

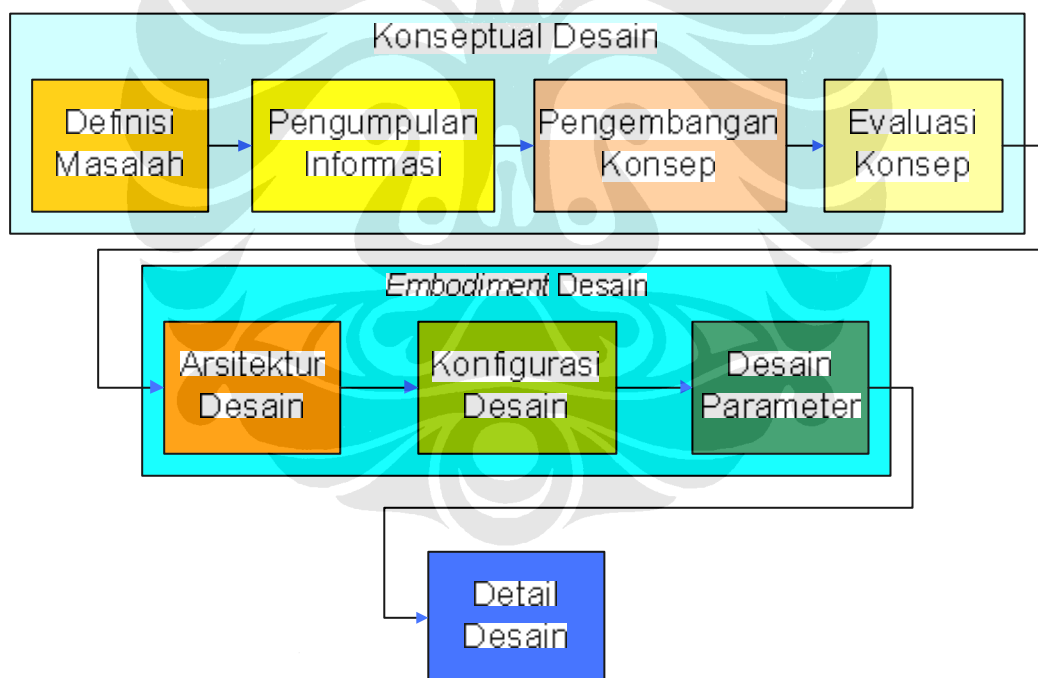
## BAB II

### DESAIN MEKANIK

#### *AUTOMATIC CRUISE CONTROL*

### II.1 Alur Perancangan

*Automatic Cruise Control* dirancang mengikuti alur yang sistematis. Desain yang dibuat harus memiliki spesifikasi khusus dengan kemudahan dalam proses manufaktur dan memiliki unjuk kerja yang baik. Secara umum alur langkah perancangan terbagi ke dalam tiga fase utama, yaitu konseptual desain, pembentukan desain (*embodiment*), dan detail desain.



*Gambar II.1 : Alur Proses Perancangan Produk [4]*

Konseptual desain adalah proses dimana desain dimulai dan dibawa ke titik penemuan solusi-solusi yang mungkin, hingga diperkecil ruang lingkungnya sampai pada konsep terbaik. Konseptual desain adalah fase yang memerlukan kreativitas tinggi, melibatkan ketidakpastian, dan memerlukan koordinasi dalam semua fungsi yang terlibat dalam proses desain [4].

Tahap-tahap dalam konseptual desain adalah :

- Definisi masalah

Tujuan dari kegiatan ini untuk membuat pernyataan yang menjelaskan apa yang harus dicapai dalam memenuhi kebutuhan desain. Hal ini melibatkan analisa produk, target spesifikasi, dan penjabaran batasan (*constraint*).

- Pengumpulan informasi

Produk yang didesain harus memiliki referensi atau acuan dalam hal perancangan, agar tidak terjadi kesalahan teoritis maupun eksperimental (praktikal). Pengumpulan informasi perlu dilakukan secara detail dan tepat guna. Contoh dari pengumpulan informasi yang perlu dilakukan adalah mengenai teori pendukung, riset teknologi terakhir, standar pemilihan komponen, dan lain sebagainya.

- Konseptualisasi

Pembuatan konsep-konsep yang secara potensial memenuhi kriteria penyelesaian permasalahan.

- Pemilihan konsep

Dari berbagai macam konsep desain yang muncul dilakukan evaluasi, modifikasi, hingga proses pemilihan satu konsep.

- Spesifikasi desain produk

Spesifikasi desain produk ditinjau kembali setelah konsep dipilih.

- *Review* desain

*Review* desain memastikan desain secara fisik dapat dibuat.

Fase kedua adalah *embodiment* desain. Dalam fase ini, pengembangan konsep desain yang terstruktur dilakukan. Perwujudan (*embodiment*) dari keseluruhan fungsi utama dilakukan. Pada fase inilah diambil keputusan tentang kekuatan, pemilihan material, ukuran, bentuk, dan kesesuaian ruang. Perwujudan desain mempertimbangkan tiga tugas utama, yaitu :

- Arsitektur produk

Arsitektur produk meliputi pembagian keseluruhan sistem desain menjadi modul-modul. Pada langkah ini diputuskan bagaimana komponen fisik desain disusun dan dikombinasikan untuk menampilkan suatu fungsi desain.

- Konfigurasi desain

Mengkonfigurasi komponen berarti menentukan fitur-fitur apa yang akan ditampilkan dan bagaimana fitur-fitur tersebut disusun terhadap ruang relatif satu sama lain. Pemodelan dan simulasi boleh dilakukan pada fase ini untuk memeriksa fungsi dan batasan terhadap ruang, namun ukuran pendekatan dilakukan untuk memastikan bahwa part sesuai dengan spesifikasi desain produk. Detail mengenai material dan proses manufaktur diberikan secara lengkap.

- Desain parameter

Penentuan parameter desain dimulai dengan pemberian informasi pada konfigurasi komponen dan bertujuan untuk membuat dimensi pasti suatu produk. Keputusan final pada pemilihan material dan proses manufaktur dilakukan jika belum dilakukan sebelumnya. Aspek penting dalam desain parameter adalah untuk memeriksa part, perakitan (*assembly*), dan sistem.

Fase ketiga adalah detail desain. Fase ini dilakukan untuk memenuhi deskripsi *engineering* dari suatu produk yang telah dites dan dapat diproduksi. Informasi yang hilang ditambahkan pada susunan, bentuk, dimensi, toleransi, properti permukaan, material, dan proses manufaktur setiap komponen. Hasilnya adalah spesifikasi untuk setiap komponen secara khusus, dan komponen standar yang dapat dibeli di pasaran. Gambar teknik yang detail untuk proses manufaktur disiapkan. Biasanya merupakan gambar yang dihasilkan di komputer dan merupakan model solid 3 dimensi. Gambar dan instruksi perakitan (*assembly*) juga ditentukan. Detail desain mengikutsertakan pembuatan dan pengetesan beberapa versi awal produk. Detail desain juga merangkum *review* desain.

Ketiga fase ini merupakan dasar dari proses desain, yang merupakan permulaan dari keseluruhan proses desain itu sendiri. Bila dipertimbangkan dari berbagai aspek desain, maka desain akan semakin detail seiring dengan berbagai proses yang akan dilaluinya. Fase awal ini membawa desain dari kemungkinan menjadi kepastian praktek di dunia nyata. Bagaimanapun juga proses desain tidak akan berhenti dengan selesainya spesifikasi dan gambar detail *engineering*. Masih banyak keputusan-keputusan, baik teknis maupun bisnis, yang harus diambil. Hal

itu termasuk bagaimana desain dimanufaktur, dipasarkan, dipelihara selama pemakaian, dan dibuang setelah produk tidak lagi digunakan.

