yang telah memberikan dukungan kepada penulis.

Penulis berharap laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca. Dan penulis menyadari bahwasannya laporan tugas akhir masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak. Akhir kata dengan segala harapan dan doa semoga laporan ini dapat bermanfaat. Aaamiiin "Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh"

Yogyakarta, 20 November 2020

Mauladi Raushan Hidayat

ABSTRAK

Bus merupakan alat transportasi untuk mengangkut penumpang dari suatu titik ke titik yang lain. Dengan kehadiran tol transjawa ini, keberadaan bus semakin banyak diminati. Namun ini menjadi permasalahan baru terhadap bus yang beredar di Indonesia. Saat di tol, bus melaju dengan kecepatan tinggi. Sedangkan bus di Indonesia, khususnya Hino RK8 menggunakan spesifikasi gearbox untuk medan berliku. Menjadikannya harus selalu menggunakan putaran mesin tinggi. Efeknya mesin menjadi boros dan sering terjadi overheating. Dapatkah bus melaju kencang di tol namun dengan putaran mesin yang rendah? Transmisi ini dapat membuat bus melaju 100 km/jam dengan putaran 2500 rpm, dibandingkan dengan transmisi bawaan Hino RK8 yang pada putaran mesin yang sama hanya mampu mencapai 70 km/jam. Dalam tugas akhir ini juga dibuat alat peraga untuk memperagakan gerak CVT, namun tidak dapat bekerja karena salah penempatan titik pembebanan.

***Kata kunci**: Bus, Tol Transjawa, Mesin, Transmisi, CVT*

ABSTRACT

Bus can transport passanger or any goods form city through city easily without any problems. The new Transjava toll road makes buses become more popular. But there's some problems appears when it speeding. Especially Hino RK8 that using transmission for winding road, makes the engine revs higher when it speeding on a highway. It affected on a higher fuel consumtion, and engine temperature. So, is the buses can go fast on a highway with lower revs? This transmission can brings the bus speeding 100 km/h at 2500 rpm while the standart RK8 transmission only give 70 km/h on the same revs. In this assignment, also make a mockup of CVT to demonstrate how it works, however it can't be works because of the wrong weight position.

***Keywords**: Bus, Transjava Toll Road, Engine, Transmission, CVT*

DAFTAR ISI

Halaman Judul i
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing ii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji iii
Halaman Persembahan v
Halaman Motto vi
Kata Pengantar atau Ucapan Terima Kasih vii
Abstrak ix
Daftar Isi xi
Daftar Tabel xiii
Daftar Gambar xiv
Bab 1 Pendahuluan 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 2
1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan 3
1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan 3
1.6 Sistematika Penulisan 4
Bab 2 Tinjauan Pustaka 5
2.1 Kajian Pustaka 5
2.2 Transmisi Manual 6
2.3 Transmisi Otomatis Konvensional 6
2.3.1 *Torque Converter* 8
2.3.2 *Planetary Gear Set* 8
2.3.3 Kontrol Hidrolik 9
2.4 Transmisi CVT 9
2.4.1 Transmisi Sabuk 10
2.4.2 Transmisi Extroid 11
Bab 3 Metode Penelitian 13
3.1 Alur Penelitian 13
3.2 Peralatan dan Bahan 14

3.3 Perancangan 14
3.3.1 Traksi 16
3.4 Pemodelan 3D 20
3.5 Simulasi Desain 24
3.6 Analisis Gerak 24
3.6.1 Gaya Gesek 24
Bab 4 Hasil dan Pembahasan 26
4.1 Hasil Perancangan 26
4.1.1 Analisis Traksi 26
4.1.2 Pemodelan Transmisi 29
4.2 Hasil Pengujian 43
4.3 Analisis dan Pembahasan 45
4.3.1 Output Transmisi 30
Bab 5 Penutup 50
5.1 Kesimpulan 50
5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya 50
Daftar Pustaka 51
Lampiran 51

DAFTAR TABEL

Tabel 3-1 Peralatan yang dibutuhkan..... 14

Tabel 3-2 Bahan yang dibutuhkan 14

Tabel 3-3 Spesifikasi Hino RK8 15

Tabel 3-4 Koefisien hambat aerodinamis beberapa jenis kendaraan 17

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1 Karakteristik torsi *internal combustion* 6
Gambar 2-2 Karakteristik transmisi manual 7
Gambar 2-3 Komponen pada transmisi otomatis konvensional 8
Gambar 2-4 Susunan komponen *torque converter* 9
Gambar 2-5 *Planetary Gearset* 10
Gambar 2-7 Karakter CVT dan transmisi otomatis konvensional 11
Gambar 2-8 Komponen transmisi sabuk 11
Gambar 2-9 Transmisi *Extroid* 12
Gambar 3-1 Alur penelitian 14
Gambar 3-2 Ukuran bus yang sesuai regulasi di Indonesia 17
Gambar 3-3 Grafik pengaruh tekanan ban pada f_o dan f_s 18
Gambar 3-4 Blueprint pada saat pengukuran dengan skala 1:1 20
Gambar 3-5 Hasil mengukur overhang belakang 22
Gambar 3-6 Ruang yang tersedia untuk transmisi 22
Gambar 3-7 Ruang antara rumah kopling dengan ujung transmission case ... 22
Gambar 3-8 Hasil pengukuran diameter case 22
Gambar 3-9 Grafik koefisien gesek traction fluid 24
Gambar 4-1 Gaya yang terjadi pada saat menanjak 26
Gambar 4-2 Ruang yang tersedia untuk desain transmisi 29
Gambar 4-3 *Roller* utama 29
Gambar 4-4 *Roller idler* 30
Gambar 4-5 Penempatan poros utama 30
Gambar 4-6 Penempatan *synchromesh hub* 31
Gambar 4-7 Posisi roda gigi 31
Gambar 4-8 Pemasangan roda gigi 32
Gambar 4-9 *Assembly* transmisi 32
Gambar 4-10 Model 3d transmisi CVT 33
Gambar 4-11 CVT units 33
Gambar 4-12 Synchromesh Gearbox 34

Gambar 4-13 Model 3d alat peraga 34
Gambar 4-14 Bentuk poros pada desain..... 35
Gambar 4-15 Poros untuk model alat peraga 35
Gambar 4-16 Gambar potongan poros utama 36
Gambar 4-17 Desain countershaft..... 36
Gambar 4-18 Perubahan desain countershaft 37
Gambar 4-19 Desain roller carriage 37
Gambar 4-20 Perubahan desain roller carriage 38
Gambar 4-21 Countershaft 38
Gambar 4-22 Poros utama yang terpasang synchromesh..... 39
Gambar 4-23 Poros utama yang terpasang roda gigi..... 39
Gambar 4-24 Roller, roda gigi, synchromesh, dan bearing terpasang 40
Gambar 4-25 Roda gigi penggerak roller..... 41
Gambar 4-26 Transmisi saat sudah dirakit utuh..... 41
Gambar 4-27 Synchromesh digerakkan dari netral ke low / high gear 42
Gambar 4-28 Input putaran mesin ke transmisi..... 43
Gambar 4-29 Pergerakan idler..... 43
Gambar 4-30 Roller driver (tanda lingkaran merah)..... 44
Gambar 4-31 Grafik Kecepatan..... 45
Gambar 4-32 Grafik traks..... 46
Gambar 4-33 Output kecepatan transmisi bawaan Hino RK8 46
Gambar 4-34 Besi ulir 47

DAFTAR NOTASI

R_a = Hambatan aerodinamika (N)

ρ = Massa jenis udara (kg/m^3)

C_d = Koefisien drag

A_f = Luas frontal kendaraan (m^2)

V_a = Kecepatan relatif angin (m/s)

R_r = Hambatan *rolling*

f_o dan f_s = Koefisien yang nilainya tergantung pada tekanan ban

V_k = Kecepatan kendaraan (km/jam)

n_{e2} = Batas atas operasional putaran mesin

n_{e1} = Batas bawah operasional putaran mesin

kg = Konstanta perbandingan

i_1 = rasio 1

F_i = gaya yang melawan arah laju kendaraan

r = jari-jari roda

M_e = torsi mesin

i_d = rasio gardan

η_t = efisiensi transmisi

n_e = Putaran mesin (rad/s)

F_{ges} = Gaya gesek (N)

W = Beban (N)

b = Koefisien gesek

r = Jari-jari *roller* (mm)

θ = Sudut arah gaya normal terhadap arah beban

θ_s = Sudut tanjak

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bus, sebuah alat transportasi masal yang keberadaannya sangat vital untuk moda transportasi masyarakat. Sifatnya yang fleksibel menjadi pilihan banyak masyarakat yang daerahnya tidak terjangkau oleh kereta api maupun pesawat. Bus juga dapat dijadikan *shuttle* ke Bandara, Stasiun, bahkan dijadikan pengumpan untuk sesama bus. Keberadaan bus diharapkan mampu menarik perhatian masyarakat untuk beralih dari kendaraan pribadi ke transportasi umum. Sehingga akan mengurangi kemacetan yang makin hari makin parah. Dikutip dari tirto.id, bahwa sebanyak 116 bus Volvo dan 300 bus Scania didatangkan untuk menyambut event Asian Games. Tribun News juga mengabarkan bahwa Surabaya dengan Suroboyo Bus juga mendatangkan 20 unit bus Mercedes-Benz. Belum lagi penambahan armada bus yang dioperasikan oleh PO bus AKAP yang mana PO tersebut sangat mengutamakan kenyamanan dan kecepatan. Selain itu kehadiran jalan Tol Transjawa membuat perjalanan dengan bus akan semakin singkat dan nyaman. Hal ini akan sangat menarik minat masyarakat pada transportasi bus.

Namun, kehadiran jalan Tol Transjawa menjadi masalah baru bagi bus yang beredar di Indonesia, khususnya bagi Hino RK8. Bus ini sering mengalami *overheating* pada saat melaju di tol transjawa. Menurut CEO PO Haryanto, Rian Mahendra mengatakan melalui *channel* resmi PO Haryanto, Hino RK8 sering terjadi *overheating* di Tol Transjawa. Hal ini diakui oleh mekanik Haryanto sendiri. Pada video di *channel* youtube milik Mas Wahid, ia mengatakan bahwa driver selalu membawa bus pada rpm 4000 agar mencapai kecepatan optimumnya. Sedangkan Hino RK8 memiliki *redline* di rpm 3000.

Sebagai solusinya, dirancanglah transmisi yang cocok untuk medan landai. Hal ini dibenarkan oleh Direktur Hino Motor Sales Indonesia, Hiro Kayanoki. Ia mengatakan bahwa bus bertransmisi matik memiliki gigi *overdrive* yang mampu mengoptimalkan performa mesin. *Overdrive* adalah kendaraan

melaju dengan kecepatan optimal, namun dengan putaran mesin lebih rendah (Setright, 1976).

Transmisi otomatis yang banyak beredar di Indonesia adalah jenis transmisi otomatis konvensional. Jika merujuk pada data Gaikindo tahun 2019 tentang penjualan bus, bus bertransmisi otomatis konvensional yang terjual sebanyak 159 unit. Yang mana 1 unit adalah bus medium, 120 unit bus besar, 31 unit bus maxi, dan 7 unit bus tingkat.

Transmisi otomatis konvensional terdiri dari roda gigi yang disusun mengorbit pada poros utama. Kelemahan transmisi ini adalah sering terjadi hentakan pada saat perpindahan gigi. Selain itu jika ingin menambah rasio perpindahan percepatannya, maka yang diperlukan adalah menambah jumlah unit *planetary gear*. Hal ini akan menambah biaya produksi dan perawatan.

Dalam topik tugas akhir ini, saya ingin menuangkan ide untuk membuat sebuah transmisi otomatis yang memiliki mekanisme lebih sederhana dari sebelumnya. Untuk itu transmisi CVT dipilih untuk digunakan pada bus. CVT atau *continously variable transmission* adalah transmisi yang memiliki jumlah rasio percepatan tak terhingga. Ada berbagai macam jenis CVT yang banyak digunakan, yaitu transmisi sabuk, *extroid*, dan *nuvinci*. Karena memiliki sifat yang kontinyu, CVT dapat diubah menjadi manual dengan mengubah rasio antara *driver* dan *driven*.

Penelitian tugas akhir ini diharapkan mampu mewujudkan ide transmisi CVT Heavy Duty dan membuat alat peraga untuk memperagakan gerak CVT.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah CVT mampu membuat putaran mesin lebih rendah?
2. Apakah alat peraga mampu memperagakan gerak CVT?

1.3 Batasan Masalah

Dalam suatu perancangan kita tidak mungkin bisa menyelesaikan seluruh masalah yang telah dirumuskan pada rumusan masalah. Maka perlu adanya

batasan masalah mengenai apa yang dibuat pada tugas akhir ini. Adapun batasan masalah pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Model dan pengujian hanya untuk memperagakan mekanisme CVT.
2. Desain dan pemodelan hanya terfokus pada CVT. Untuk desain komponen lain seperi poros, roda gigi, dan *synchromesh* dibuat berdasarkan produk yang sudah ada.
3. Pembuatan model menggunakan part dari merk kendaraan lain.
4. Slip kopling, dan loses pada gardan sebesar 10%. Sehingga efisiensi transmisinya 90% (Jhee, n.d.).

1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan

Tujuan penulisan rumusan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang mekanisme transmisi otomatis CVT.
2. Membuat model 3d CVT.
3. Memperagakan gerak CVT dari desain dan alat peraga.

1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan

1. Bagi Mahasiswa
   a. Dapat mengembangkan kemampuan kreatifitas mahasiswa dalam mendesain, merancang dan menganalisis sebuah prinsip kerja.
   b. Mengembangkan wawasan terbuka dan pola piker intelektif mahasiswa dalam menerapkan prinsip-prinsip mendesain yang inovatif.
2. Bagi Masyarakat
   a. Mengedukasi masyarakat mengenai mekanisme baru transmisi otomatis bagi kendaraan besar.
   b. Mengajak masyarakat mengetahui inovasi terkini desain *CVT* (*continuous variable transmission*) yang diperuntukan untuk kendaraan besar seperti bis.
3. Bagi *Manufacturer*

a. Mengajak *manufacturer* untuk mengembangkan lebih lanjut transmisi CVT ini.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memahami lebih jelas apa isi dari laporan tugas akhir ini, maka materi-materi yang tertera pada tugas akhir ini dikelompokkan menjadi beberapa sub bab dengan sistematika penyampaian sebagai berikut:

1. **BAB 1 Pendahuluan**

   Berisi tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian, dan sistematika penulisan.

2. **BAB 2 Tinjauan Pustaka**

   Bab ini berisikan teori yang berupa pengertian dan definisi yang diambil dari kutipan buku yang berkaitan dengan penyusunan laporan skripsi serta beberapa literature review yang berhubungan dengan penelitian.

3. **BAB 3 Metode Penelitian**

   Bab ini berisikan tentang metode yang digunakan untuk perancangan transmisi CVT ini.

4. **BAB 4 Hasil dan Pembahasan**

   Bab ini berisi tentang bagaimana transmisi CVT ini dirancang mulai dari tahap survei hingga tahap pengujian beserta hasil yang didapat dari semua tahapan yang dilalui. Pada bab ini juga akan dibahas mengenai hasil dari perancangan CVT.

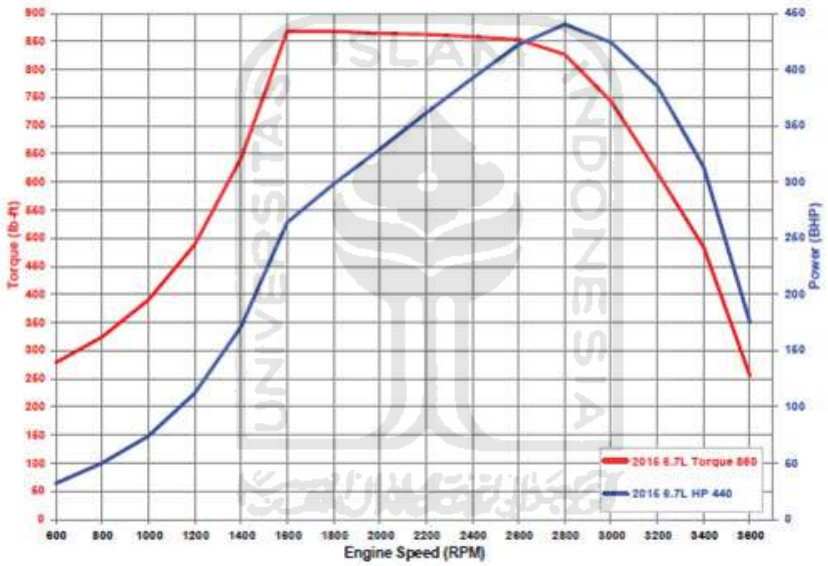
5. **BAB 5 Penutup**

   Bab ini berisi kesimpulan dan saran yang berkaitan dengan analisa dan optimalisasi sistem berdasarkan yang telah diuraikan pada bab-bab sebelumnya.

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Transmisis adalah mekanisme untuk mengatur gaya dorong yang akan disalurkan ke roda (Uicker et al., 2003). Gaya dorong sangat diperlukan kendaraan untuk dapat melaju. Di sini transmisi memiliki peranan penting untuk mengubah torsi menjadi gaya dorong. Torsi yang dihasilkan oleh mesin *internal combustion* memiliki karakteristik yang unik. Karakteristik torsi mesin dapat dilihat pada kurva rpm vs *torque* pada gambar 2-1.



Gambar 2-1 Karakteristik torsi *internal combustion*.