## **II.2 Konseptual Desain**

### **II.2.1 Definisi Masalah**

Penelitian ini bertujuan untuk mendesain sebuah prototipe *Automatic Cruise Control* yang akan digunakan untuk membuat kecepatan suatu kendaraan menjadi konstan ketika diinginkan.

Tujuan utama suatu *Automatic Cruise Control* adalah menjaga agar kecepatan suatu kendaraan konstan. Untuk menjaga agar suatu kendaraan konstan maka diperlukan suatu sistem yang dapat menjaga pemasukan bahan bakar pada keadaan konstan. Pada motor bakar jumlah masukan bahan bakar ditentukan oleh besar atau kecilnya bukaan katup bahan bakar (*throttle*). Penelitian ini bertujuan menentukan mekanisme yang paling tepat untuk menjaga bukaan katup secara otomatis dan aman.

Terdapat berbagai alternatif yang dapat dipilih sebagai aktuator untuk membuat alat ini. Setiap alternatif harus didesain dan dianalisa sebelum diuji menggunakan alat uji yang disebut *test bed*. Alternatif aktuator yang akan dideasin adalah menggunakan *magnetic clutch* dan menggunakan mekanisme roda gigi dengan motor servo. Berdasarkan desain yang dibuat dapat diketahui simulasi mekanisme setiap alternatif aktuator. *Test bed* yang dibuat harus dapat mensimulasikan bagaimana unjuk kerja *Automatic Cruise Control* secara nyata. Termasuk menampilkan karakter-karakter dalam sebuah sistem yang memiliki parameter masukan, pengolahan masukan, dan parameter keluaran. Sehingga dapat menampilkan kekurangan setiap alternatif secara nyata.

### **II.2.2 Konsep Dan Spesifikasi Awal**

#### **II.2.2.1 *Automatic Cruise Control* dengan *Magnetic Clutch***

Alternatif pertama yang akan didesain adalah memanfaatkan *magnetic clautch* untuk menjaga bukaan katup pada posisi dimanapun. *Magnetic clutch* memanfaatkan gaya gesek antara piringan dengan media gesek. Gaya gesek bertambah besar ketika tekanan antara piringan dengan media gesek bertambah

besar akibat gaya tarik magnet. *Magnetic clutch* yang digunakan pada mulanya merupakan salah satu komponen bekas mesin fotokopi.

*Magnetic clutch* akan dihubungkan dengan pengatur katup penutup (*throttle*) melalui mekanisme gir (*sprocket*) dan rantai. Diperlukan mekanisme *hub* agar gir dapat menempel pada katup penutup tanpa merusak komponen asli. *Hub* tersebut harus dapat menahan torsi yang diberikan katup penutup akibat pegas pada katup. Keterbatasan dimensi yang menjadi tantangan dalam mendesain sistem ini.

Komponen lain yang harus didesain adalah mekanismeudukan (*mounthing*) *magnetic clutch* agar dapat terpasang pada kendaraan. Mekanismeudukan ini harus kuat menahan beban *magnetic clutch* sendiri ditambah momen yang dihasilkan ketika *magnetic clutch* bekerja menahan katup penutup. Sangat terbatasnya ruang kosong pada mesin kendaraan uji menyulitkan dalam menentukan letak penjaga *magnetic clutch* agar bekerja dengan baik dan tidak mengganggu kinerja komponen lain.

Faktor keselamatan menjadi perhatian utama pada perancangan alat ini. Oleh karena itu perlu dirancang mekanisme *emergency* yang aktif baik secara mekanis atau elektrik yang akan mengembalikan kondisi kendaraan ke keadaan standar. Sistem harus dapat non aktif ketika pedal rem dan/atau kopling diinjak

Untuk keperluan perawatan dan penggantian komponen maka sistem ini harus dirancang mampu diperbaiki dengan mudah. Namun untuk bagian tertentu harus dirancang yang dapat memperbaiki hanya produsen atau yang diberi kewenangan melakukan perbaikan. Misalnya untuk bagian *magnetic clutch* harus dapat dilakukan penggantian komponen dengan mudah komponen ini rusak. Sedangkan untuk bagian elektronik hanya produsen atau pihak yang diberi kewenangan yang dapat memperbaikinya.

#### **II.2.2.2 Automatic Cruise Control dengan Roda Gigi**

Perbedaan dengan desain pertama adalah penggantian fungsi *magnetic clutch* dengan mekanisme roda gigi yang dapat terkunci menggunakan motor servo yang kemudian disebut modul pengunci. Roda gigi akan terhubung dengan poros yang terdapat *sprocket* pada salah satu sisinya. *Sprocket* ini yang akan

terhubung melalui mekanisme rantai dengan *sprocket* lain yang terdapat pada katup penutup. Agar dapat menahan bukaan katup penutup maka roda gigi harus ditahan menggunakan suatu *stopper*. *Stopper* dapat bergerak akibat mekanisme gerak oleh motor servo. Ketahanan alternatif kedua ini sangat ditentukan oleh kekuatan material roda gigi dan *stopper* menahan torsi akibat pegas katup penutup.

Hambatan yang dihadapi untuk merancang sistem alternatif ini sama dengan sistem sebelumnya yaitu terbatasnya ruang kosong disekitar sistem penyaluran bahan bakar untuk membuat pemegang modul pengunci. Hambatan lain adalah bagaimana merancang sistem *emergency* ketika alat ini gagal bekerja.

Sistem roda gigi dan *stopper* yang digerakan oleh motor servo dibuat dalam satu set modul. Maka jika terjadi kerusakan maka harus dilakukan penggantian satu set modul. Hal ini dilakukan untuk menghindari adanya tiruan karena pada modul itulah terletak konsep utama (*state of the art*) dari sistem ini. Hal yang sama juga dilakukan pada komponen elektronika yang dijadikan dalam satu modul.

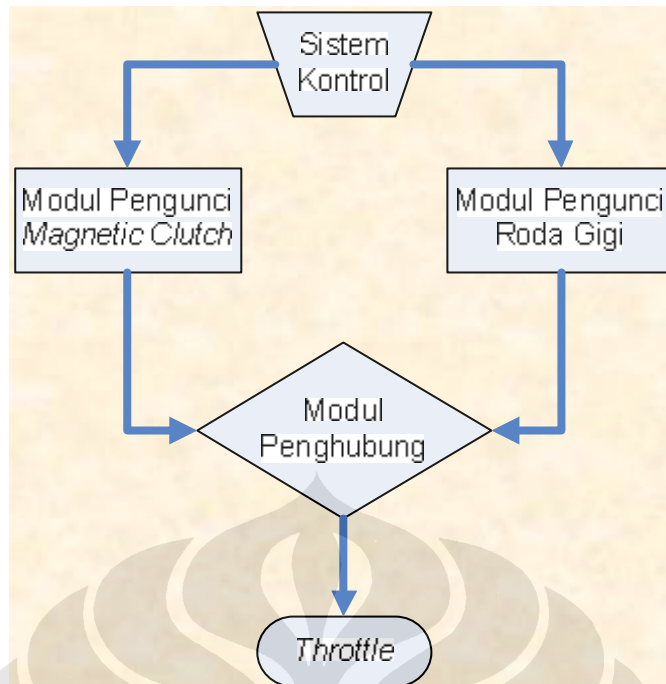
### **II.2.2.3 Test Bed Automatic Cruise Control**

Setelah desain dari kedua alternatif selesai dibuat dan disimulasikan maka kedua desain dibuatkan *test bed* untuk mengetahui karakteristik nyata dari setiap alternatif. *Test bed* dibuat semirip mungkin dengan keadaan nyata ketika kedua desain bekerja. Parameter yang dibuat sama antara lain mekanisme hubungan antara modul pengunci dengan katup penutup, kekuatan pegas katup penutup, dan mekanisme hub untuk *sprocket* dengan katup penutup. Selain untuk menguji sistem mekanik *test bed* juga digunakan untuk menguji reliabilitas program dan komponen elektronik.

## **II.3 Pembentukan Desain**

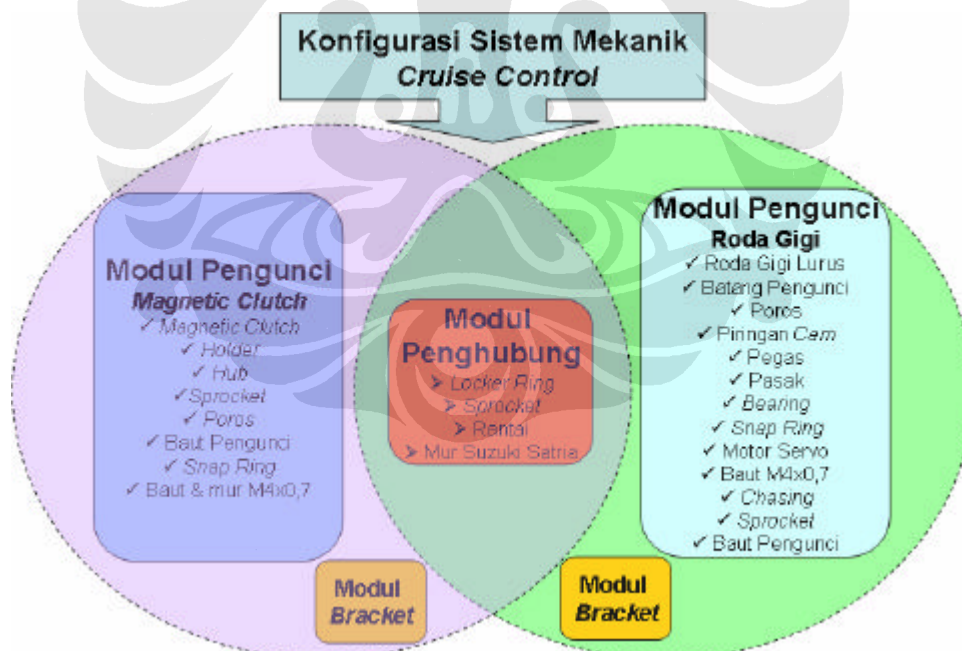
### **II.3.1 Arsitektur Produk**

Arsitektur untuk sistem mekanik didasarkan pada mekanisme penguncian dan pembebasan beban puntir *throttle* berdasarkan masukan dari sistem kontrol.



Gambar II.2 : Arsitektur Perancangan Sistem Mekanik

### II.3.2 Konfigurasi Produk

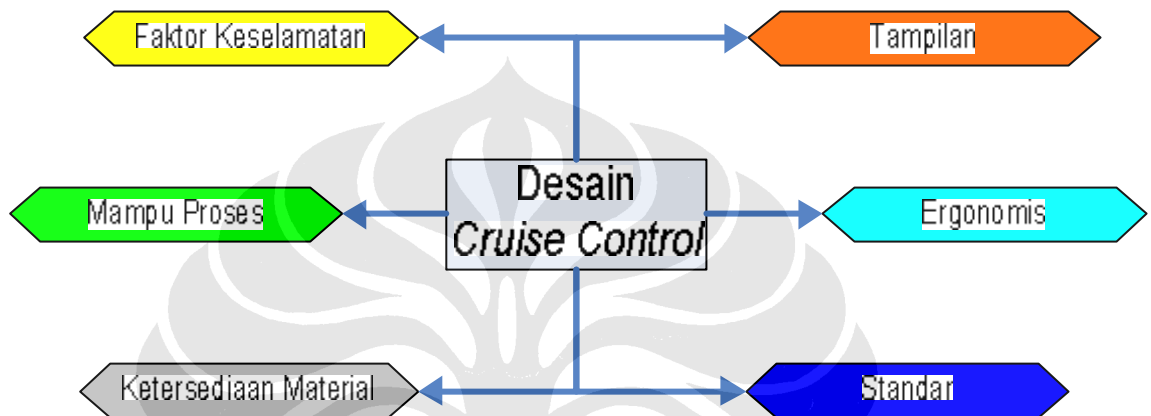


Gambar II.3: Konfigurasi Sistem Mekanik

Pada gambar diatas lingkaran yang berwarna ungu adalah konfigurasi sistem mekanik untuk desain pertama. Sedangkan lingkaran yang berwarna hijau untuk sistem kedua. Modul penghubung berada pada irisan kedua lingkaran menunjukan bahwa desain penghubung digunakan oleh kedua sistem. Hal ini

terjadi karena perbedaan kedua sistem hanya terletak pada mekanisme penguncian. Sedangkan objek yang dikunci adalah sama yaitu *throttle*. Setiap sistem memiliki modul *bracket* sendiri karena *bracket* disesuaikan dengan desain modul pengunci.

### II.3.3 Desain Parameter



Gambar II.4 : Desain Parameter

Terdapat enam parameter yang menjadi perhatian kami dalam mendesain *Automatic Cruise Control*.

#### 1. Faktor keselamatan

Faktor keselamatan menjadi tinjauan utama karena desain ini menyangkut keselamatan nyawa pengguna. Parameter faktor keselamatan diwakili oleh safety factor. Penjelasan detail mengenai safety faktor terdapat pada BAB IV mengenai analisa desain mekanik *Automatic Cruise Control*. Dalam perancangan suatu produk selain safety factor masih terdapat 3 pertimbangan yang perlu diperhatikan yaitu [6]:

- *Failure Mode and Effect Analisis* (FMEA) dan *Fault Trees* (FT)

FMEA digunakan untuk mendaftar dampak suatu komponen jika mengalami kegagalan terhadap keseluruhan sistem. Sedangkan FT adalah data statistik yang menunjukkan kegagalan apa yang paling terjadi sehingga dapat diantisipasi sejak tahap desain.



- Distribusi beban, *redundancy*, *Fail Safe*, dan *Manifest Danger*

Analisa dimana pembebanan terbesar dapat menghindari terjadinya kegagalan. Antisipasi ini dapat dilakukan sejak tahap desain. Pada desain sebaiknya dihindari terjadinya pemusatan beban pada suatu titik. *Redundancy design* adalah desain yang membuat suatu sistem dikerjakan oleh dua komponen yang bekerja saling bergantian. Ketika salah satu komponen gagal, komponen lainnya dapat menggantikan secara langsung tanpa kehilangan fungsi utama. *Fail safe* adalah desain yang mempertimbangkan kegagalan yang telah direncanakan. Suatu komponen memang didesain akan rusak untuk menghindari kerusakan komponen lain atau sistem. *Manifest danger* adalah mengetahui kegagalan dari suatu sistem dengan membuat suatu komponen mudah terdeteksi jika mengalami kegagalan sehingga dapat dilakukan perbaikan.