(Sumber: ford-trucks.com)

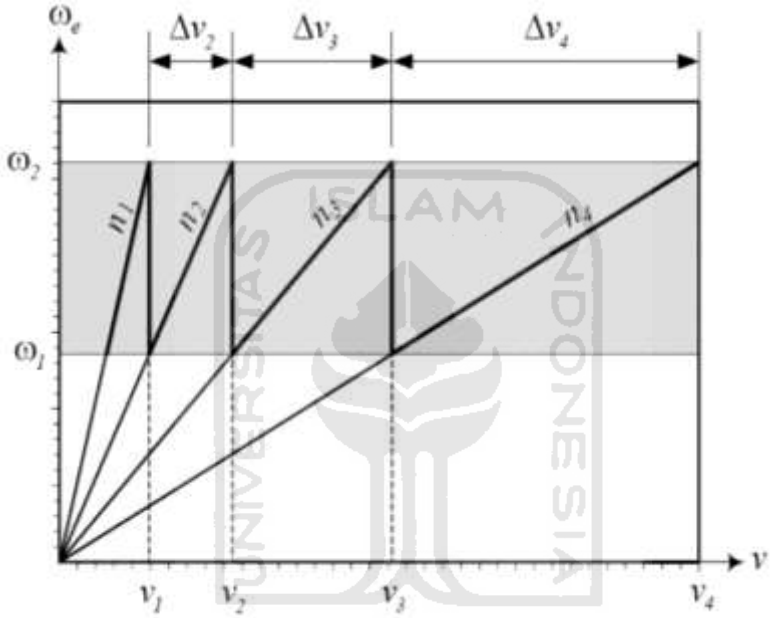
Pada gambar 2-1 memperlihatkan bahwa torsi mesin pada putaran bawah sangat rendah. Lalu torsi naik seiring semakin cepatnya putaran mesin, kemudian rata pada putaran tertentu. Dan saat putaran mesin sangat tinggi torsi akan turun.

Dengan melihat karakteristik mesin *internal combustion* yang sedemikian rupa, maka perlu dibuat transmisi yang mampu mentransformasikan torsi menjadi gaya dorong yang optimal.

Ada tiga jenis transmisi yang umum dipakai pada kendaraan bermotor yaitu, transmisi manual, transmisi otomatis konvensional, dan transmisi CVT.

2.2 Transmisi Manual

Transmisi manual merupakan transmisi paling umum yang banyak digunakan oleh kendaraan bermotor. Karena mekanisme dan perawatannya yang mudah membuat transmisi manual banyak digunakan oleh kendaraan bermotor. Pengaturan gigi yang sesuai laju kendaraan secara *real time* dapat menghemat penggunaan bahan bakar. Serta karakternya yang menyenangkan membuat transmisi manual banyak diminati. Untuk karakter transmisi manual sendiri dapat dilihat pada gambar 2-2.



Gambar 2-2 Karakteristik transmisi manual.

(Sumber: slideplayer.com)

Terlihat transmisi manual memiliki karakter yang dapat mencapai putaran maksimal dengan sangat cepat. Namun saat perpindahan gigi terjadi penurunan putaran mesin yang mana akan menyebabkan kendaraan kehilangan torsi.

2.3 Transmisi Otomatis Konvensional

Transmisi jenis ini dapat berpindah gigi secara otomatis. Transmisi otomatis paling umum ditemukan pada kendaraan bermotor adala transmisi hidro dinamik dengan roda gigi *planetary* sebagai pengatur rasionya. Roda gigi planetary ini dikendalikan secara hidrolik (Nice, 2000).

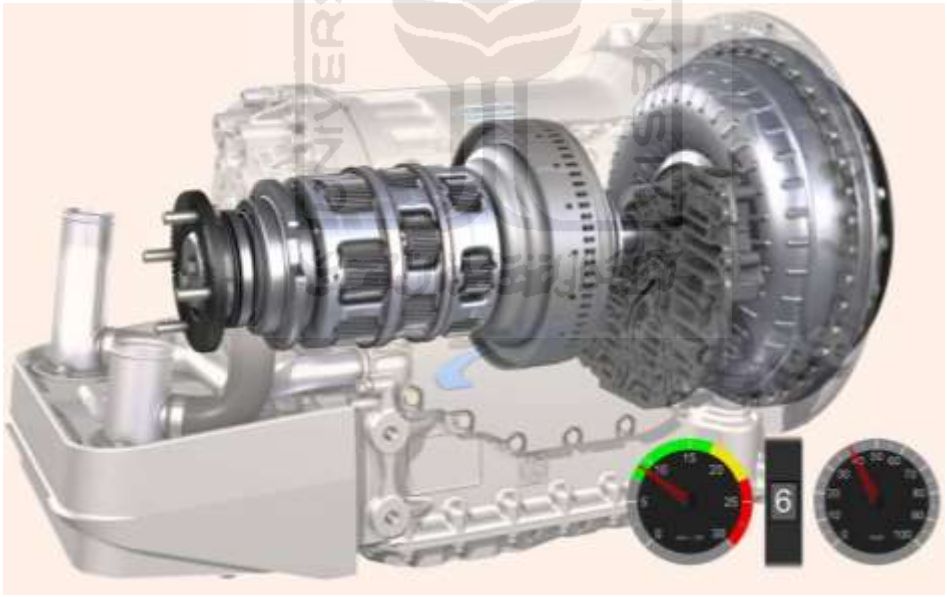
Transmisi otomatis konvensional memiliki beberapa keuntungan, yaitu:

1. Kejadian *stall* (mati mesin) pada saat kendaraan berhenti tidak akan terjadi.
2. *Torque converter* berfungsi sebagai kopling fleksibel antara mesin dengan roda penggerak. Sehingga tidak memerlukan mekanisme kopling manual.
3. Dengan pemilihan rasio gigi yang tepat, dapat menghasilkan gaya dorong mendekati ideal.

Namun transmisi otomatis konvensional juga memiliki beberapa kelemahan. Kelemahan tersebut antara lain:

1. Bobotnya yang berat.
2. Perpindahan gigi yang kurang mulus.
3. Tidak terdapat *retarder* sehingga pengemudi perlu pembiasaan saat menggunakan kendaraan dengan transmisi ini.

Untuk komponen apa saja yang terdapat pada transmisi otomatis konvensional ini, dapat dilihat pada gambar 2-3 sebagai berikut.



Gambar 2-3 Komponen pada transmisi otomatis konvensional.
(Sumber: ZF Ecolife *schaltanimation*)

Transmisi ini memiliki 3 komponen utama, yaitu, *Torque converter*, *planetary gear set*, dan kontrol hidrolik.

2.3.1 *Torque Converter*

Torque converter sebuah komponen transmisi yang bekerja secara hidrolik mengubah energi mekanik mesin menjadi energi kinetik fluida (Wayback Machine, 2014) . Energi kinetik ini kemudian diubah lagi menjadi energi mekanik poros *output*. *Torque converter* memiliki 3 komponen utama. Komponen tersebut adalah turbin, *impeller*, dan *stator*. Komponen pada *torque converter* dapat dilihat pada gambar 2-3.

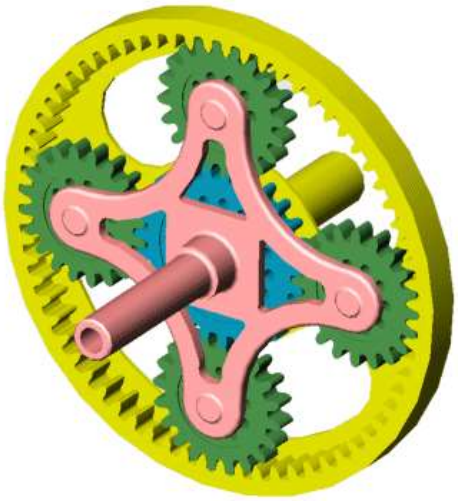


Gambar 2-4 Susunan komponen *torque converter*.
(Sumber: worldchronicle24.com)

Torque converter bekerja secara hidrolis. *Impeller* yang terhubung dengan mesin akan membuat fluida terlempar ke arah luar akibat gaya sentrifugal. Fluida tersebut kemudian diterima oleh turbin yang terhubung ke poros. Fluida tersebut kemudian dikembalikan lagi ke *impeller* oleh stator (Sutantra, 2001).

2.3.2 *Planetary Gear Set*

Planetary gear set adalah satu set roda gigi yang disusun melingkar menyerupai sistem tata surya dengan *sun gear* berada di tengah, dikelilingi oleh roda gigi *pinion* yang diletakkan pada sebuah *carrier*. Sementara *ring gear* terpasang pada bagian terluar dari *planetary gear set*. Untuk susunannya dapat dilihat pada gambar 2-5.



Gambar 2-5 Susunan roda gigi *planetary*.

(Sumber: MathWorks)

2.3.3 Kontrol Hidrolik

Kontrol Hidrolik adalah alat untuk mengatur perpindahan gigi pada transmisi otomatis konvensional. Komponen ini memiliki oil pan yang berguna sebagai reservoir fluida, pompa oli untuk meningkatkan tekanan hidraulik, serta berbagai macam katup dan pipa yang akan mengalirkan minyak transmisi ke bagian clutch, brake dan bagian-bagian lain pada komponen transmisi otomatis ini. Kebanyakan katup hydraulic control unit bisa ditemukan pada valve body assembly yang letaknya di bawah planetary gear.

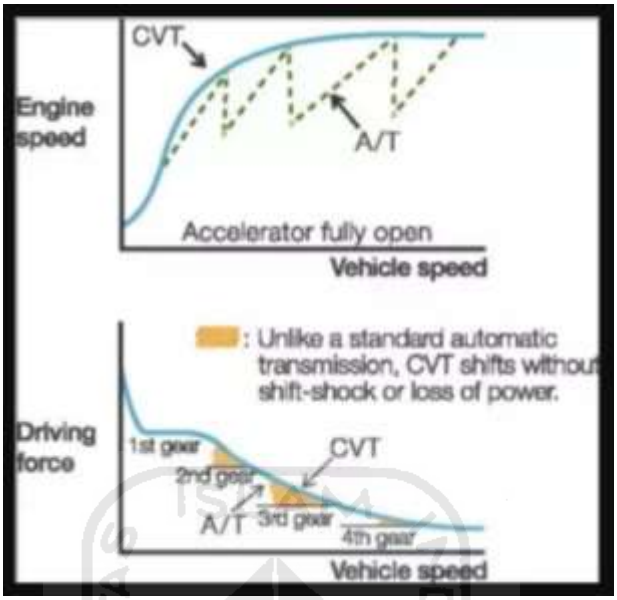
2.4 Transmisi CVT

Transmisi CVT atau *continously variable transmission* adalah sebuah transmisi yang memiliki jumlah rasio tak terhingga. Karena memiliki jumlah rasio yang tak terhingga, perpindahan rasio pada CVT sangat halus. Rasio tak terhingga tersebut karena mekanisme CVT yang memanfaatkan gaya gesek untuk mentransmisikan daya.

Transmisi CVT memiliki beberapa kelebihan. Kelebihan tersebut antara lain:

1. Mekanisme transmisi yang sederhana
2. Perpindahan rasio kecepatan sangat halus.

3. Tidak ada power mesin yang hilang saat penambahan perpindahan rasio. Pada gambar 2-6 dapat dilihat perbedaan karakteristik transmisi CVT dengan transmisi otomatis konvensional.



Gambar 2-6 Karakter CVT dan transmisi otomatis konvensional.
(Sumber: quora.com)

Pada gambar 2-6 terlihat bahwa CVT menjaga putaran mesin agar tetap konstan.

CVT pun memiliki beberapa kekurangan yang cukup mengganggu. Kekurangan tersebut adalah:

1. Karena memanfaatkan gaya gesek, maka akan cukup banyak tenaga yang terbuang akibat gesekan.
2. Tarikan awal yang berat.

Bagaimana mekanisme dari CVT? CVT memiliki berbagai macam jenis. Antara lain transmisi sabuk, transmisi *extroid*, dan transmisi bola. Namun yang digunakan pada kendaraan bermotor umumnya adalah transmisi sabuk dan sebagian kecil menggunakan *Extroid*.

2.4.1 Transmisi Sabuk

Transmisi sabuk merupakan model CVT yang paling umum digunakan. Mekanisme dari transmisi sabuk ini dalah 2 buah puli yang ditransmisikan menggunakan sabuk baja. Untuk mengubah rasionya, tiap puli dapat membesar

dan mengecil. Puli memiliki 2 bagian, yaitu *fixed sheave* dan *sliding sheave*. *Sliding sheave* yang akan bergerak mengatur besar kecilnya puli . Untuk komponen apa saja yang terdapat pada transmisi sabuk, maka dapat dilihat pada gambar 2-7.



Gambar 2-7 Komponen transmisi sabuk.

(Sumber: PT. Astra *New Step* 2 Toyota, 1996:1-22)

2.4.2 Transmisi *Extroid*

Extroid CVT menggunakan *roller* untuk perpindahan rasionya. *Roller* tersebut memiliki fungsi berbeda. Pada gambar 2-8 terlihat empat *roller* besar sebagai *roller* utama, dan enam *roller* kecil sebagai *idler*. *Roller* kecil yang akan mengubah rasio percepatan pada *roller* utama dengan mengubah sudut *roller* terhadap poros utama. Untuk mekanisme pergerakan *idler* menggunakan sistem hidrolik (Nissan, 1992). Transmisi jenis ini diklaim oleh Nissan mampu digunakan pada kendaraan yang memiliki torsi tinggi. Untuk model dari transmisi *Extroid* dapat dilihat pada gambar 2-8.

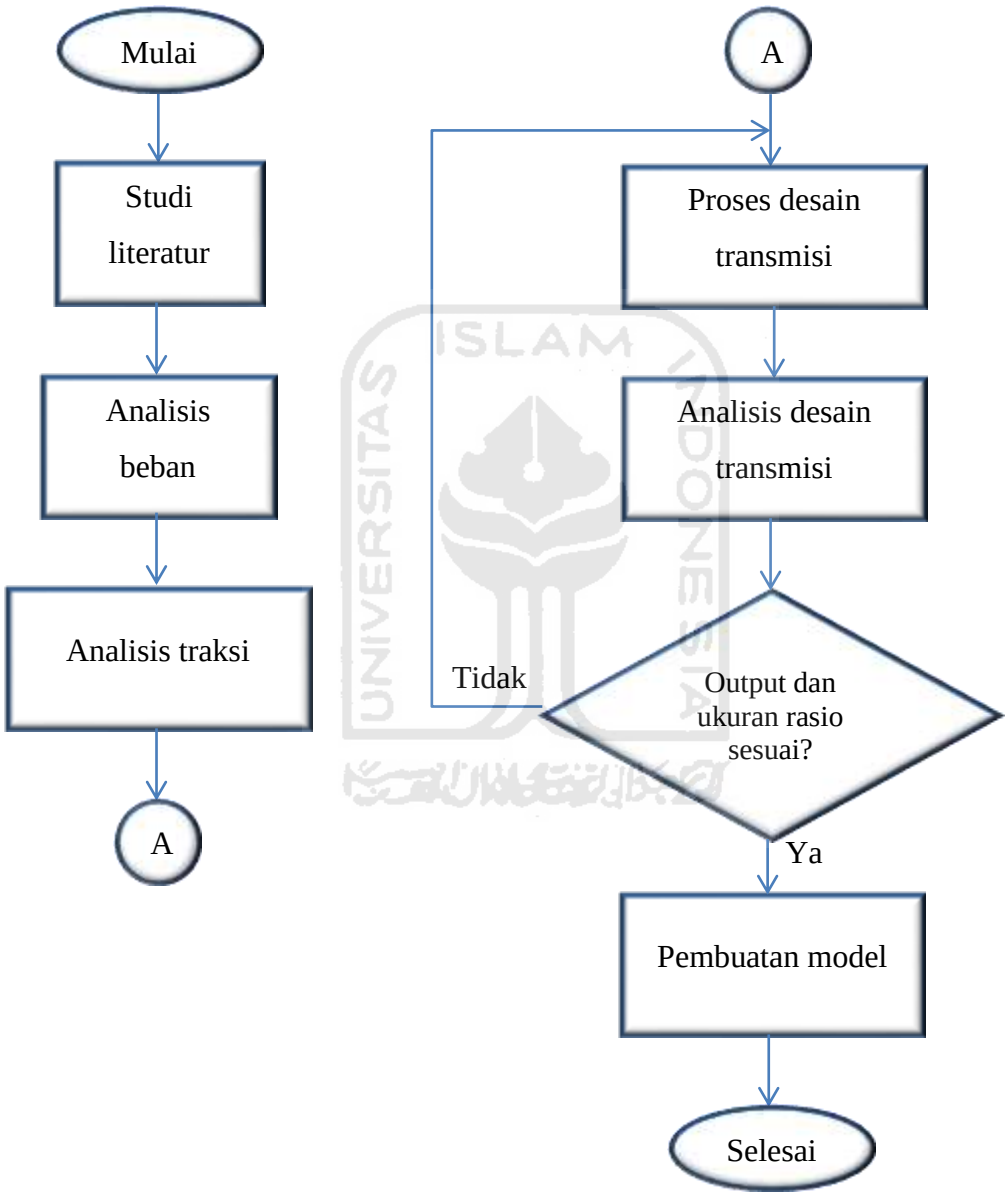


Gambar 2-9 *Extroid* CVT.
(Sumber: PUNCH Flybrird)

BAB 3
METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Berikut adalah alur penelitian dapat dilihat pada gambar 3-1.



Gambar 3-1 Alur penelitian.

3.2 Peralatan dan Bahan

Alat apa saja yang dibutuhkan pada proses perancangan terdaftar pada tabel 3-1.

Tabel 3-1 Peralatan yang dibutuhkan.