- Reliabilitas

Kemampuan komponen untuk tetap bekerja tanpa gagal sampai jangka waktu tertentu.

## 2. Mampu proses

Desain yang dibuat harus mempertimbangkan teknologi yang ada untuk membuatnya menjadi nyata. Harus dipertimbangkan kompleksitas, toleransi, faktor bentuk, karakteristik material terhadap perlakuan tertentu dan berbagai batasan lain pada setiap proses manufaktur. Pemilihan proses yang tepat akan menghasilkan produk yang baik dan sesuai dengan apa yang didesain

## 3. Ketersediaan material

Untuk desain yang membutuhkan material spesial harus dipertimbangkan ketersediaan material itu untuk saat ini dan masa yang akan datang. Ketersediaan material menentukan keberlanjutan produksi suatu alat. Ketersediaan material mempengaruhi kecepatan produksi, biaya, dan *maintainability*. Akan sangat disayangkan jika desain yang sangat baik tidak dapat dibuat karena material yang diinginkan tidak ada.

#### 4. Tampilan

Desain suatu sistem mekanik harus juga mempertimbangkan nilai estetika. Terlebih untuk desain yang memiliki tujuan jual atau profit. Estetika sangat menentukan suatu desain disukai atau tidak secara visual. Pertimbangan estetika menyangkut warna, bentuk, tekstur, dan nilai seni. Kesan pertama secara visual harus dapat ditonjolkan agar orang lain tertarik untuk mencoba sehingga mengetahui keunggulan-keunggulan atau kualitas lain yang tidak terlihat secara visual. Mempertimbangkan faktor ini kami berusaha membuat desain dengan bentuk yang menarik dan kompak. Selain itu pemilihan warna juga menjadi pertimbangan kami dalam mendesain *Automatic Cruise Control*.

#### 5. Ergonomis

Desain yang ergonomis adalah desain yang mempertimbangkan kenyamanan manusia. Kenyamanan berinteraksi antara manusia dan mesin harus dapat dicapai dengan memperhatikan faktor-faktor psikologis dan psikomotorik manusia. Psikomotorik adalah kecepatan respon manusia terhadap suatu rangsangan. Pada dasarnya desain yang ergonomis lebih dititik beratkan pada bentuk-bentuk desain yang membuat nyaman manusia baik fisik maupun psikis ketika berinteraksi dengan desain tersebut (bagian komponen).

#### 6. Standar

Desain harus lulus regulasi (peraturan) baik yang dikeluarkan suatu negara (SNI, JIS, DIN, ANSI), internasional (ISO) atau organisasi tertentu (AGMA, AISI, ASTM, ASME). Fungsi pemenuhan standar adalah agar produk yang dibuat dapat diterima dimanapun ketika standar tersebut telah dipenuhi. Desain *Automatic Cruise Control* memperhatikan standar regulasi lalulintas, standar keselamatan, standar perhitungan dan analisa kegagalan, standar material, standar desain komponen, standar pemilihan komponen, standar kualitas produk, dan standar proses produksi.

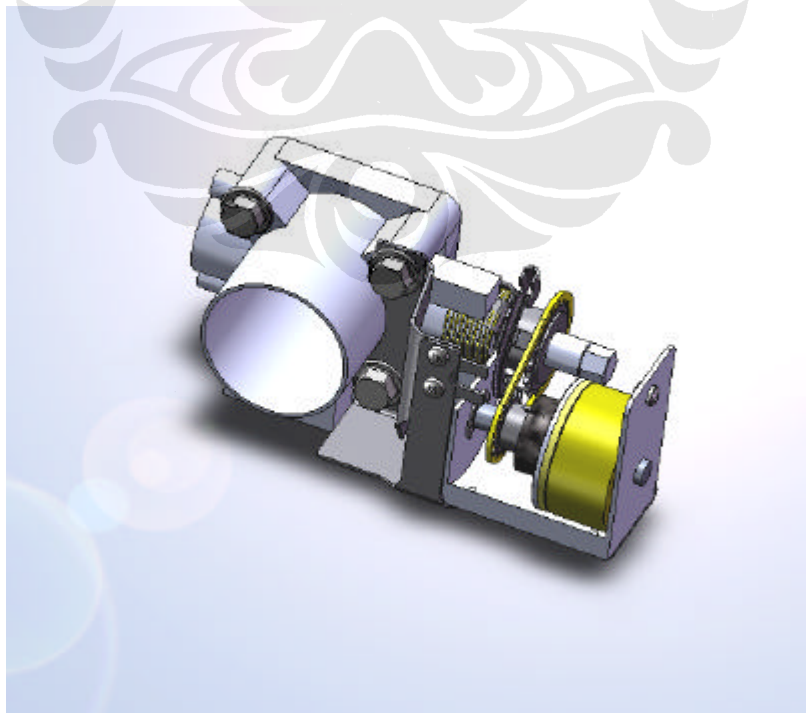
## II.4 Detail Desain

Konsep utama perancangan Automatic Cruise Control adalah perancangan suatu mekanisme yang dapat membuat kecepatan suatu kendaraan konstan pada kondisi tertentu dan dapat kembali ke keadaan awal secara otomatis. Untuk dapat menjaga kecepatan suatu kendaraan konstan yang dilakukan adalah mengontrol suplai bahan bakar ke dalam ruang bakar. Suplai bahan bakar tergantung pada bukaan katup penutup (*throttle*). Maka desain mekanik *Automatic Cruise Control* difokuskan pada perancangan mekanisme yang dapat menjaga bukaan throttle pada berbagai posisi.

Untuk dapat menjaga bukaan throttle dibutuhkan alat yang dapat mengatasi beban puntir yang diberikan pegas *throttle*. Berdasarkan studi literatur kami menemukan dua mekanisme yaitu memanfaatkan *magnetic clutch* dan roda gigi lurus.

### II.4.1 Desain *Automatic Cruise Control Magnetic Clutch*

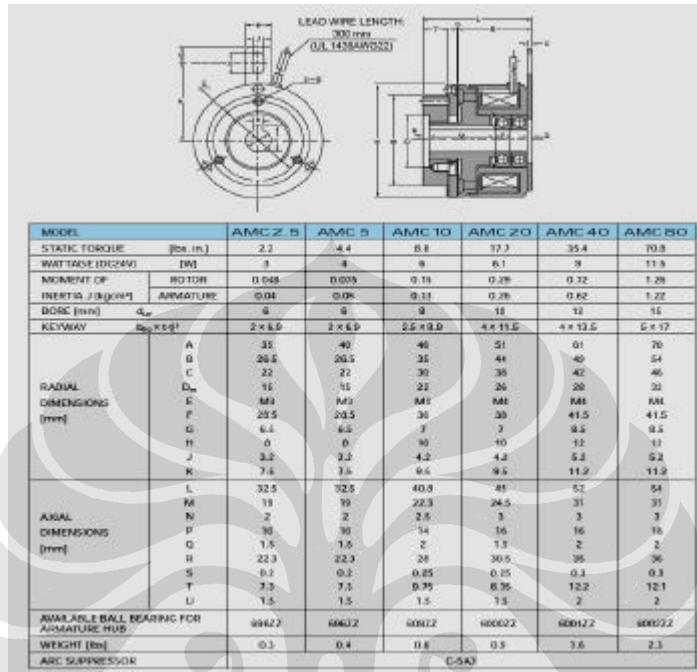
Untuk mempermudah dalam proses manufaktur dan perawatan maka desain terbagi atas modul pengunci, modul penghubung daya, dan modul pemegang (*bracket*).



Gambar II.5: Desain Mekanik Automatic Cruise Control Versi Magnetic Clutch

### II.4.1.1 Modul Pengunci

Komponen mekanik utama pada versi ini adalah *magnetic clutch*. *Magnetic clutch* berkerja berdasarkan gesekan antara piringan dengan kavas akibat gaya tarik elektromagnetik yang dihasilkan oleh kumparan.



Gambar II.6 : Spesifikasi Ogura Magnetic Clutch [7]

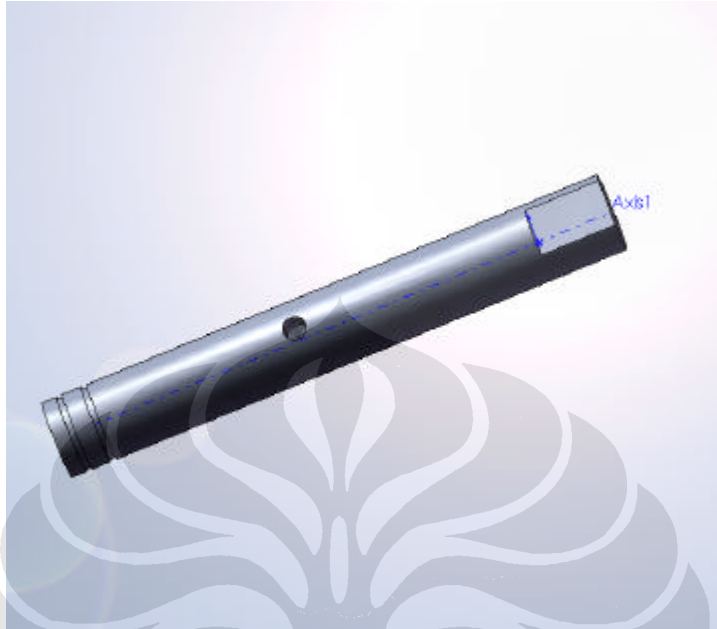
Berdasarkan spesifikasi di atas maka dibuat desain 3 dimensi yang disertai modifikasi pemasangan *sprocket*. *Sprocket* dipasang pada *magnetic clutch* menggunakan *hub*. *Sprocket* dan *hub* disatukan menggunakan las. Kemudian *hub* dibaut pada disc *magnetic clutch*. Berikut ini adalah desain 3 dimensi komponen-komponen *magnetic clutch* Ogura AMC 20.



Gambar II.7 : 3D CAD Magnetic clutch

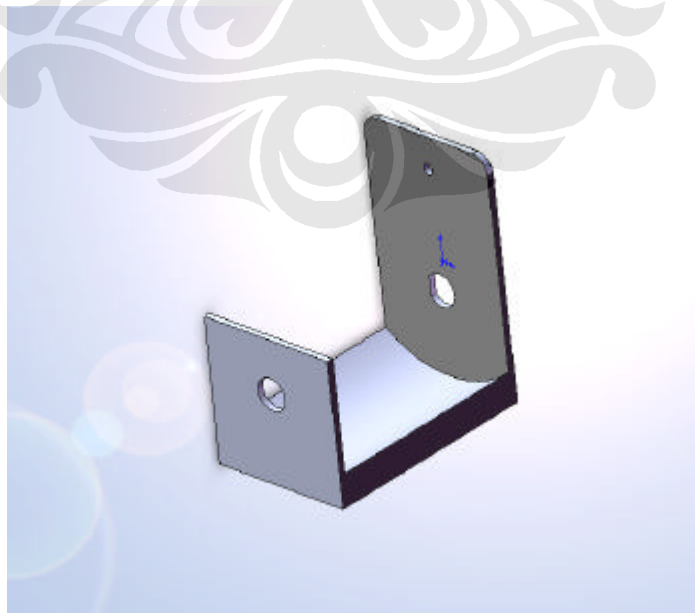
(a) AMC 20 (b) AMC 20 modifikasi penambahan sprocket

Desain poros disesuaikan dengan dimensi *magnetic clutch* berdasarkan spesifikasi diatas.



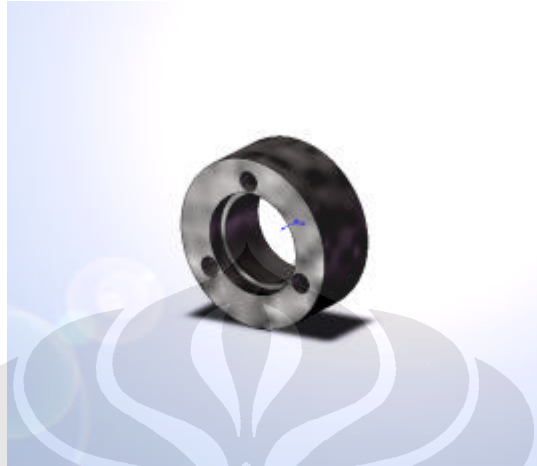
*Gambar II.8 : Desain poros magnetic clutch*

Holder berfungsi menjaga agar poros tumpuan *magnetic clutch* tidak dapat berputar. Selain itu holder juga berfungsi memegang *magnetic clutch* pada modul *bracket*.



*Gambar II.9 : Desain Holder Magnetic Clutch*

*Magnetic clutch* harus dimodifikasi agar dapat berfungsi pada sistem ini. Modifikasi dilakukan dengan menambahkan *hub* yang menghubungkan piringan pada *magnetic clutch* dengan *sprocket*.