No	Alat	Fungsi
1	Komputer	Mendesain dan menganalisis rancangan.
2	3D Printer	Alat utama pembuat model.
3	Jangka Sorong	Mengukur dimensi.

Sementara untuk bahan yang dibutuhkan terlampir pada tabel 3-2.

Tabel 3-2 Bahan yang diperlukan.

No	Bahan	Kegunaan
1	Filamen PLA	Bahan utama pembuat model.
2	Transmisi Mobil	Pemodelan part poros dan roda gigi.
3	*Synchromesh unit*	
4	Baut dan Mur	
5	Lem	

3.3 Perancangan

Sebelum memulai perancangan, kita harus mengetahui spesifikasi dari kendaraan yang akan dibuatkan transmisi. Dalam tugas akhir ini contoh kendaraan yang dipakai adalah bus Hino RK8 R260. Dan pada tabel 3-3 berikut merupakan spesifikasi dari Hino RK8 R260.

Tabel 3-3 Spesifikasi Hino RK8.

(Sumber: dutahino.co.id)

Model	RK8 R260
Dimensi	*Wheelbase*: 6000 mm *Front overhang*: 2200 mm *Rear overhang*: 3270 mm Lebar jejak depan: 2040 mm Lepar jejak belakang: 2840 mm
Roda	Velg: 20 × 7.00T-162 Ban: 11R / 22.5-16PR Jumlah ban: 6 + 1 ban serep Tekanan ban operasional: 50 psi
Mesin	Hino J08E-UF Euro II Inline-6 7800cc Turbocharged Intercooler 112 mm (Bore) x 130 mm (Stroke) 260 PS / 2500 rpm 91 Kgm / 1500 rpm
Transmisi	MF06S Rasio gigi: (1) 8.189 (2) 5.340 (3) 3.076 (4) 1.936 (5) 1.341 (6) 1.000 (mundur) 7.142
Rasio Gardan	4.3
Daya Tanjak (θ)	38
Kecepatan Maksimum	116 km/jam
Daya angkut (GVW)	14.2 ton

3.3.1 Traksi

Sebelum merancang sebuah transmisi diperlukan untuk menganalisis gaya apa saja yang terjadi pada kendaraan. Kombinasi dari gaya tersebut yang akan menghasilkan traksi. Setelah diketahui traksinya maka dapat dicari rasio yang tepat. Ada tiga gaya pada sebuah kendaraan, yaitu, gaya hambat angin, gaya rolling, dan beban tanjak.

3.3.1.1 Gaya Hambat Angin

Gaya hambat angin dapat dicari menggunakan rumus sebagai berikut:

$$R_a = \frac{1}{2}\rho \times C_d \times A_f \times V_a \tag{3.1}$$

dimana,

R_a = Hambatan aerodinamika (N)

ρ = Massa jenis udara (kg/m^3)

C_d = Koefisien drag

A_f = Luas frontal kendaraan (m^2)

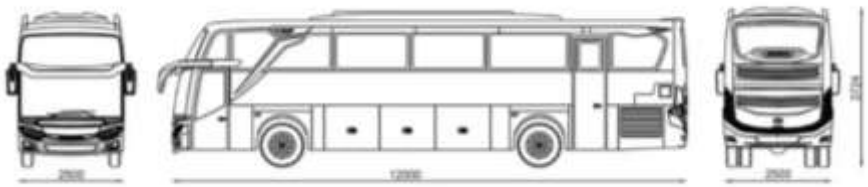
V_a = Kecepatan relatif angin (m/s)

Untuk mencari variabel A, harus mengetahui seberapa luasan frontal kendaraan. Jika merujuk pada Peraturan Pemerintah Nomor 55 Tahun 2012 Tentang Kendaraan, ukuran bus besar adalah sebagai berikut:

1. JBB (Jumlah beban yang diperbolehkan) lebih dari 8.000 sampai dengan 16.000 kilogram.
2. Ukuran panjang keseluruhan tidak melebihi ukuran landasan dan ukuran panjang keseluruhan Kendaraan Bermotor lebih dari 9.000 milimeter sampai dengan 12.000 milimeter.
3. Ukuran lebar keseluruhan tidak melebihi ukuran landasan dan ukuran lebar keseluruhan tidak melebihi 2.500 milimeter serta tinggi Kendaraan tidak lebih dari 4.200 milimeter dan tidak lebih dari 1,7 kali lebar kendaraannya.

Namun untuk tinggi bus, kembali lagi ke spesifikasi kendaraan, dan kebijakan Karoseri. Dikutip dari haltebus.com, karoseri Adiputro

memperbolehkan bus dengan GVW dibawah 16 ton menggunakan bodi tinggi 3850 mm, tentu dengan banyak modifikasi di bagian kaki-kaki. Sedangkan Rahayu Santosa untuk bus GVW dibawah 18 ton, dalam keadaan standar hanya boleh maksimum 3750 mm. Di sini penulis menggunakan tinggi 3750 mm karena bus akan dibangun dalam keadaan standar.



Gambar 3-2 Ukuran bus yang sesuai regulasi di Indonesia.
(Sumber: ayonaikbis.com)

Jadi untuk luasan frontal bus adalah 2500 mm x 3724 mm, jika merujuk pada regulasi yang ada di Indonesia.

Sementara untuk mencari koefisien drag, dapat dilihat pada tabel 3-4.

Tabel 3-4 Koefisien hambat aerodinamis beberapa jenis kendaraan.
(Sutantra, 2001)

Jenis Kendaraan	Koefisien hambat
Kendaraan penumpang	0.3 - 0.6
Kendaraan *convertible*	0.4 - 0.65
Kendaraan balap	0.25 – 0.3
Bus	0.6 – 0.7
Truk	0.8 – 1.0
Tractorhead / Semi-Trailer	0.8 – 1.3
Sepeda motor + pengendara	1.8

3.3.1.2 Gaya Rolling

Gaya Rolling diakibatkan oleh gesekan ban dengan jalan. Cara menghitungnya dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$R_r = f_o + f_s(\frac{V_k}{1000})^{2.5} \quad (3.2)$$

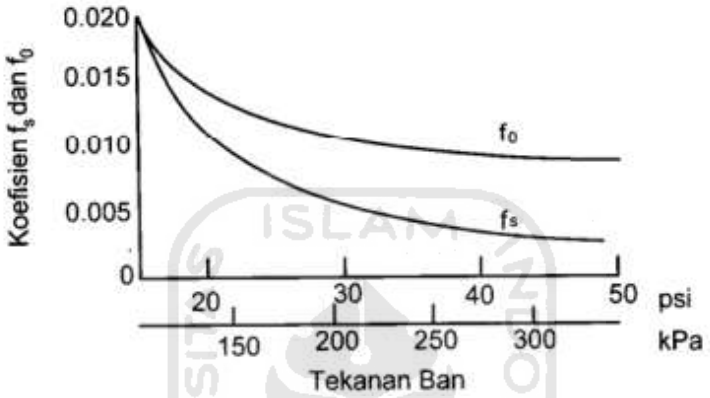
dimana,

R_r = Hambatan *rolling*

f_o dan f_s = Koefisien yang nilainya tergantung pada tekanan ban

V_k = Kecepatan kendaraan (km/jam)

Untuk koefisien f_0 dan f_s, dapat dilihat pada gambar 3-2.



Gambar 3-3 Grafik pengaruh tekanan ban pada f_o dan f_s.

3.3.1.3 Beban Tanjak

Pada mencari beban tanjak, perlu disimulasikan bus dalam keadaan berhenti dengan kemiringan maksimum yang dapat dicapai oleh bus. Kemampuan tanjak maksimum dapat dilihat pada tabel 3-3. Untuk perhitungannya menggunakan rumus berikut.

$$F = W\sin\theta \quad (3.3)$$

dimana,

W = Beban kendaraan

θ = Sudut arah gaya (90^0 – Sudut tanjak)

3.3.1.4 Rasio dan *Output* Transmisi

Setelah diketahui beban yang terjadi pada bus, maka dimulailah perancangan transmisi CVT ini. Rasio kecepatan dapat dicari menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\frac{n_{e2}}{n_{e1}} = kg \tag{3.4}$$

dimana,

n_{e2} = Batas atas operasional putaran mesin

n_{e1} = Batas bawah operasional putaran mesin

kg = Konstanta perbandingan

Setelah ditemukan kg lalu dicari rasio kecepatan ke-1. Rasio kecepatan yang dibutuhkan dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$i_1 = \frac{F_i \times r}{M_e \times i_d \times \eta_t} \tag{3.5}$$

dimana,

i_1 = rasio 1

F_i = gaya yang melawan arah laju kendaraan

r = jari-jari roda

M_e = torsi mesin

i_d = rasio gardan

η_t = efisiensi transmisi

Untuk mencari rasio kecepatan ke-2 sampai ke-6 dilakukan perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\frac{i_2}{i_1} = \frac{i_3}{i_3} = \frac{i_4}{i_3} = \frac{i_5}{i_4} = \frac{i_6}{i_5} = \frac{n_{e2}}{n_{e1}} = kg \tag{3.6}$$

Setelah diketahui rasionya, maka perlu mengetahui *output* transmisinya. Berikut merupakan rumus untuk mencari *output* kecepatan kendaraan:

$$V = \frac{n_e \times r}{i_k \times i_d}(1 - S) \tag{3.7}$$

dimana,

V = Kecepatan kendaraan (m/s)

n_e = Putaran mesin (rad/s)

S = Slip antara ban dengan jalan (2-5%)

Dan berikut ini merupakan rumus untuk mencari *output* traksinya:

$$F_{kv} = \frac{M_e(v) \times i_k \times i_d}{r} \times \eta_t \quad (3.8)$$

dimana,

F_{kv} = Gaya dorong pada roda untuk transmisi ke-k pada kecepatan kendaraan

$M_e(v)$ = Torsi mesin untuk kecepatan sebesar v

i_k = Rasio transmisi ke-k

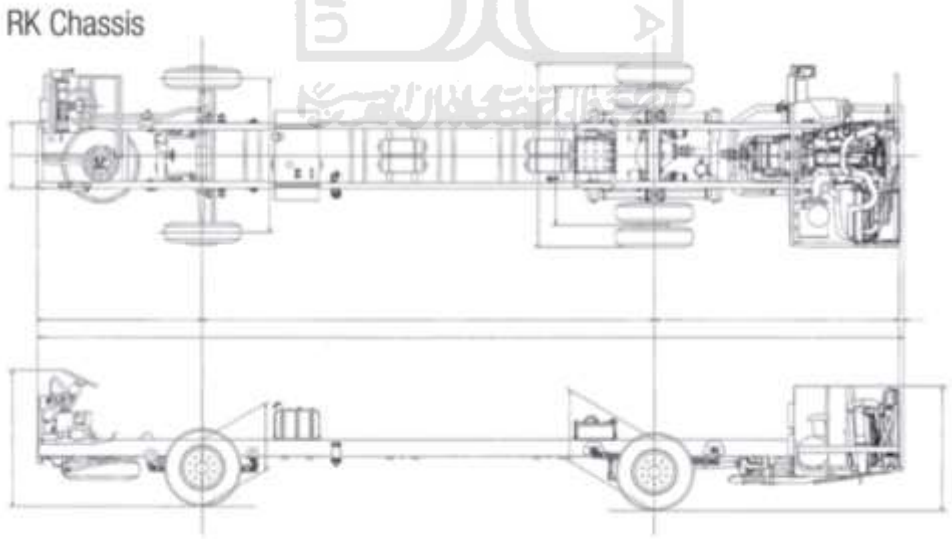
i_d = Rasio gardan

r = Jari-jari roda

Perhitungan *output* transmisi dilakukan menggunakan Microsoft Excel 2010. Rasio gardan menggunakan rasio gigi mundurnya, untuk membuat ukuran rasio yang lebih kecil.

3.4 Pemodelan 3D dan Pembuatan Alat Peraga

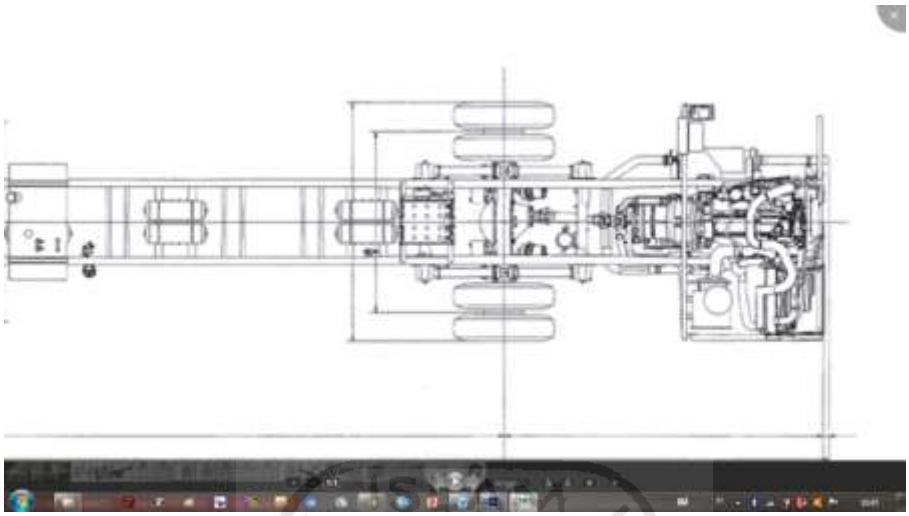
Setelah diketahui rasionya, kemudian dilakukan pemodelan 3d. Sebelum melakukan pemodelan 3d, harus diketahui seberapa luas ruang yang tersedia untuk transmisi. Pengukuran dilakukan dengan mengukur *overhang* belakang bus pada *blueprintnya*.



Gambar 3-4 Blueprint sasis Hino RK8.

(Sumber: Hino Australia)

Pengukuran dilakukan langsung pada layar PC. Resolusi gambar 1920 x 1107 diskala 1:1 terhadap layar PC agar diketahui ukuran aktual gambar pada layar.



Gambar 3-5 *Blueprint* pada saat pengukuran dengan skala 1:1 terhadap resolusi layar PC.



Gambar 3-6 Hasil mengukur *overhang* belakang, sebesar 112.90 mm.

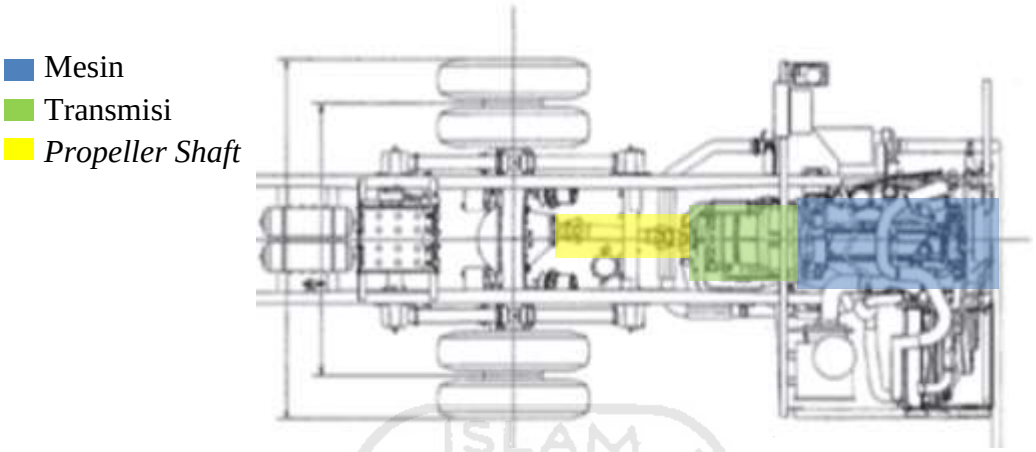
Hasil yang terukur kemudian dibagi dengan ukuran aktualnya untuk menentukan skalanya.

$$skala = \frac{Hasil\ pengukuran}{Ukuran\ aktual}$$

$$skala = \frac{112.90}{3037}$$

$$skala = 0.0371$$

Setelah menemukan skala, kemudian ukur ruang antara mesin dengan *propeller shaft*. Pengukuran menggunakan metode yang sama dengan mencari skala gambar.



Gambar 3-7 Ruang yang tersedia untuk transmisi.



Gambar 3-8 Ruang antara rumah kopling dengan ujung *transmission case*.

Hasil terukur kemudian dibagi dengan skala yang telah ditentukan pada perhitungan sebelumnya.

$$Ukuran\ aktual = \frac{Hasil\ pengukuran}{Skala}$$

$$Ukuran\ aktual = \frac{22.80}{0.0371}$$

$$Ukuran\ aktual = 614.55\ mm$$

Hal yang sama dilakukan untuk mengukur diameter *transmission case*.



Gambar 3-9 hasil pengukuran diameter *case*.

$$Ukuran\ aktual = \frac{Hasil\ pengukuran}{Skala}$$

$$Ukuran\ aktual = \frac{13.54}{0.0371}$$

$$Ukuran\ aktual = 364.95\ mm$$

Untuk pemodelan transmisi, dibatasi ruang sebesar 772.7 mm x 496.7 mm. Yang mana nantinya model transmisi akan dibuat menyesuaikan ruang tersebut.

Pemodelan poros dan roda gigi, dilakukan dengan memodelkan ulang transmisi milik Suzuki Futura yang akan di-*up scaled* terhadap transmisi milik Hino RK8.



Gambar 3-10 Transmisi milik Suzuki Futura.

Transmisi milik Suzuki Futura memiliki panjang total 535 mm. Ukuran ini dibandingkan dengan ukuran milik Hino RK8 untuk mencari skalanya.

$$Skala = \frac{Ukuran\ Transmisi\ Futura}{Ukuran\ Transmisi\ RK8}$$

$$Skala = \frac{535}{614.55}$$

$$Skala = 0.87$$

Pembuatan alat peraga dilakukan setelah desain selesai. Alat peraga diskala agar sesuai dengan part yang sudah dibeli.