*Gambar II.10 : Desain Hub*

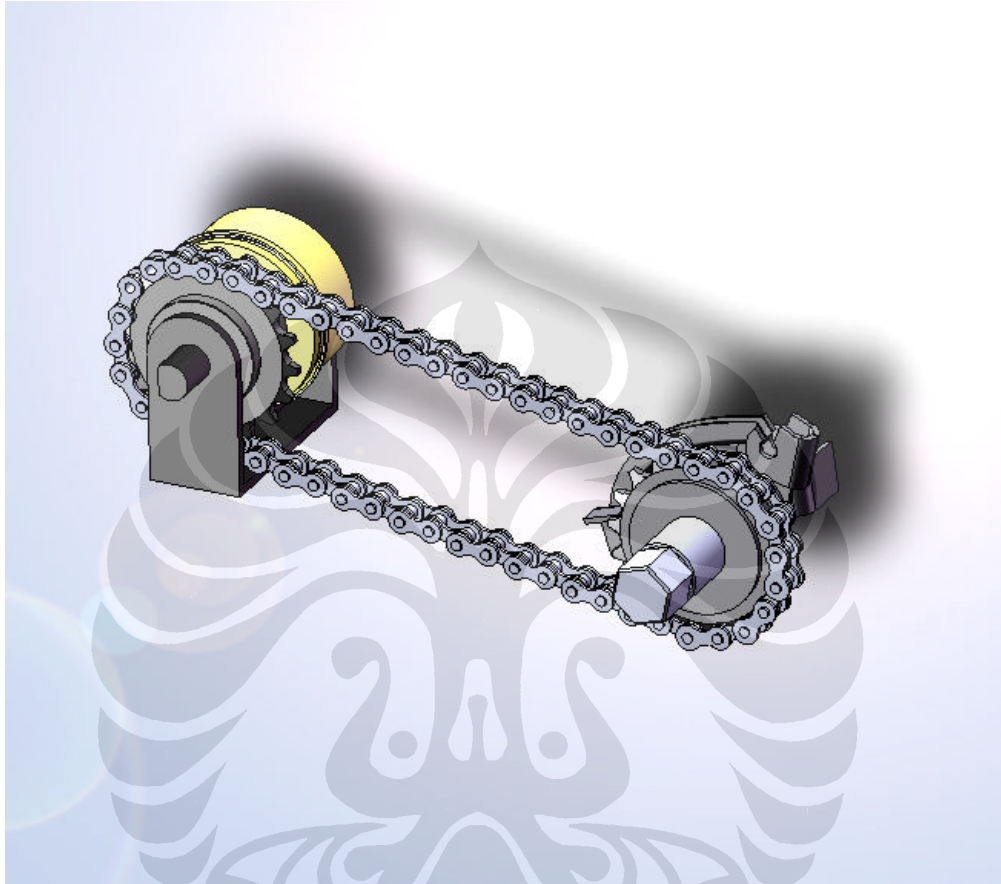


*Gambar II.11 : Mekanisme Pemasangan Sprocket Pada Piringan Magnetic Clutch*

*Sprocket* dipasang dengan *hub* dengan metode pengelasan. Kemudian *hub* dipasang pada *disc magnetic clutch* dengan menggunakan sistem baut.

### II.4.1.2 Modul Penghubung Daya

Modul ini berfungsi mentransferkan daya berupa torsi yang dihasilkan oleh pegas katup penutup kepada *magnetic clutch*. Mekanisme yang digunakan adalah perbandingan *sprocket* melalui rantai.



Gambar III.12 : Desain Modul Penghubung

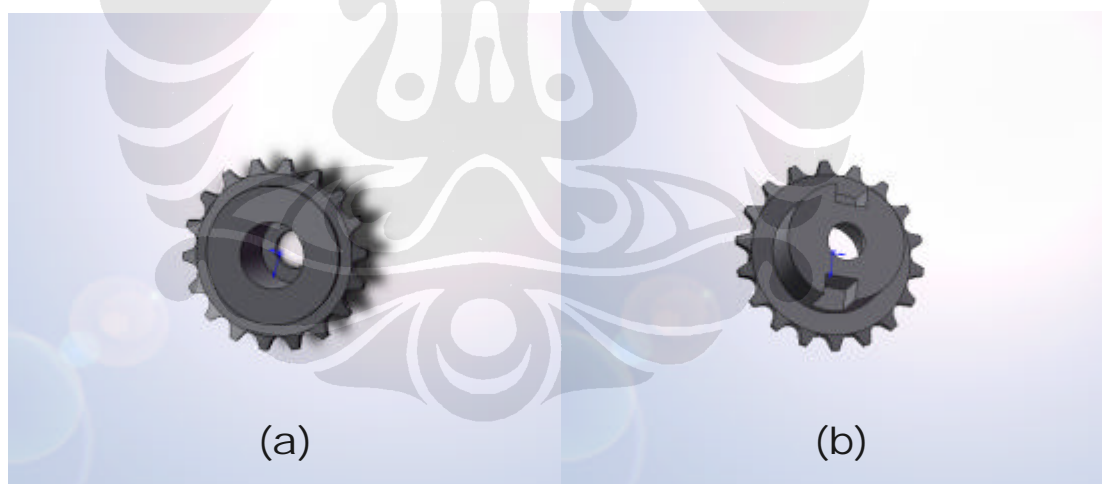
Gambar diatas memperlihatkan hubungan antara modul pengunci dengan modul penghubung daya. Modul penghubung hanya terdiri atas 4 komponen yaitu *locker ring*, mur suzuki satria sebagai pengencang, *sprocket* dan rantai. Rantai yang dipilih adalah rantai no. 25 yang memiliki *pitch* 0,25 in. Sedangkan jumlah gigi pada *sprocket* pada modul ini adalah 18 gigi.

*Locker ring* berfungsi mengunci *sprocket* pada katup penutup agar torsi dari pegas katup penutup dapat diteruskan oleh *sprocket*. Mekanisme penguncian menggunakan *locker ring* bertujuan agar katup penutup tidak mengalami modifikasi sama sekali mengingat harganya yang sangat mahal. Berikut adalah desain *locker ring*.



Gambar II.13 : Desain locker ring

Desain *sprocket* disesuaikan dengan mekanisme pengunci oleh *locker ring*. Modifikasi juga dilakukan pada *hub sprocket* agar *sprocket* terpasang pada katup penutup dengan mekanisme mur.



Gambar II.14 : Desain Modifikasi Sprocket

(a) Tampak Atas (b) Tampak Bawah

Semua komponen kemudian dirakit pada desain perakitan dengan urutan perakitan tertentu. Pertama kali yang dipasang pada katup penutup adalah *locker ring*, kemudian *sprocket* dipasang secara tepat antara kuping *locker ring* masuk ke



dalam celah pada *sprocket*. Terakhir mur pengunci dipasang dan dikencangkan. Berikut adalah desain proses perakitan modul penghubung.



*Gambar II.15 : Desain Perakitan Modul Penghubung*

#### **II.4.1.3 Modul Bracket**

Modul ini berfungsi untuk menyatukan modul pengunci dengan kendaraan. Modul ini hanya terdiri atas satu komponen utama yaitu bracket holder dan beberapa komponen pendukung seperti baut dan mur.



*Gambar II.16 : Desain Modul Bracket*

Gambar diatas adalah *bracket* untuk *holder magnetic clutch* yang disatukan dengan *bracket* kabel *throttle* kendaraan uji.

## II.4.2 Desain *Automatic Cruise Control* Versi Roda Gigi dan Servo

Sama seperti desain pertama untuk mempermudah dalam proses manufaktur dan perawatan maka desain terbagi atas modul pengunci, modul penghubung daya, dan modul pemegang (*bracket*).



Gambar II.17 : Desain *Automatic Cruise Control* Versi roda gigi dan Servo

### II.4.2.1 Modul Pengunci

Modul ini memanfaatkan roda gigi lurus sebagai komponen yang akan dikunci. Roda gigi dikunci oleh batang pengunci yang memiliki profil mata gigi pada bagian yang bersentuhan dengan roda gigi. Batang pengunci dapat bergerak maju dan mundur. Gerakan batang pengunci disebabkan oleh dorongan piringan *cam* yang diputar oleh motor servo. Ketika tidak terdorong *cam*, batang pengunci dapat kembali ke posisi awal karena dorongan pegas.

Beban puntir dari *throttle* sampai ke roda gigi melalui mekanisme *sprocket* dan rantai. *Sprocket* terpasang pada poros yang terhubung dengan roda gigi.

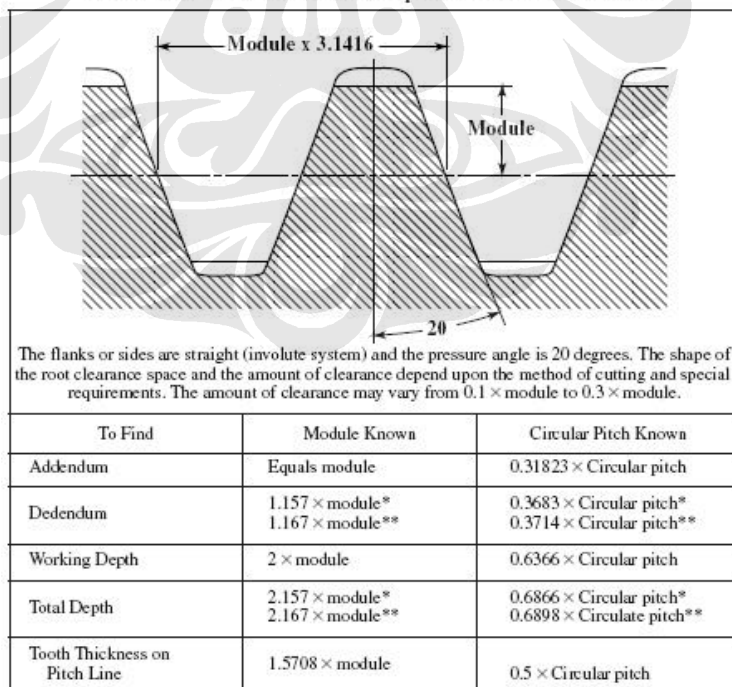
Beban puntir pada poros dapat ditahan oleh roda gigi karena roda gigi terkunci pada poros dengan mekanisme pasak.