3.5 Simulasi Desain

Proses analisis desain terbagi menjadi dua tahap. Tahap pertama yaitu melalui perhitungan manual, dan tahap kedua perhitungan menggunakan software Solidworks 2017. Analisis diperlukan untuk mengetahui apakah desain yang dibuat dapat bekerja dengan baik.

3.6 Analisis Gerak

Karena CVT memanfaatkan gaya gesek untuk menyalurkan torsi, maka perlu melakukan analisis gerak. Analisis pada transmisi CVT adalah sebagai berikut.

3.6.1 Gaya Gesek

Gaya gesek sangat dibutuhkan oleh sebuah CVT. Gaya gesek ini yang akan menyalurkan torsi mesin ke roda. Gaya gesek sangat dipengaruhi oleh diameter, gaya tekan, dan koefisien gesek (Hibbeler, 2007). Gaya gesek dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$F_{ges} = \frac{W \times b}{\sqrt{r^2 \times b^2}} \tag{3.9}$$

dimana,

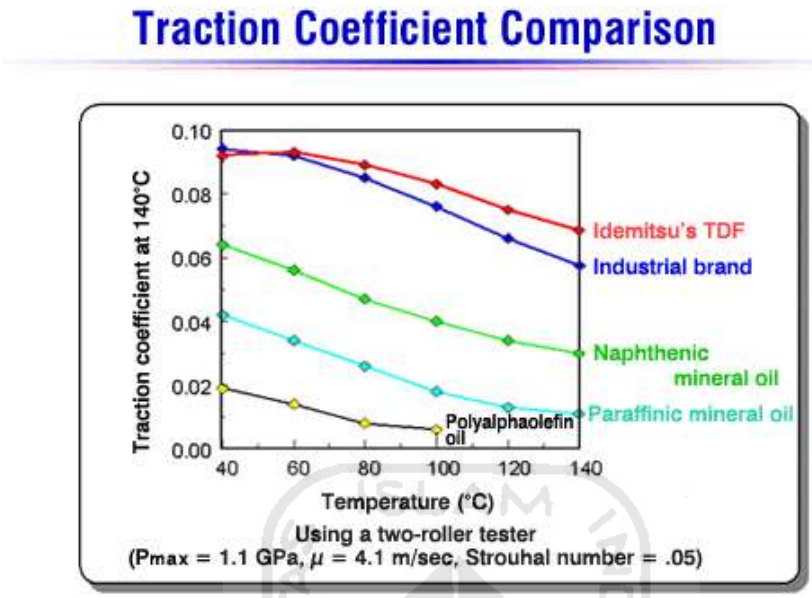
F_{ges} = Gaya gesek (N)

W = Beban (N)

b = Koefisien gesek

r = Jari-jari *roller* (mm)

Untuk koefisien gesek daat dilihat pada gambar 3-3 sebagai berikut.



Gambar 3-10 Grafik koefisien gesek traction fluid.

(Sumber: Idemitsu)

BAB 4
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan

Dari metode penelitian yang tertulis pada bab 3, maka hasil perancangannya adalah sebagai berikut.

4.1.1 Analisis Traksi

Pada subbab 3.3.1 ada beberapa hal yang mempengaruhi traksi, antara lain gaya hambat angin, gaya rolling dan beban tanjak.

4.1.1.1 Analisis Gaya Hambat Angin

Untuk mencari gaya hambat angin, diasumsikan bus melaju dengan kecepatan 100 km/jam, kerapatan udara 1.225 kg/m^3, dimensi frontal bodi bus 2500mm x 3750 mm. Perhitungan menggunakan persamaan 3.1.

$$R_a = \frac{1}{2} \times \rho \times C_d \times A_f \times V_a$$

$$R_a = \frac{1}{2} \times 1.225 \frac{kg}{m^3} \times 0.7 \times (0.25 \times 0.375) \times 28\, m/s$$

$$R_a = 1.125\, N$$

4.1.1.2 Analisis Gaya *Rolling*

Untuk mencari gaya *rolling* diasumsikan tekanan ban bus sebesar 110 psi. Perhitungan gaya *rolling* menggunakan persamaan 3.2. Untuk koefisien f_o dan f_s dapat dilihat pada gambar 3-2.

Pada roda depan:

$$R_{rf} = (f_o + f_s(\frac{V_k}{1000})^{2.5})2$$

$$R_{rf} = (0.010 + 0.0025(\frac{28\ m/s}{1000})^{2.5})2$$

$$R_{rf} = 0.0203\ N$$

Pada roda belakang:

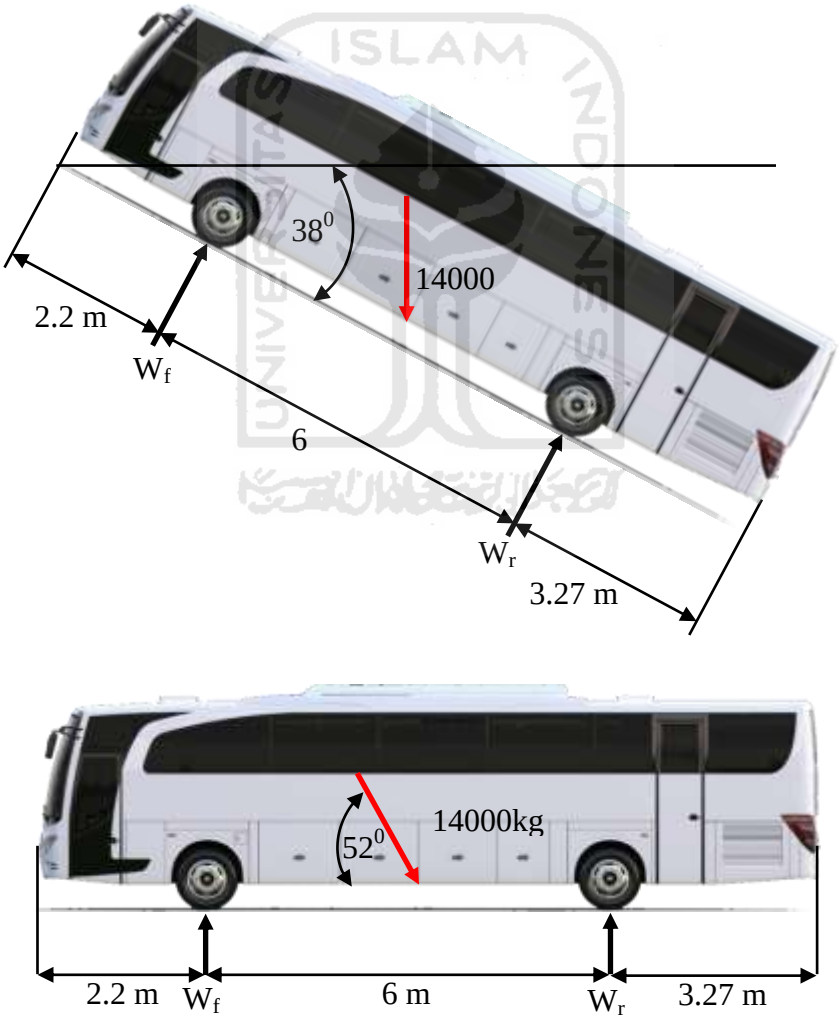
$$R_{rr} = (f_o + f_s(\frac{V_k}{1000})^{2.5})4$$

$$R_{rr} = (0.010 + 0.0025(\frac{28\ m/s}{1000})^{2.5})4$$

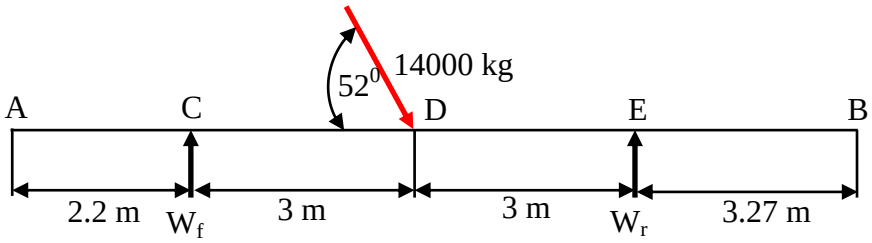
$$R_{rr} = 0.0405\ N$$

4.1.1.3 Analisis Beban Tanjak

Untuk perhitungannya menggunakan rumus hukum kesetimbangan. Untuk itu pelu dibuat diagram benda bebas dari bus yang sedang menanjak.



Gambar 4-1 Gaya yang terjadi pada saat menanjak (atas) dan saat sudah diproyeksikan (bawah).



$$W_{dx} = 14000\ kg \times sin52^0$$
$$W_{dx} = 8400\ kg$$
$$W_{dx} = 82404\ N$$

Setelah ditemukan gaya-gaya yang terjadi, dapat dicari traksinya.

Pada saat kendaraan start di jalan datar. Pada fase ini diasumsikan bus memiliki percepatan dari 0-100 km/jam dalam waktu 20 detik:

$$F = R_{rf} + R_{rr} + R_a + \frac{W}{g}a$$

$$F = 0.0203 + 0.0405 + 1.125 + \frac{109872}{9.81}1.39$$

$$F = 1.1858 + 15568$$

$$F = 15569.19\ N$$

Pada saat kendaraan melaju di tanjakan:

$$F = R_g + R_{rf} + R_{rr} + R_a$$

$$F = 82404 + 0.0203 + 0.0405 + 457.3$$

$$F = 82861.3608\ N$$

Pada saat melaju kencang:

$$F = R_{rf} + R_{rr} + R_a$$

$$F = 0.0203 + 0.0405 + 457.3$$

$$F = 457.4\ N$$

4.1.1.4 Rasio Transmisi

Analisis karakteristik transmisi dapat menggunakan rumus 3.4. Gardan menggunakan rasio 7.14. Agar tetap menciptakan traksi yang optimal.

$$i_1 = \frac{F_i \cdot r}{M_e \cdot i_d \cdot \eta_t}$$

$$i_1 = \frac{82861.3608\ N \cdot 0.536\ m}{892.71\ Nm \cdot 7.14 \cdot 0.9}$$

$$i_1 = \frac{44413.69\ Nm}{5736.55\ Nm}$$

$$i_1 = 7.74$$

Untuk rasio ke-2 sampai ke-6, menggunakan persamaan 3.4. Sebelum mencari rasio ke-2 sampai ke-6, perlu dicari nilai kg menggunakan rumus 3.3.

$$\frac{1500\ rpm}{2500\ rpm} = 0.6$$

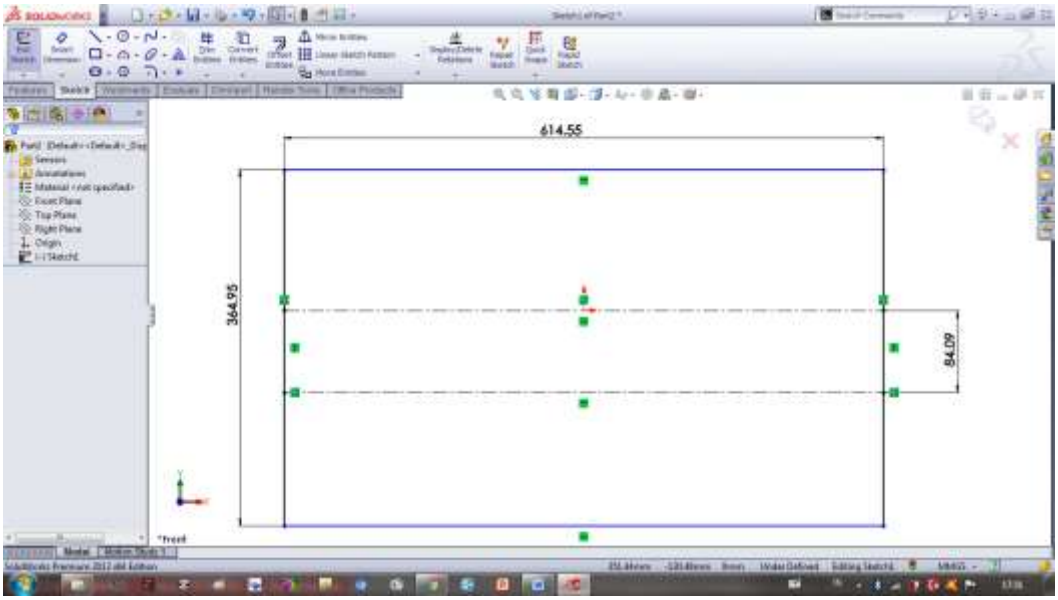
Rasio ke-2	Rasio ke-3	Rasio ke-4	Rasio ke-5	Rasio ke-6
$\frac{i_2}{i_1} = kg$	$\frac{i_3}{i_2} = kg$	$\frac{i_4}{i_3} = kg$	$\frac{i_5}{i_4} = kg$	$\frac{i_6}{i_5} = kg$
$\frac{i_2}{7.74} = 0.6$	$\frac{i_3}{4.65} = 0.6$	$\frac{i_4}{2.79} = 0.6$	$\frac{i_5}{1.67} = 0.6$	$\frac{i_6}{1} = 0.6$
$i_2 = 4.65$	$i_2 = 2.79$	$i_2 = 1.67$	$i_2 = 1$	$i_2 = 0.6$

4.1.2 Pemodelan Transmisi

Setelah mengatahui rasio, maka dibuatlah pemodelan 3d. Pemodelan 3d dibagi 2, yaitu pemodelan 3d dengan ukuran asli untuk digunakan sebagai pengujian menggunakan CAE dan pemodelan 3d untuk membuat alat peraganya.

4.1.2.1 Pemodelan 3D

Pemodelan 3d dilakukan setelah mengetahui rasio dan ruang yang tersedia untuk transmisi. Pemodelan dilakukan menggunakan software Solidworks 2013.



Gambar 4-2 Ruang yang tersedia untuk desain transmisi.

Garis putus-putus adalah tempat poros utama dan *countershaft*. Jarak poros utama ke *countershaft* sama dengan milik Suzuki Futura yang diskala. Jarak kedua poros ini adalah 73.16 mm.

$$Jarak\ poros = \frac{73.16}{0.87}$$

$$Jarak\ poros = 84.09$$

Setelah ditentukan ruang yang tersedia, kemudian dilakukan pemodelan *roller* dengan menyesuaikan rasio dan diameter poros milik Suzuki Futura. Karena CVT memiliki jumlah rasio tak terhingga, penentuan diameter *roller* ditentukan oleh rasio pertamanya. Diketahui poros kopling Futura memiliki diameter 19 mm.

$$d_{lubang\ poros} = \frac{d_{poros\ kopling}}{skala}$$

$$d_{lubang\ poros} = \frac{19}{0.87}$$

$$d_{lubang\ poros} = 21.84\ mm$$

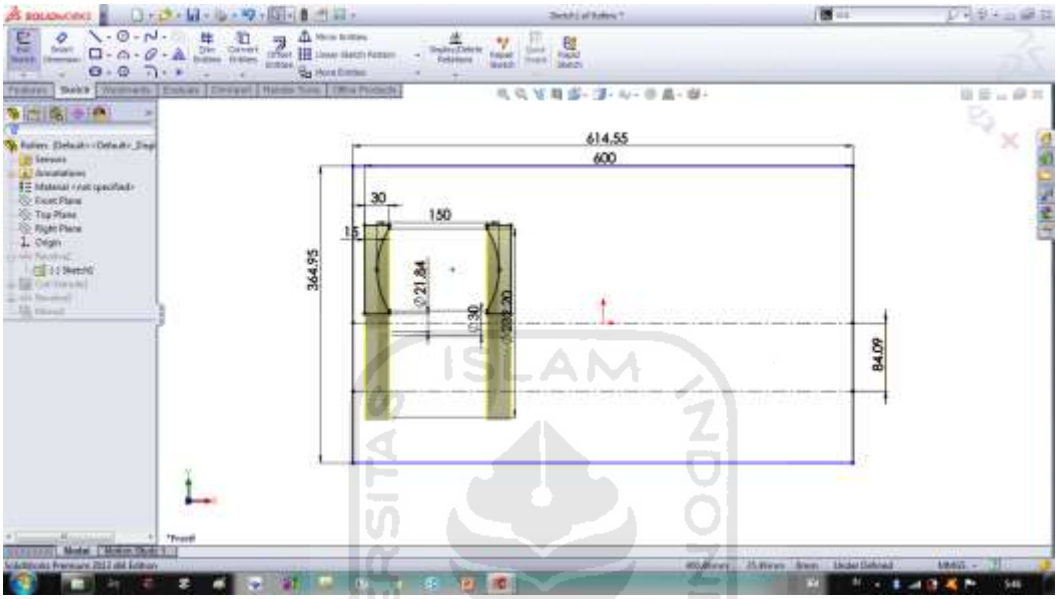
Kemudian menentukan diameter luar dan dalam *roller* menggunakan rasio terbesarnya, yaitu 7.74. Diketahui lubang poros sebesar 21.84 mm, untuk itu diameter dalam dibulatkan ke angka 30 mm.