Gambar II.18 : Desain Modul Pengunci

Terdapat berbagai standar yang dapat digunakan dalam perancangan roda gigi lurus. Pada skripsi ini penulis menggunakan standar DIN (*Deutsches Institut für Normung*). Untuk perancangan roda gigi lurus diatur pada DIN 867 sebagai berikut.

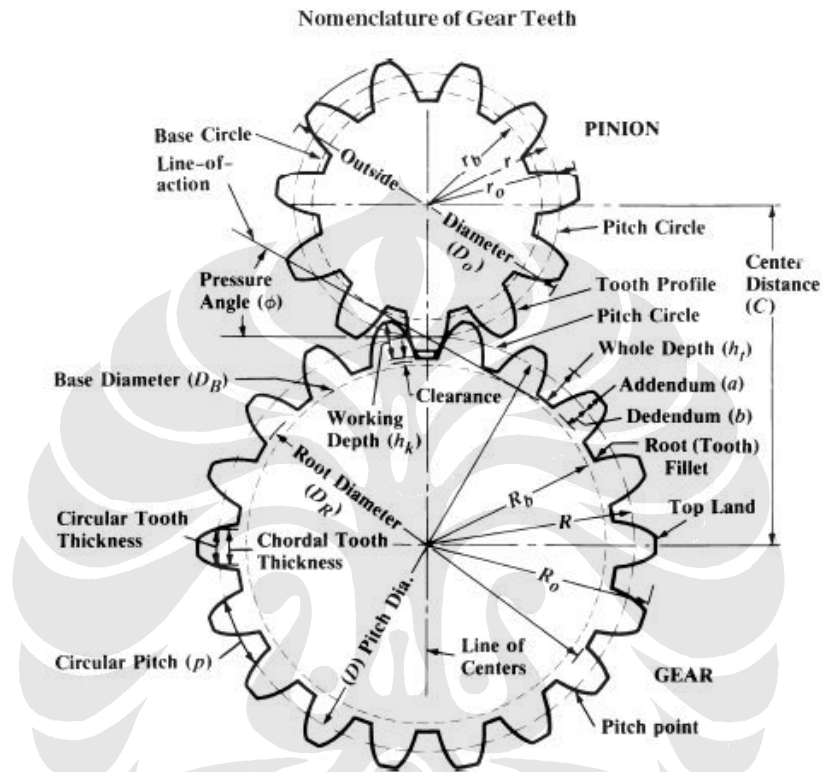
German Standard Tooth Form for Spur and Bevel Gears DIN 867



Formulas for dedendum and total depth, marked (\*) are used when clearance equals  $0.157 \times \text{module}$ . Formulas marked (\*\*) are used when clearance equals one-sixth module. It is common practice among American cutter manufacturers to make the clearance of metric or module cutters equal to  $0.157 \times \text{module}$ .

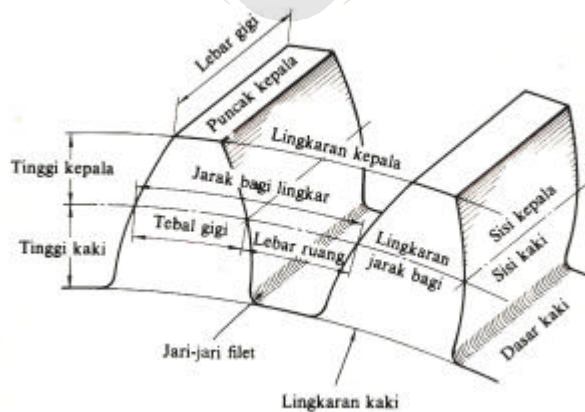
Gambar II.19 : Standar Perancangan Roda Gigi Lurus DIN 867 [5]

Standar tersebut digunakan untuk mengetahui nilai tinggi kepala, tinggi kaki, kedalaman kerja, kedalaman total, dan ketebalan mata gigi pada garis bagi. Unit yang digunakan pada standar DIN adalah milimeter (mm). Dalam perancangan roda gigi lurus terdapat standar penamaan bagian-bagian roda gigi lurus. Standar penamaan terlihat pada gambar berikut [5].



Gambar II. 16 : Standar Penamaan Roda Gigi Lurus [5]

Standar penamaan diatas dijadikan referensi penamaan bagian-bagian roda gigi lurus dalam bahasa indonesia sebagai berikut.



Gambar II. 20 : Penamaan Bagian-Bagian Roda Gigi Lurus Bahasa Indonesia [10]

Agar roda gigi yang dirancang dapat diproduksi maka dalam perancangan roda gigi harus memperhatikan standar modul. Modul adalah rasio perbandingan antara diameter lingkaran jarak bagi (*pitch*) dengan jumlah gigi. Tidak semua nilai modul suatu roda gigi dapat dimanufaktur. Berdasarkan standar DIN 867 sebagian nilai modul yang tersedia untuk proses manufaktur terdapat pada tabel dibawah ini [5].

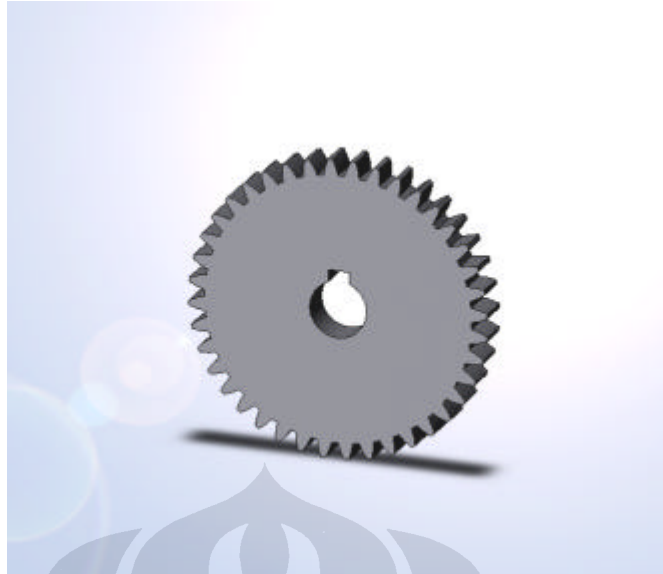
Tabel II.1 : Pemilihan Modul [3]