$$i_1 = \frac{d_o}{d_i}$$

$$7.74 = \frac{d_o}{30}$$

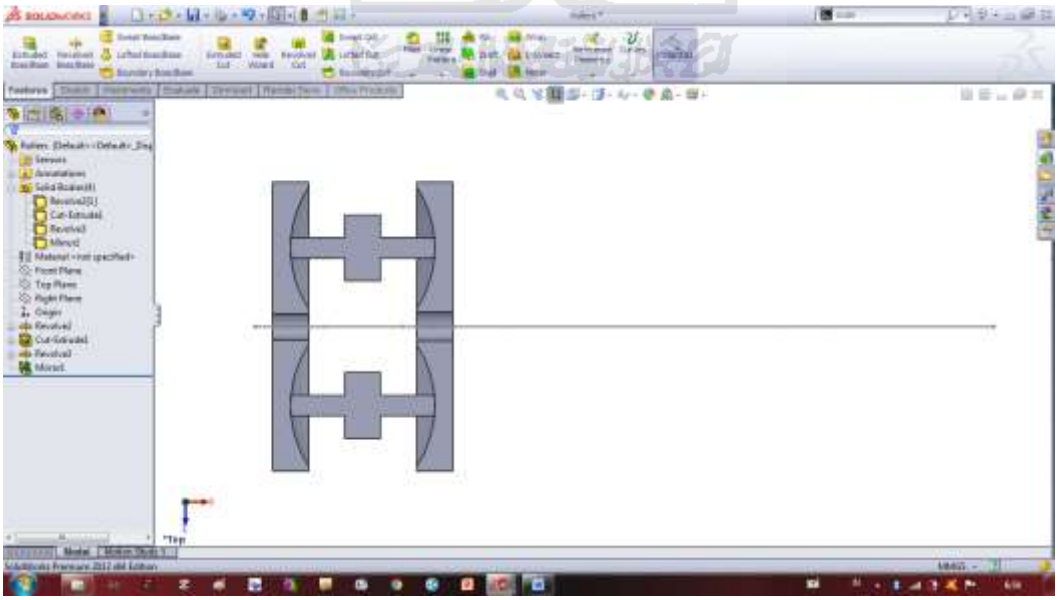
$$d_o = 30 \times 7.74$$

$$d_o = 232.2\ mm$$



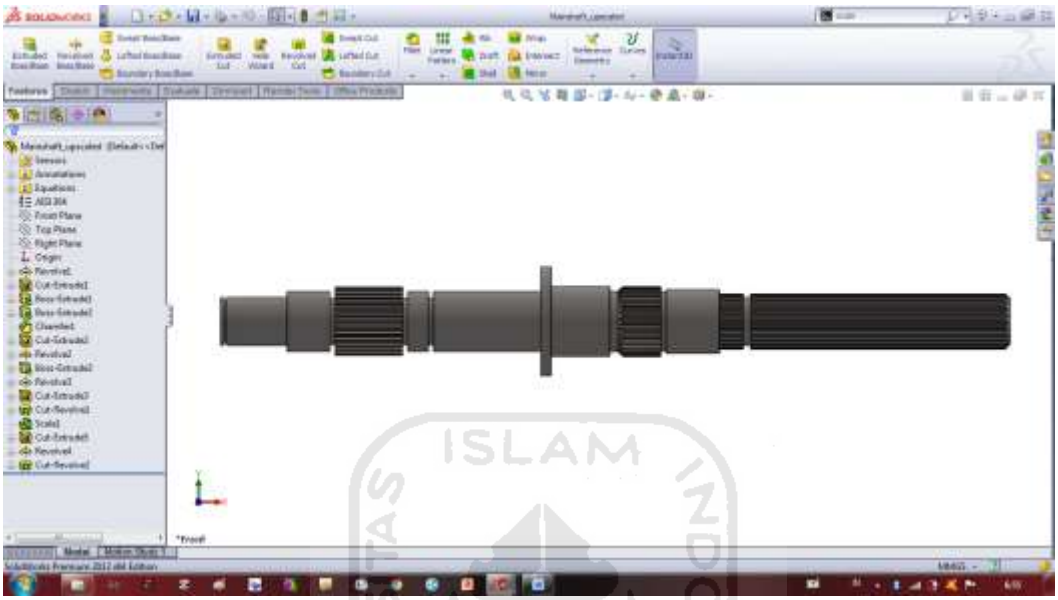
Gambar 4-3 Dimensi *roller* utama.

Sementara untuk *idler* diameter menyesuaikan jarak antara 2 roller utama.

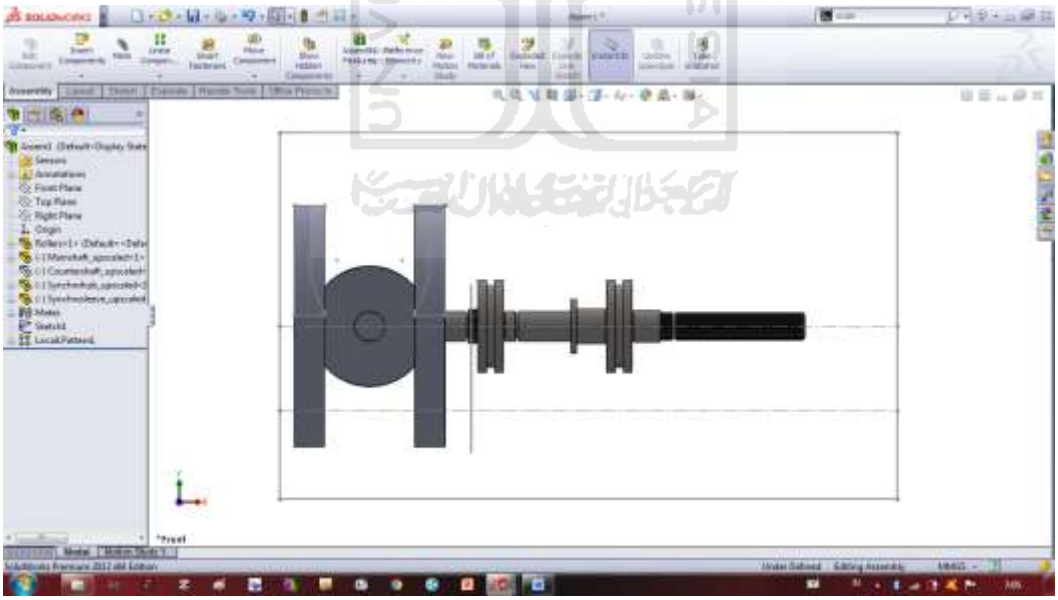


Gambar 4-4 *Roller idler*.

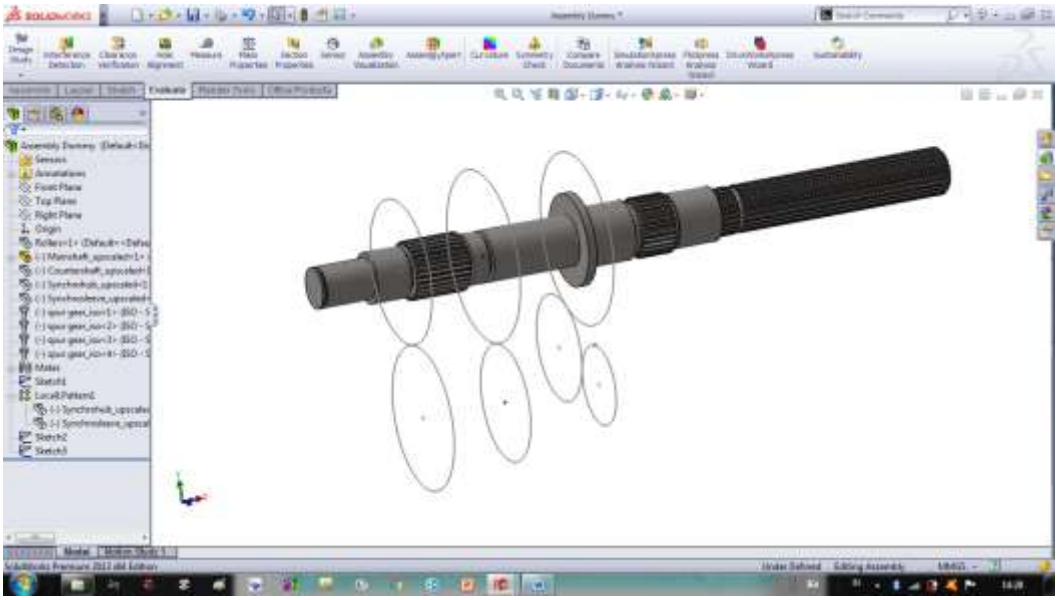
Setelah itu dilakukan pemodelan pada poros, dan *synchromesh*. Pemodelan poros dilakukan dengan memodelkan ulang poros milik Suzuki Futura yang di-skala. Untuk dimensi transmisi Suzuki Futura, terdapat pada lampiran.



Gambar 4-5 Pemodelan poros utama.



Gambar 4-6 Penempatan poros utama dan *synchromesh hub*.

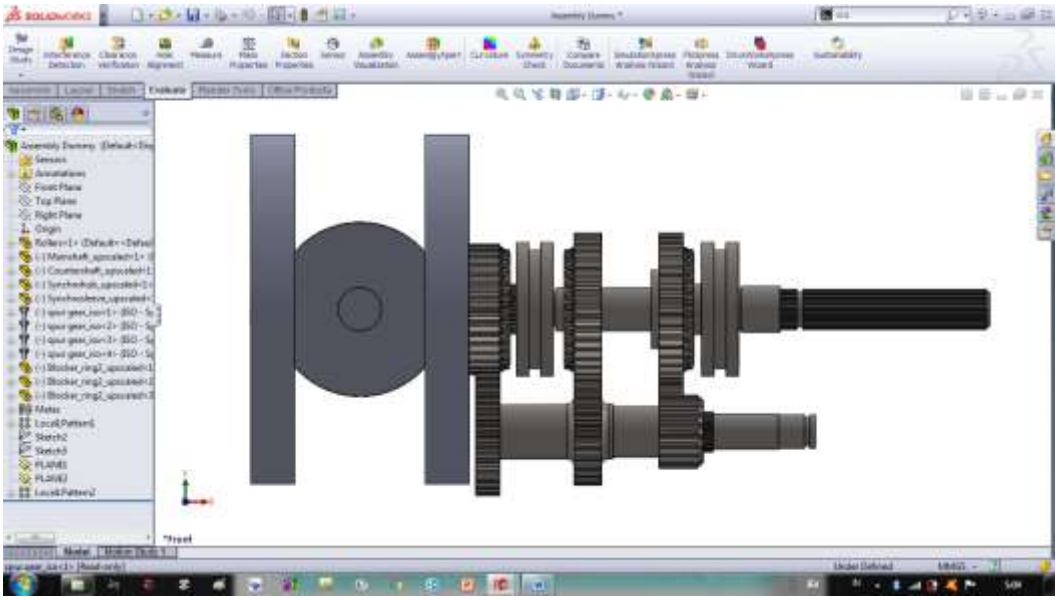


Gambar 4-7 Posisi roda gigi.



Gambar 4-8 Pemasangan roda gigi.

Assembly dilakukan setelah semua dimodelkan. Hasilnya seperti pada gambar 4-9 sebagai berikut.



Gambar 4-9 Assembly transmisi.

Banyak ruang kosong antara transmisi dengan ruang yang tersedia. Karena ruang kosong tersebut dimungkinkan untuk ruang *transmission case* dan perangkat lainnya.

Dan berikut pada gambar 4-10 adalah tampilan transmisi saat sudah di-render.



Gambar 4-10 Model 3d transmisi CVT.



Gambar 4-11 *CVT units*.



Gambar 4-12 *Synchromesh Gearbox*.

4.1.2.2 Pemodelan Alat Peraga

Pemodelan alat peraga dilakukan dengan menskala desain aslinya dengan menyesuaikan barang-barang yang telah dibeli. Selanjutnya desain yang diskala tersebut diprint menggunakan *3d printing*. Pada pemodelan ini, desain *roller* diskala sebesar 0.87. Skala 0.87 untuk menyesuaikan dengan part milik Suzuki Futura.

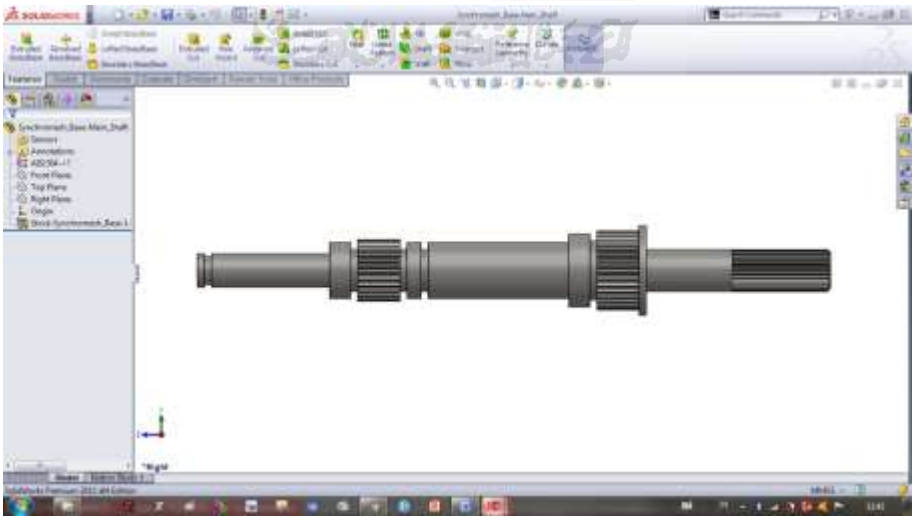


Gambar 4-13 Model 3d alat peraga.

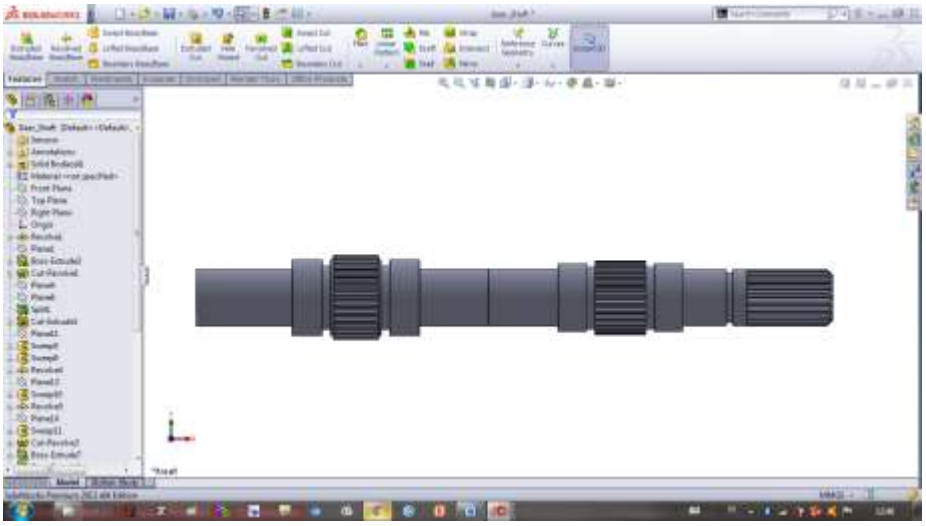
Pada pembuatan alat peraga, ada beberapa hal yang perlu diubah dari desain aslinya. Perubahan tersebut antara lain:

1. Poros utama.

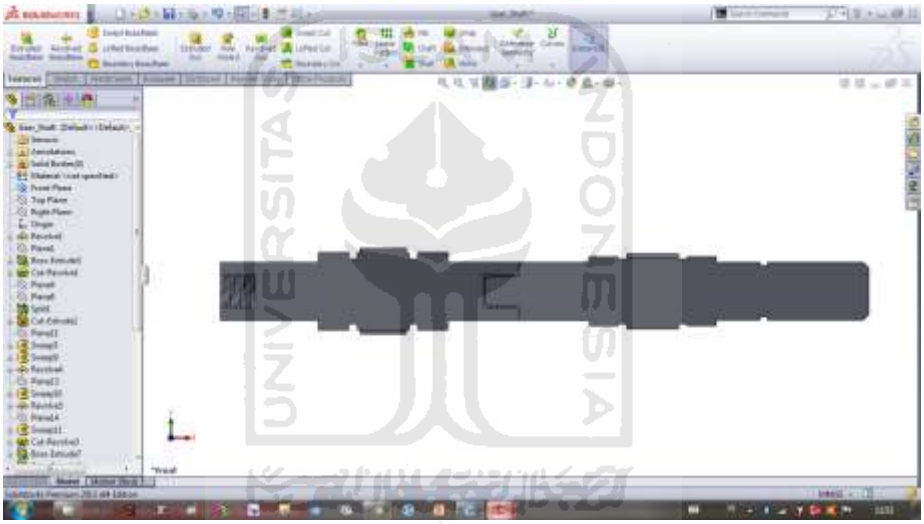
   Bentuk poros berubah karena menyesuaikan *synchromesh* dan bearing yang telah dibeli. Karena ukuran synchromesh yg sama, maka poros perlu di-*split* dan disambung dengan sambungan ulir.



Gambar 4-14 Bentuk poros pada desain.



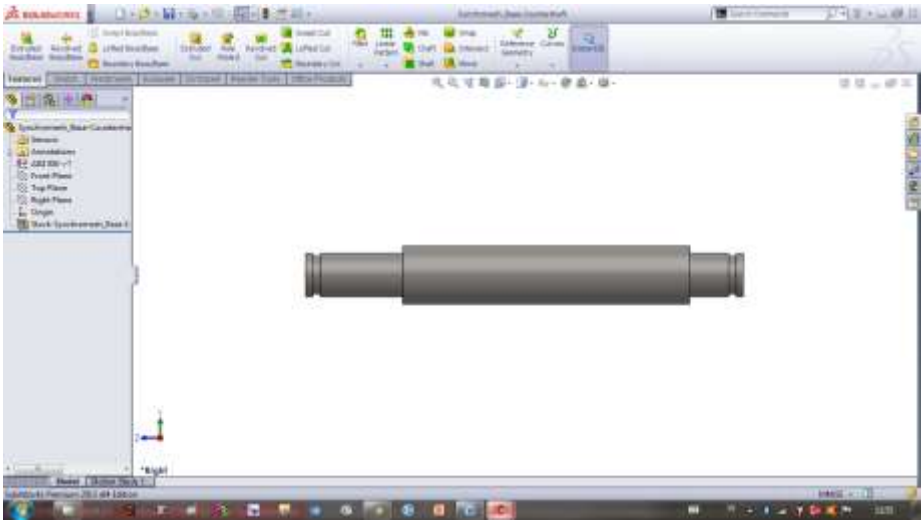
Gambar 4-15 Poros untuk model alat peraga.



Gambar 4-16 Gambar potongan poros utama.

2. *Countershaft*.

Countershaft pun ukut berubah karena harus menyesuaikan *bearing*.



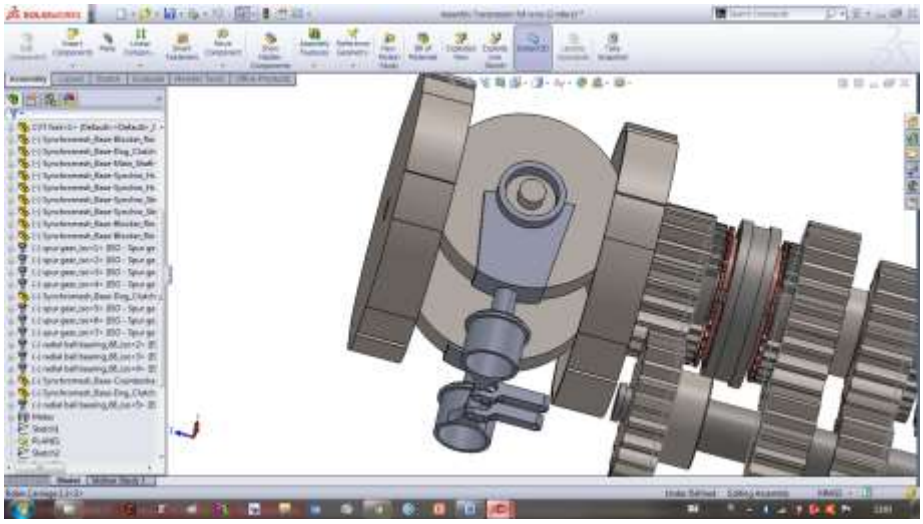
Gambar 4-17 Desain *countershaft*.



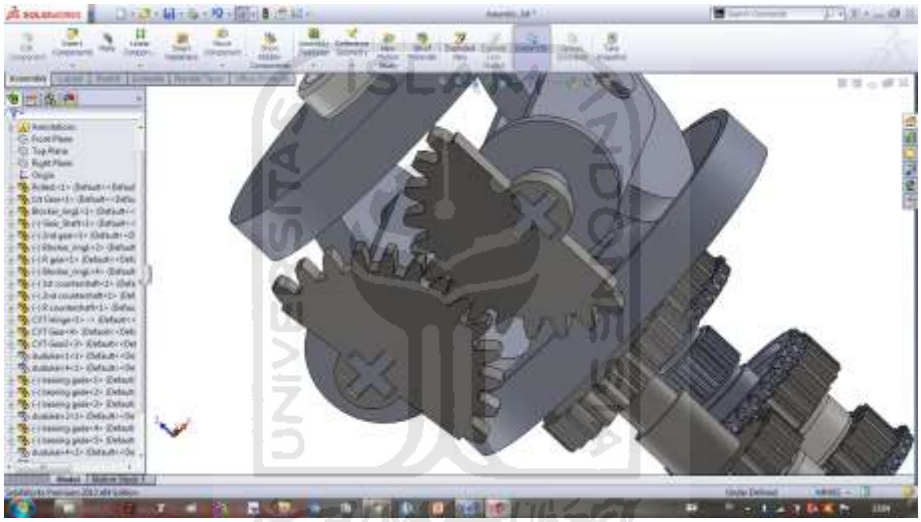
Gambar 4-18 Perubahan desain *countershaft*.

3. Perubahan *Roller Carriage*

Pada desain, *roller carriage* menggunakan mekanisme engsel dan penggerak pada tiap *roller*. Tetapi pada desain, *Roller Carriage* menggunakan mekanisme roda gigi. Hal ini dilakukan agar *roller* dapat digerakkan hanya menggunakan satu penggerak.



Gambar 4-19 Desain *roller carriage*.



Gambar 4-20 Perubahan desain *roller carriage.*

4.1.2.3 Pembuatan Alat Peraga

Setelah desain alat peraga dibuat, kemudian masuk ke tahap pembuatan alat peraga. Pembuatan dilakukan menggunakan 3d print.



Gambar 4-21 *Countershaft*



Gambar 4-22 Poros utama yang terpasang *synchromesh*.



Gambar 4-23 Poros utama yang terpasang roda gigi.



Gambar 4-24 Saat sudah terpasang *roller*, roda gigi, *synchromesh*, dan *bearing*.



Gambar 4-25 Roda gigi penggerak *roller*.



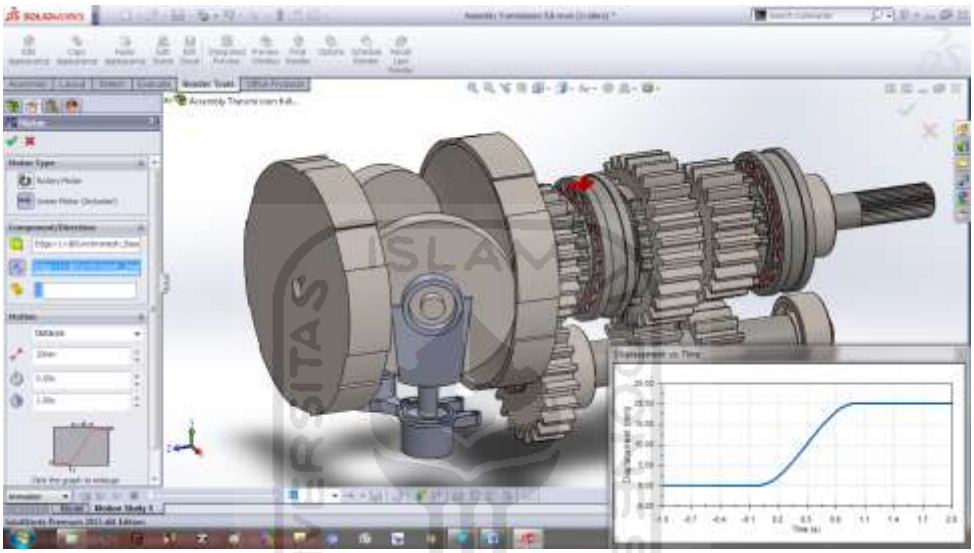
4-26 Transmisi saat sudah dirakit utuh.

4.2 Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan pada desain dan alat peraga.

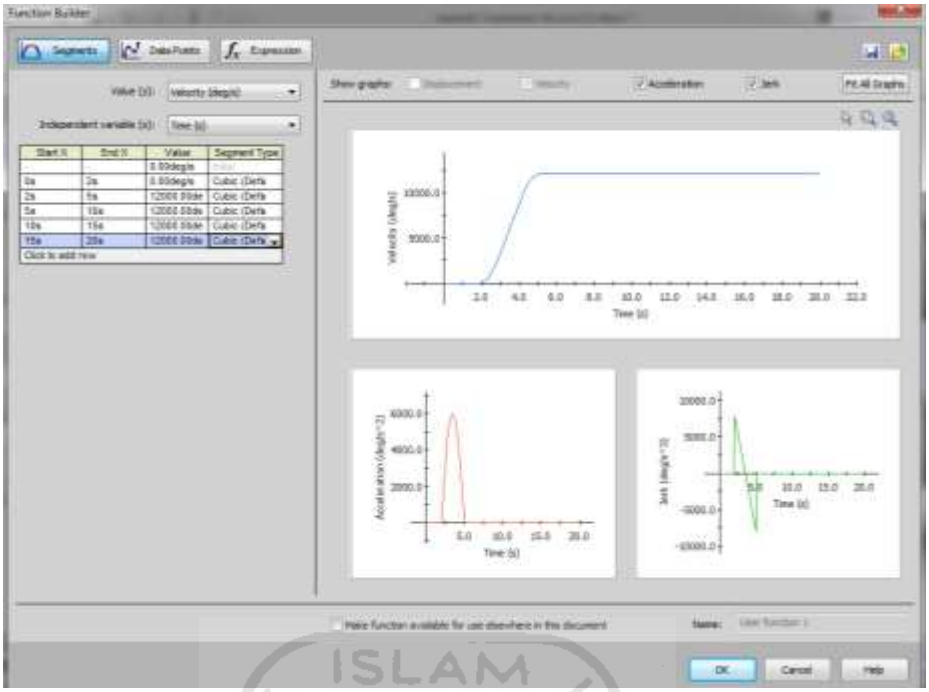
4.2.1 Pengujian pada Desain

Pada pengujian ini, transmisi disimulasikan dalam keadaan saat diberi *input* oleh pengemudi. *Input* ini berupa pergerakan *synchromesh* dari posisi netral ke *low gear* (pada saat start tanjakan) atau *high gear* (start saat jalan datar).



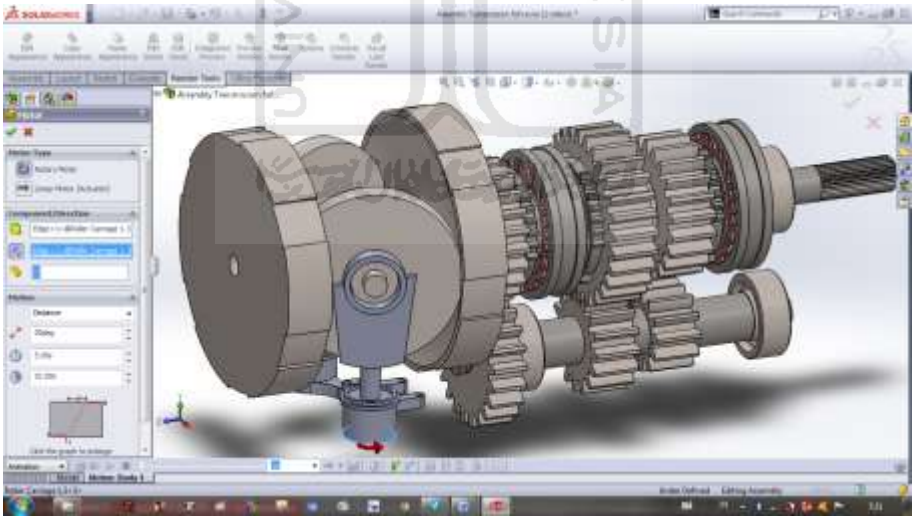
Gambar 4-27 *Synchromesh* digerakkan dari netral ke *low* / *high gear*.

Setelah itu transmisi diberi input rpm dari mesin. Disimulasikan mesin diberi input gas pada detik kedua. Pada detik kelima disimulasikan rpm ditahan oleh *ECU* pada putaran 2500 rpm (12000 deg/s), saat mesin pada torsi maksimumnya.



Gambar 4-28 Input putaran mesin ke transmisi.

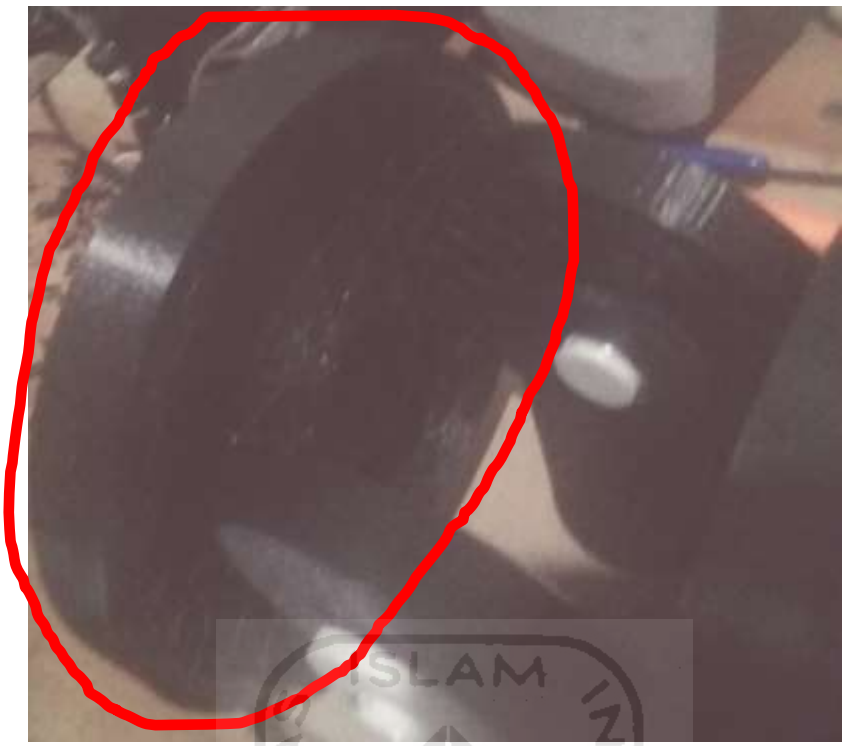
Saat mencapai putaran 2000 rpm, *idler roller* bergerak dari detik kelima hingga kesepuluh untuk memainkan rasio transmisi.



Gambar 4-29 Pergerakan *idler*.

4.2.2 Pengujian pada Alat Peraga

Alat peraga diuji dengan memutar *roller* yang berfungsi sebagai driver secara manual.



Gambar 4-30 *Roller driver* (tanda lingkaran merah).

Namun, roller tersebut tidak dapat berputar, kemudian dicoba dengan menambah *force* menggunakan tangan, namun tetap tidak dapat berputar.

4.3 Analisis dan Pembahasan

Analisis dilakukan untuk mengetahui seberapa besar output desain transmisi yang diberikan kepada roda. Analisis ini juga dilakukan setelah diketahui, mengapa pada desain transmisi dapat berputar sedangkan pada alat peraga tidak.

4.3.1 Analisis Desain

Desain transmisi dianalisis setelah dilakukan uji simulasi menggunakan Solidworks 2017 untuk diketahui seberapa besar output kecepatan dan traksi yang dihasilkan.

4.3.1.1 *Output* Transmisi

Setelah dilakukan uji gerak, selanjutnya dicari berapakah *output* kecepatan dan traksi yang mampu dihasilkan? Untuk mencari *output* kecepatan, dapat menggunakan rumus 3.4. Dan untuk traksinya menggunakan rumus 3.5

Rasio 1

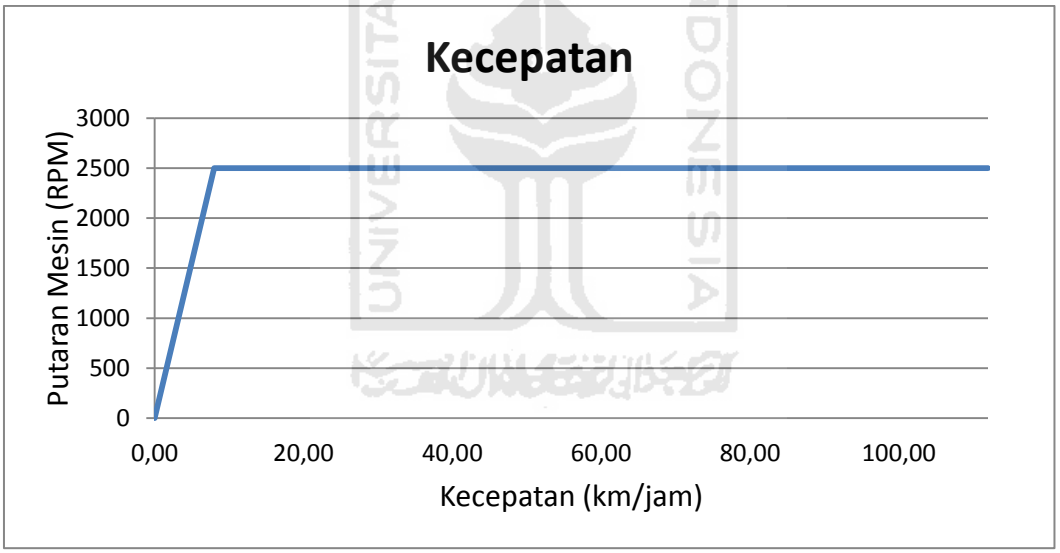
$$V = \frac{n \times r}{i_k \times i_d}(1 - s)$$

$$V = \frac{157.08 \times 0.536}{7.74 \times 7.14}(1 - 0.005)$$

$$V = 1.45\ {}^{m}/_{s}$$

$$V = 5.21\ {}^{km}/_{jam}$$

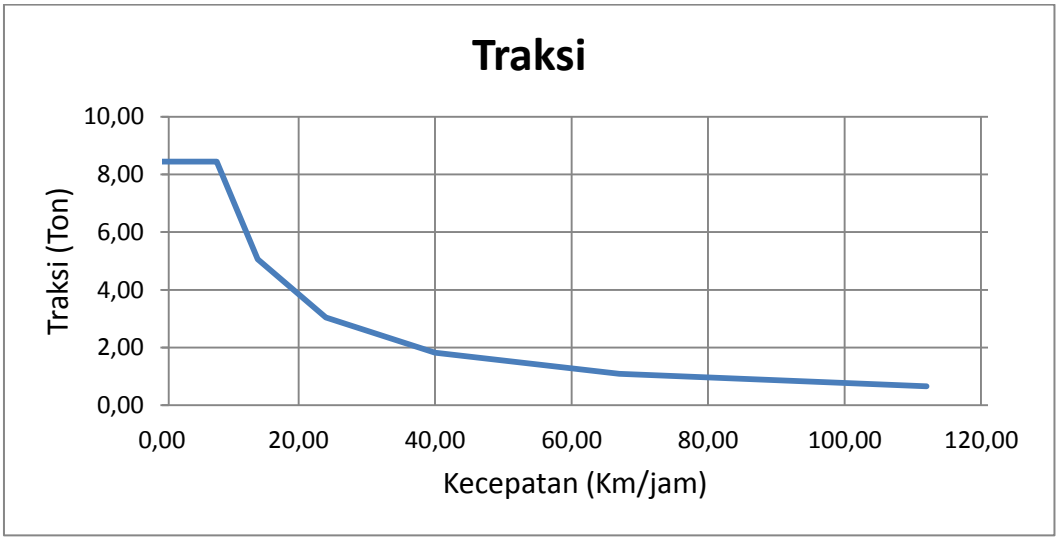
Untuk rasio kedua dan seterusnya, perhitungan menggunakan Microsoft Excel 2010.



Gambar 4-31 Grafik Kecepatan

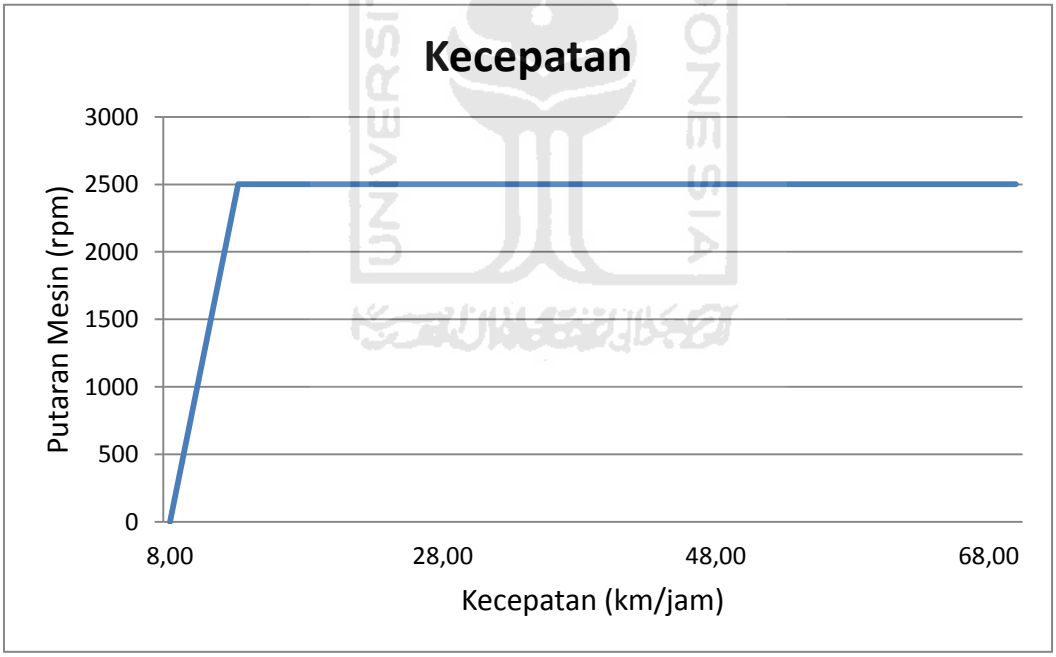
$$F_{1,10} = \frac{892.71 \times 7.73 \times 7.14}{0.536} \times 0.9$$

$$F_{1,10} = 82861.3\ N$$



Gambar 4-32 Grafik traksi

Jika rasio transmisi bawaan Hino RK8 dilakukan perhitungan yang sama, maka hasilnya adalah sebagai berikut.



Gambar 4-33 Output kecepatan transmisi bawaan Hino RK8.

Transmisi bawaan Hino RK8 hanya mampu melajukan bus dengan kecepatan 70 km/jam pada putaran mesin 2500 rpm.

Setelah ditemukan traksi yang dihasilkan oleh transmisi. Perlu mengetahui berapa gaya gesek yang diperlukan CVT? Perhitungan menggunakan rumus 3.10.

$$\frac{T}{r} = \frac{w \times b}{\sqrt{r^2 \times b^2}}$$

$$\frac{891.71\ Nm}{0.105\ m} = \frac{w \times 0.05}{\sqrt{0.074^2 \times 0.05^2}}$$

$$9349.7\ N = \frac{0.05w}{\sqrt{0.0055 \times 0.0025}}$$

$$\frac{9349.7\ N}{0.05} = \frac{w}{\sqrt{1.4 \times 10^{-5}}}$$

$$98418\ N = \frac{w}{1.2 \times 10^{-3}}$$

$$w = 98418\ N\ \times (1.2 \times 10^{-3})$$

$$w = 118.10\ N$$

4.3.2 Analisis Alat Peraga

Alat peraga tidak dapat berputar. Lalu, apa yang menyebabkannya tidak dapat berputar? Penyebabnya adalah besi ulir selain sebagai penguat alat, juga berfungsi sebagai *force* yang memberi pembebanan kepada *roller*. Penempatan posisi besi ulir yang di bawah, mengakibatkan pembebanan terpusat dibawah. Sehingga pembebanan tidak maksimal.



Gambar 4-34 Besi ulir

Setelah dilakukan pengujian baik pada desain maupun pada alat peraga, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Desain transmisi yang baru mampu menghasilkan kecepatan 100 km/jam hanya di putaran mesin 2500 rpm. Sedangkan pada transmisi bawaan Hino RK8, dengan putaran mesin 2500 rpm pada gigi 6 hanya mampu menghasilkan kecepatan 70 km/jam.
2. Traksi yang dihasilkan sebesar 82861.3 N atau 8.45 ton. Mampu membuat bus melewati tanjakan dengan sudut < 38^0.
3. Untuk membuat CVT bekerja, perlu adanya gaya dorong ke arah *roller* sebesar 118.10 N atau setara 12 kg.
4. Alat peraga tidak dapat bekerja, karena letak pembebanan yang tidak tepat.

BAB 5
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian mengenai CVT, apa saja keseimpulan yang dapat diambil? Kesimpulan tersebut sangat berkaitan dengan tujuan perancangan pada Bab 1. Maka, kesimpulannya adalah sebagai berikut:

1. Secara perhitungan *output* dari transmisi mampu membuat bus melaju kencang dengan putaran mesin rendah.
2. Secara perhitungan tidak memerlukan pembebanan yang terlalu besar terhadap roller untuk membuatnya bekerja.
3. Desain 3d mampu memperagakan gerak CVT, namun alat peraga tidak dapat bekerja akibat salah penempatan posisi pembebanan.

5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya

Dalam penulisan sebuah karya ilmiah terdapat sebuah batasan masalah. Karena dalam merancang transmisi memiliki alur penelitian yang begitu kompleks, batasan masalah yang penulis ambil adalah sampai hanya menganalisis mekanisme kerja dari CVT. Untuk penelitian selanjutnya, diperlukan analisis kekuatan untuk pemilihan material yang nantinya akan digunakan oleh komponen-komponen transmisi. Jika penelitian berlanjut maka perlu juga mendesain ECU transmisi untuk mekanisme menggeser sudut *roller* agar sesuai dengan putaran mesinnya.

DAFTAR PUSTAKA

Hibbeler, R. C. (2007). *Engineering Mechanics: Statics & Dynamics* (11th ed.). Pearson.

Jhee, A. (n.d.). *Perancangan Kopling*. https://www.academia.edu/9708938/perancangan_kopling

Nice, K. (2000). *How Automatic Transmissions Work*. howstiffsworks.com. https://auto.howstuffworks.com/automatic-transmission.htm

Nissan. (1992). *EXTROID CVT for Application to Rear-Wheel-Drive Cars Powered by Large Engines*. Nissan's CVT Technology. https://www.nissan-global.com/PDF/tcvt_e.pdf

Setright, L. J. K. (1976). *Anatomy of the Motor Car* (1st ed.). Orbis Books. https://ebooks-library.net/book?isbn=9780856132308&lang=en&source=google

Sutantra, I. N. (2001). *Teknologi Otomotif Teori dan Aplikasinya* (Perpustakaan FTI UII; 1st ed.). Guna Widya.

Uicker, J. J., Pennock, G. R., & Shingley, J. E. (2003). *Theory of Machines and Mechanisms* (3rd ed.). Oxford University Press.

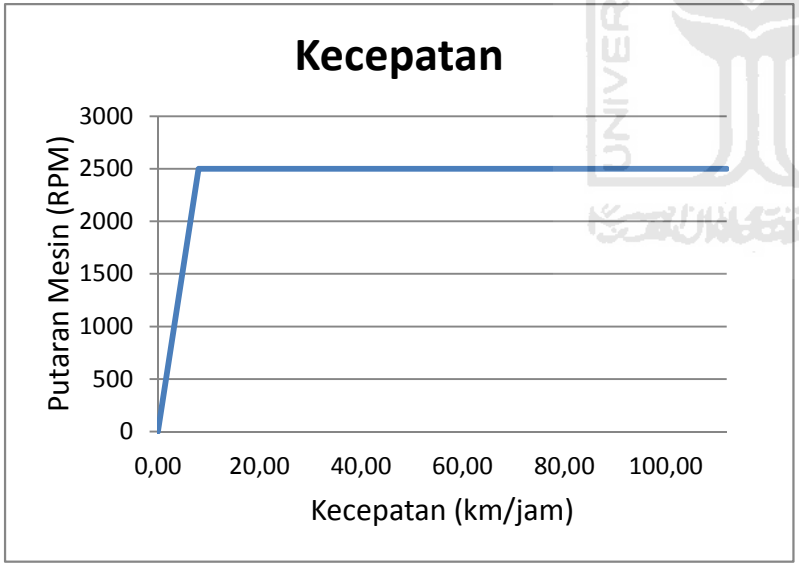
Wayback Machine. (2014, October 6). *How does AT Work?* [Organization]. Wayback Machine. https://web.archive.org/web/20141006084301/

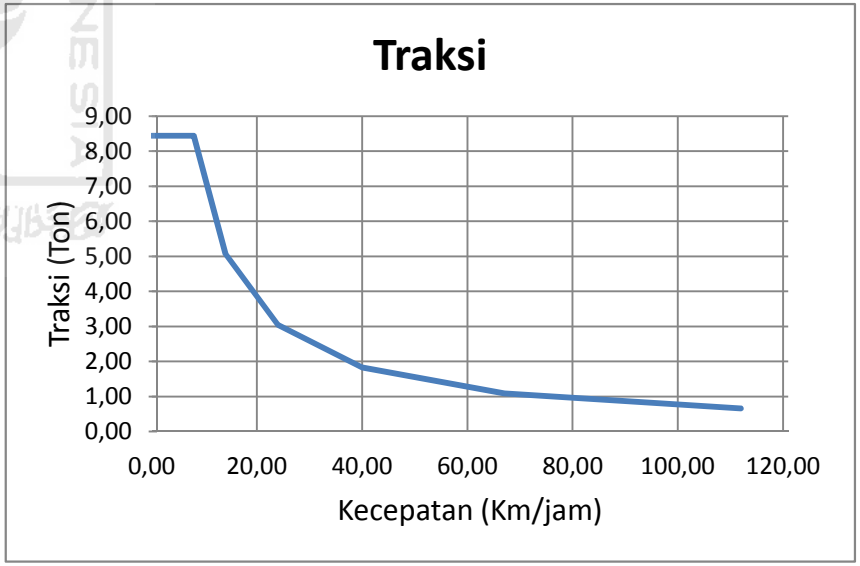
ISLAM
UNIVERSITAS
INDONESIA

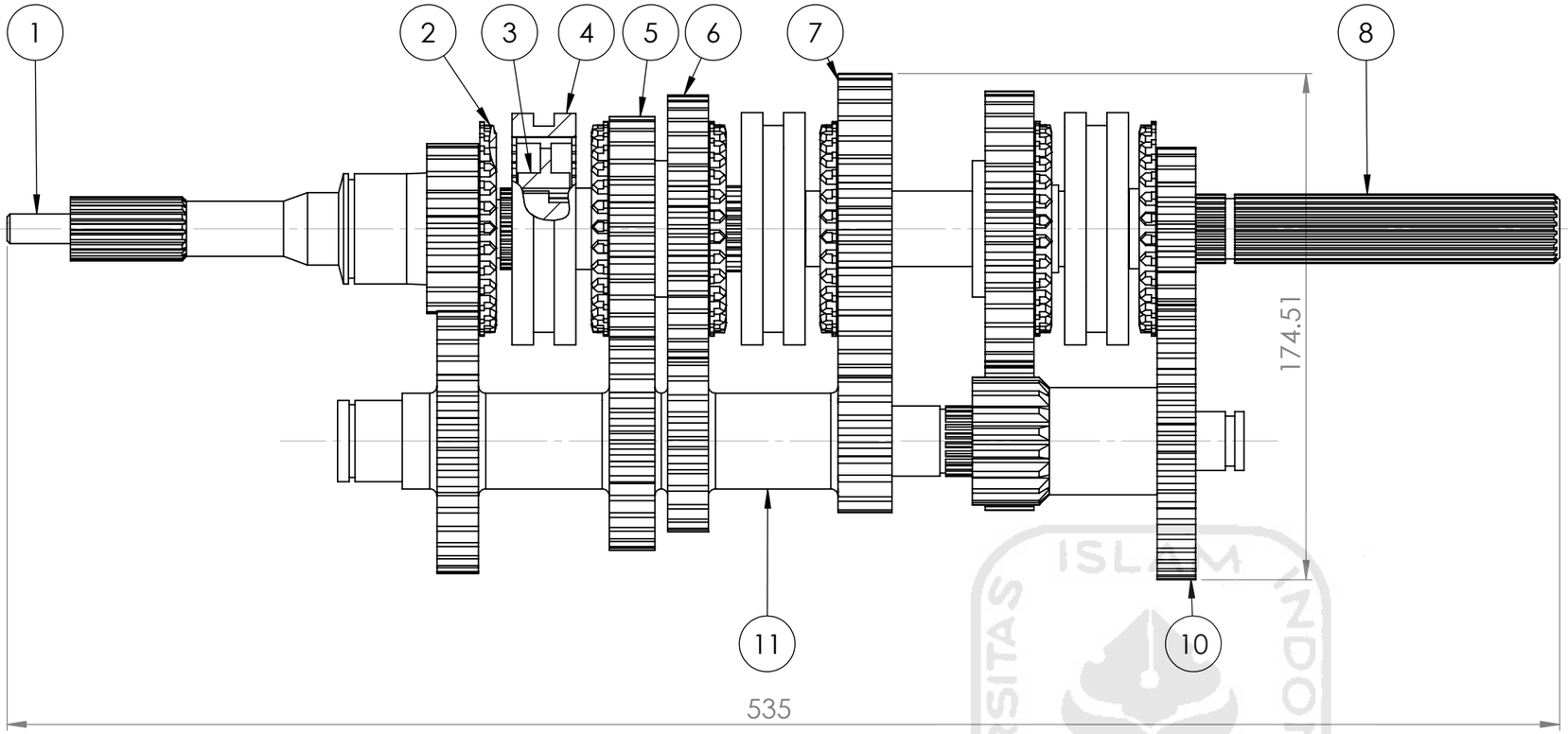
MANUAL

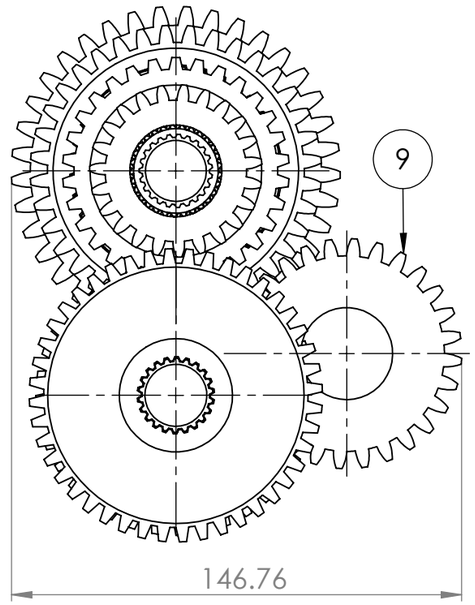
Tingkatan kecepatan	Putaran (rad/s)	rasio	Speed (km/h)	Gaya dorong (Ton)	rpm
1	0	7,74	0,00	8,44	0
	157,08	7,74	5,21	8,44	1500
	261,8	7,74	8,68	8,44	2500
2	157,08	4,64	8,68	5,07	1500
	261,8	4,64	14,47	5,07	2500
3	157,08	2,79	14,47	3,04	1500
	261,8	2,79	24,12	3,04	2500
4	157,08	1,67	24,12	1,82	1500
	261,8	1,67	40,20	1,82	2500
5	157,08	1,00	40,33	1,09	1500
	261,8	1,00	67,21	1,09	2500
6	157,08	0,60	67,21	0,65	1500
	261,8	0,60	112,02	0,65	2500

r = 0.536 m
s = 5%
id = 7.14
Me(v) = 892.71 Nm
η = 0.2



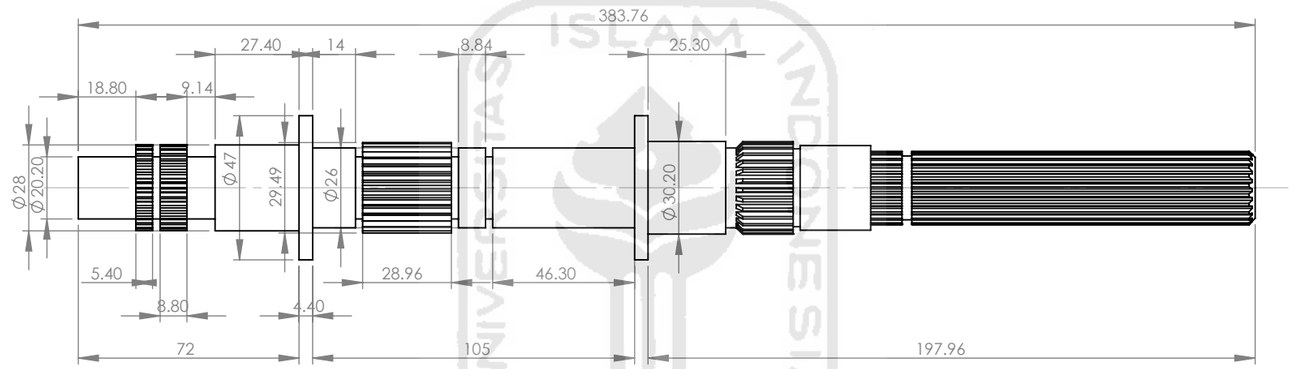




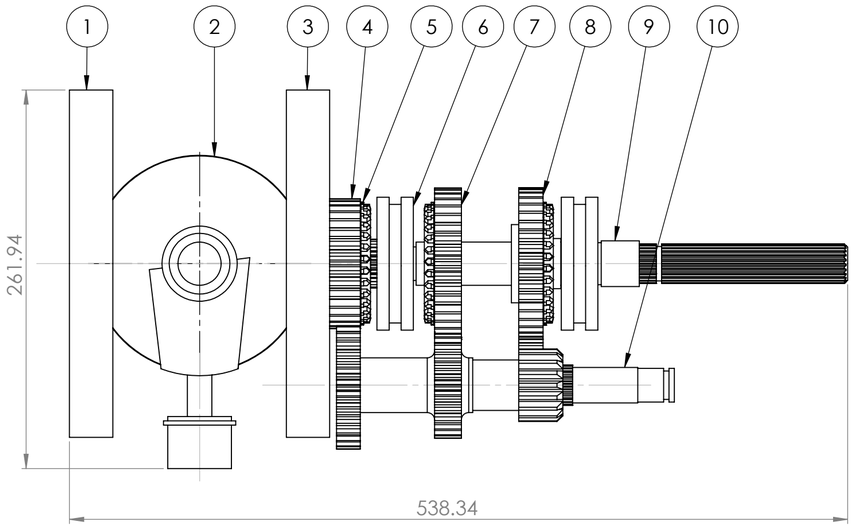


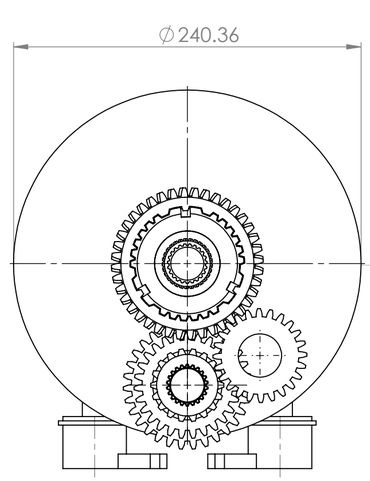
No	Jumlah	Nama Bagian	Material	Normalisasi	Keterangan
11	1	Poros Counter			
10	1	Gigi 5			
9	1	Gigi Mundur			
8	1	Poros Utama			
7	1	Gigi 1			
6	1	Gigi 2			
5	1	Gigi 3			
4	3	Synchro Sleeve			
3	3	Synchrohub			
2	6	Dog Clutch			
1	1	Poros Kopling			

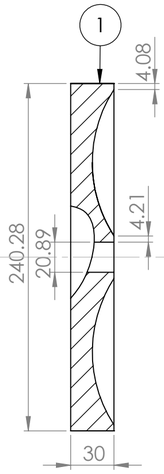
Skala: 1:2	Nama: Mauladi Raushan Hidayat	Keterangan	
Satuan: Milimeter	NIM: 14525090		
Tanggal: 26-12-2020	Diperiksa:		
Teknik Mesin FTI UII	Transmisi Suzuki Futura	Tugas Akhir 00	A3

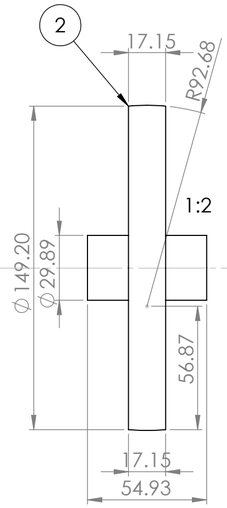


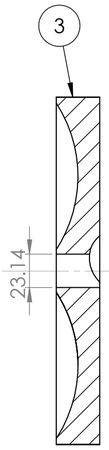
	Skala: 1:2	Nama: Mauladi Raushan Hidayat	Keterangan
	Satuan: Milimeter	NIM: 14525090	
	Tanggal: 26-12-2020	Diperiksa:	
Teknik Mesin FTI UII	Poros Utama Suzuki Futura	Tugas Akhir 00	A3

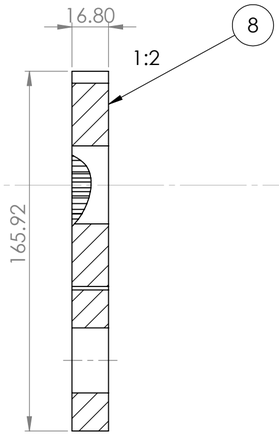


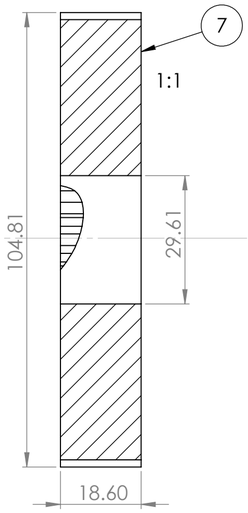


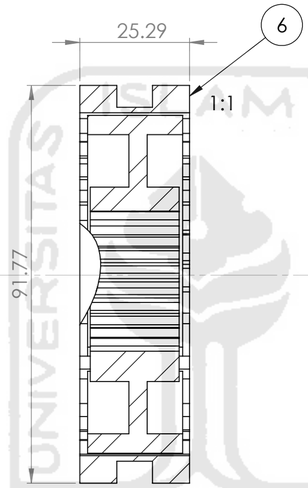


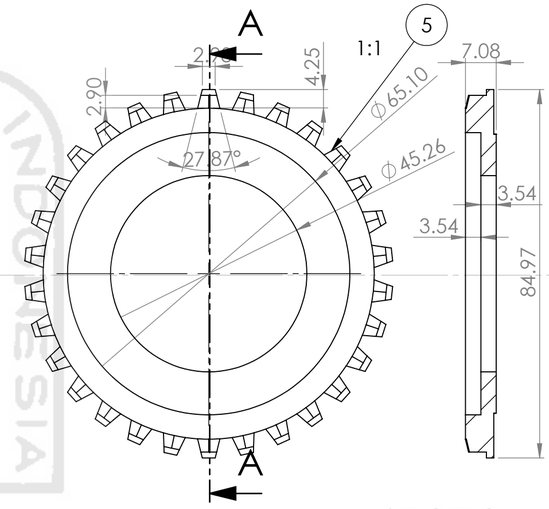




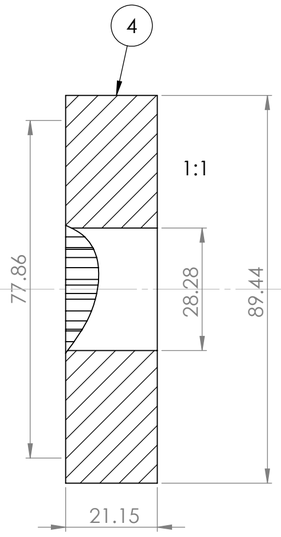


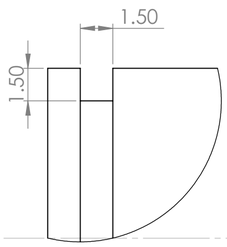


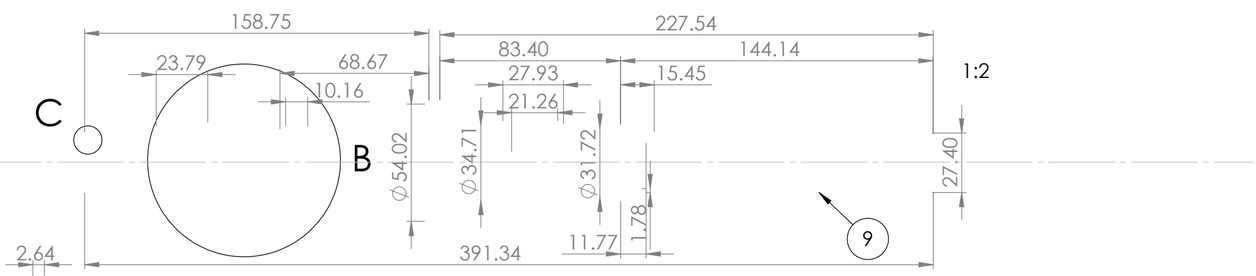




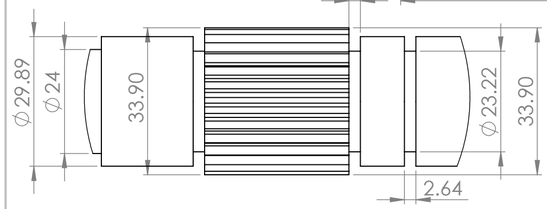
SECTION A-A
SCALE 1 : 1



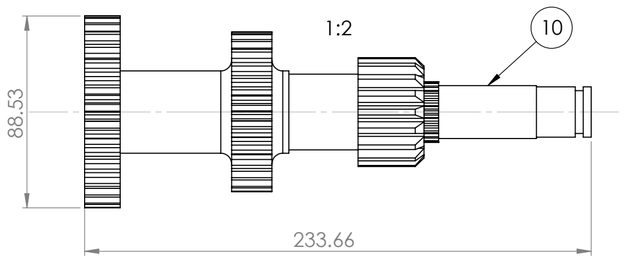




DETAIL C
SCALE 5 : 1

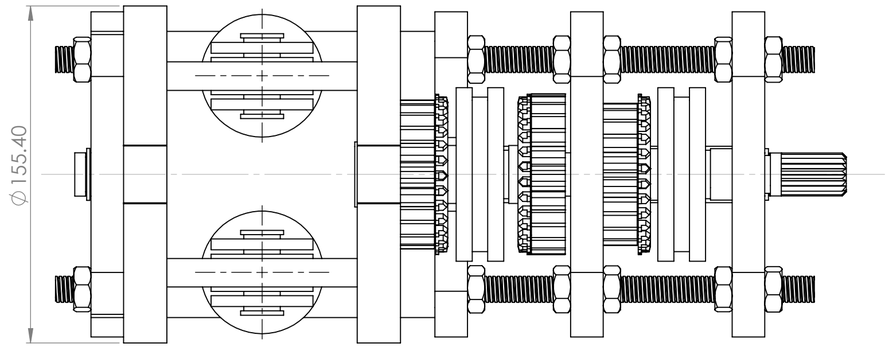


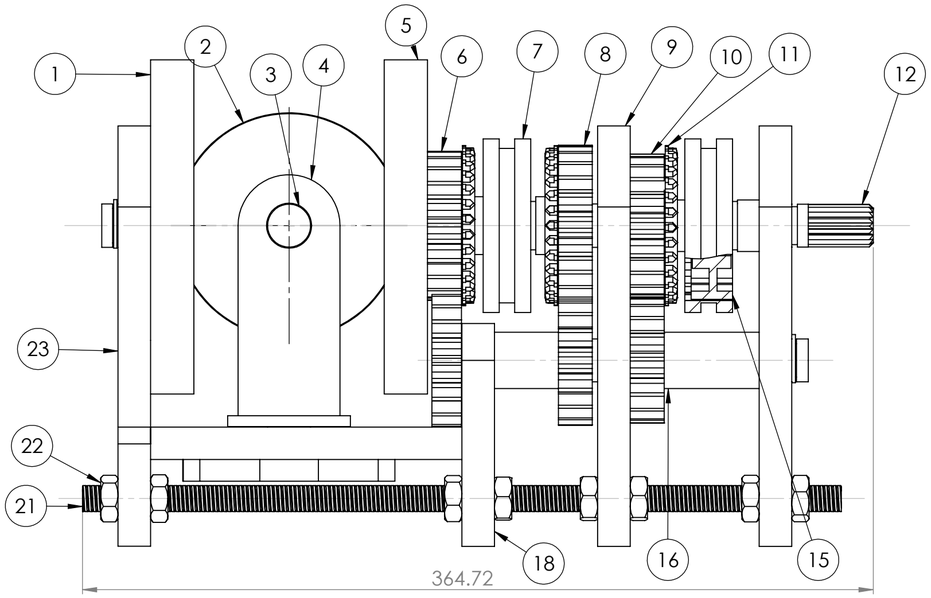
DETAIL B
SCALE 1 : 1

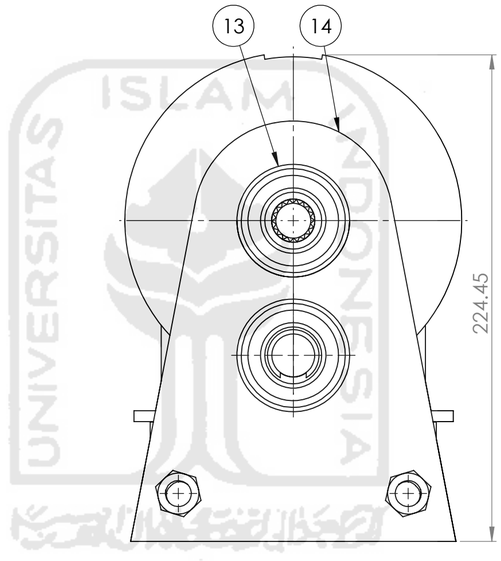


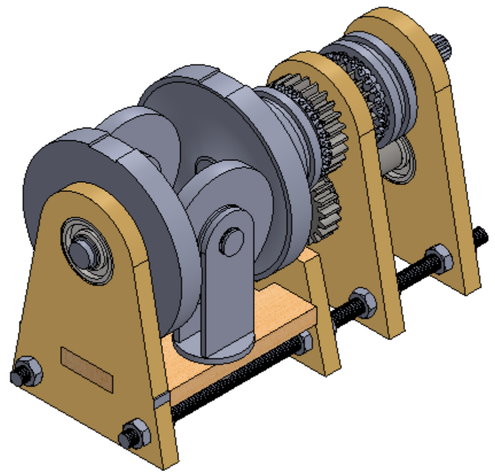
No	Jumlah	Nama Bagian	Material	Normalisasi	Keterangan
10	1	Poros Counter			
9	1	Poros Utama			
8	1	Gigi Mundur			
7	1	Spur Gear 2.5M 40T 14.5PA 23.25FW			
6	2	Synchromesh Unit			
5	3	Dog Clutch			
4	1	Spur Gear 2.5M 34T 14.5PA 21.15FW			
3	1	Roller 2			
2	1	Idler			
1	1	Roller 1			

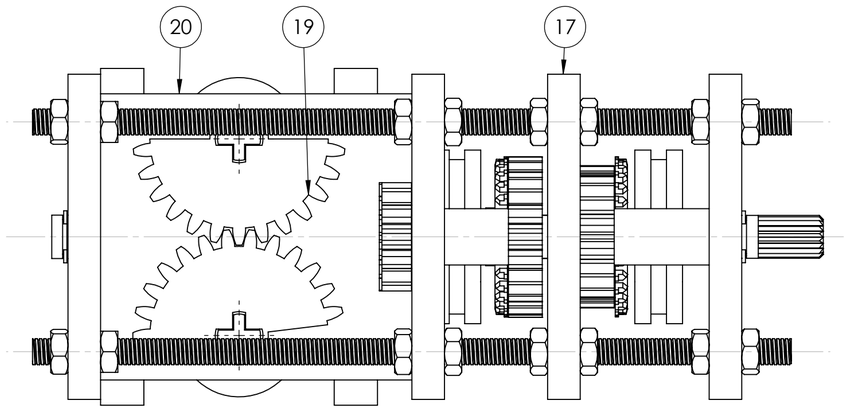
Skala: 1:3	Nama: Mauladi Raushan Hidayat	Keterangan	
Satuan: Milimeter	NIM: 14525090		
Tanggal: 28 Desember 2020	Diperiksa:		
Teknik Mesin FTI UII	Transmisi CVT Heavy-Duty	CVT00	A2











No	Jumlah	Nama Bagian	Material	Normalisasi	Keterangan
23		Penyangga 1	Kayu Tripleks		
22	20	Mur M12	Besi		
21	2	Besi Ulir M12	Besi		
20	1	Deck	Kayu Tripleks		
19	2	Half Gear	PLA		
18	1	Penyangga 2	Kayu Tripleks		
17	1	Penyangga 3	Kayu Tripleks		
16	1	Poros Counter	PLA		
15	2	Synchro hub			
14	1	Penyangga 4	Kayu Tripleks		
13	5	Bearing			
12	1	Poros Utama	PLA		
11	3	Dog Clutch	PLA		
10	1	Reverse Gear	PLA		
9	1	Penyangga 2	PLA		
8	1	Low Gear	PLA		
7	3	Synchro Sleeve			
6	1	High Gear	PLA		
5	1	Roller 2	PLA		
4	2	Idler Carriage	PLA		
3	2	Poros Idler	PLA		
2	2	Idler	PLA		
1	1	Roller 1	PLA		

Skala: 1:2	Nama: Mauladi Raushan Hidayat	Keterangan
Satuan: Milimeter	NIM: 14525090	
Tanggal: 26-12-2020	Diperiksa:	

Teknik Mesin FTI UII	Model Alat Peraga CVT		A2