Module, DIN Standard Series	Equivalent Diametral Pitch	Circular Pitch		Addendum, Millimeters	Dedendum, Millimeters <sup>a</sup>	Whole Depth, <sup>a</sup> Millimeters	Whole Depth, <sup>b</sup> Millimeters
		Millimeters	Inches				
0.3	84.667	0.943	0.0371	0.30	0.35	0.650	0.647
0.4	63.500	1.257	0.0495	0.40	0.467	0.867	0.863
0.5	50.800	1.571	0.0618	0.50	0.583	1.083	1.079
0.6	42.333	1.885	0.0742	0.60	0.700	1.300	1.294
0.7	36.286	2.199	0.0865	0.70	0.817	1.517	1.510
0.8	31.750	2.513	0.0989	0.80	0.933	1.733	1.726
0.9	28.222	2.827	0.1113	0.90	1.050	1.950	1.941
1	25.400	3.142	0.1237	1.00	1.167	2.167	2.157
1.25	20.320	3.927	0.1546	1.25	1.458	2.708	2.697
1.5	16.933	4.712	0.1855	1.50	1.750	3.250	3.236
1.75	14.514	5.498	0.2164	1.75	2.042	3.792	3.774
2	12.700	6.283	0.2474	2.00	2.333	4.333	4.314
2.25	11.289	7.069	0.2783	2.25	2.625	4.875	4.853
2.5	10.160	7.854	0.3092	2.50	2.917	5.417	5.392
2.75	9.236	8.639	0.3401	2.75	3.208	5.958	5.932
3	8.466	9.425	0.3711	3.00	3.500	6.500	6.471
3.25	7.815	10.210	0.4020	3.25	3.791	7.041	7.010
3.5	7.257	10.996	0.4329	3.50	4.083	7.583	7.550
3.75	6.773	11.781	0.4638	3.75	4.375	8.125	8.089
4	6.350	12.566	0.4947	4.00	4.666	8.666	8.628
4.5	5.644	14.137	0.5566	4.50	5.25	9.750	9.707
5	5.080	15.708	0.6184	5.00	5.833	10.833	10.785
5.5	4.618	17.279	0.6803	5.50	6.416	11.916	11.864
6	4.233	18.850	0.7421	6.00	7.000	13.000	12.942
6.5	3.908	20.420	0.8035	6.50	7.583	14.083	14.021
7	3.628	21.991	0.8658	7.	8.166	15.166	15.099
8	3.175	25.132	0.9895	8.	9.333	17.333	17.256
9	2.822	28.274	1.1132	9.	10.499	19.499	19.413
10	2.540	31.416	1.2368	10.	11.666	21.666	21.571
11	2.309	34.558	1.3606	11.	12.833	23.833	23.728
12	2.117	37.699	1.4843	12.	14.000	26.000	25.884
13	1.954	40.841	1.6079	13.	15.166	28.166	28.041
14	1.814	43.982	1.7317	14.	16.332	30.332	30.198
15	1.693	47.124	1.8541	15.	17.499	32.499	32.355
16	1.587	50.266	1.9790	16.	18.666	34.666	34.512
18	1.411	56.549	2.2263	18.	21.000	39.000	38.826
20	1.270	62.832	2.4737	20.	23.332	43.332	43.142
22	1.155	69.115	2.7210	22.	25.665	47.665	47.454
24	1.058	75.398	2.9685	24.	28.000	52.000	51.768
27	0.941	84.823	3.339	27.	31.498	58.498	58.239
30	0.847	94.248	3.711	30.	35.000	65.000	64.713
33	0.770	103.673	4.082	33.	38.498	71.498	71.181
36	0.706	113.097	4.453	36.	41.998	77.998	77.652
39	0.651	122.522	4.824	39.	45.497	84.497	84.123
42	0.605	131.947	5.195	42.	48.997	90.997	90.594
45	0.564	141.372	5.566	45.	52.497	97.497	97.065
50	0.508	157.080	6.184	50.	58.330	108.330	107.855
55	0.462	172.788	6.803	55.	64.163	119.163	118.635
60	0.423	188.496	7.421	60.	69.996	129.996	129.426
65	0.391	204.204	8.040	65.	75.829	140.829	140.205
70	0.363	219.911	8.658	70.	81.662	151.662	150.997
75	0.339	235.619	9.276	75.	87.495	162.495	161.775

<sup>a</sup> Dedendum and total depth when clearance =  $0.1666 \times$  module, or one-sixth module.

<sup>b</sup> Total depth equivalent to American standard full-depth teeth. (Clearance =  $0.157 \times$  module.)

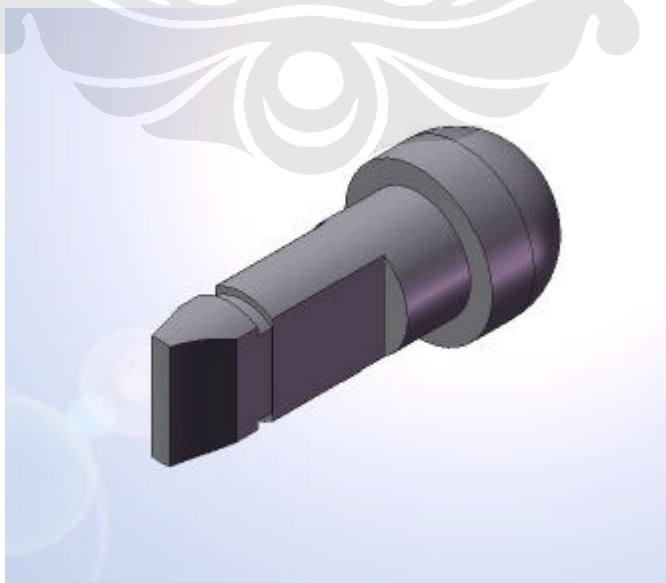
Menggunakan data yang terdapat pada tabel di atas kita dapat menentukan nilai bagian-bagian roda gigi lurus yang akan dirancang.



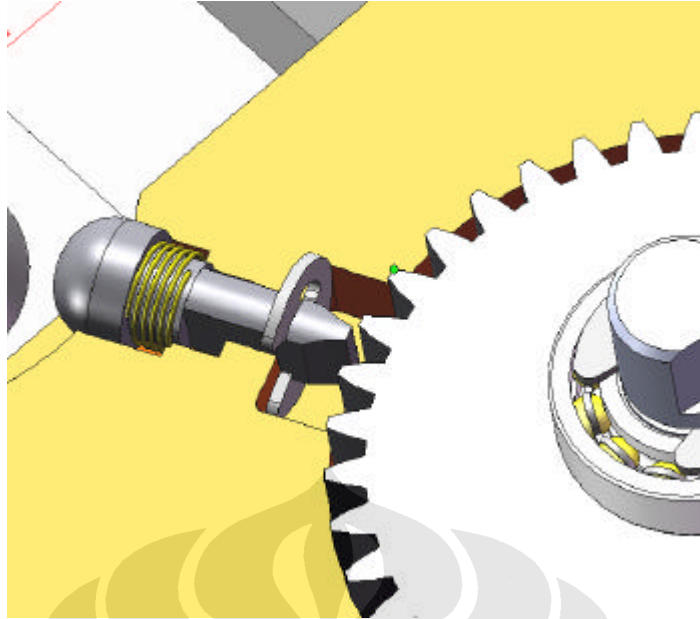
*Gambar II.21 : Desain Roda Gigi Lurus*

Desain roda gigi di atas menggunakan nilai modul 1 dengan jumlah gigi 40, dan sudut tekan 20 derajat. Mekanisme pengunci dengan poros menggunakan pasak persegi.

Mekanisme pengunci memanfaatkan batang yang didesain memiliki profil mata gigi untuk mendapatkan penguncian yang sempurna pada roda gigi. Bentuk sisi belakang dibuat setengah bola agar dapat dengan mudah terdorong ketika terkena piringan *cam*. Celah disediakan untuk memasang *snap ring* sebagai penahan dorongan pegas

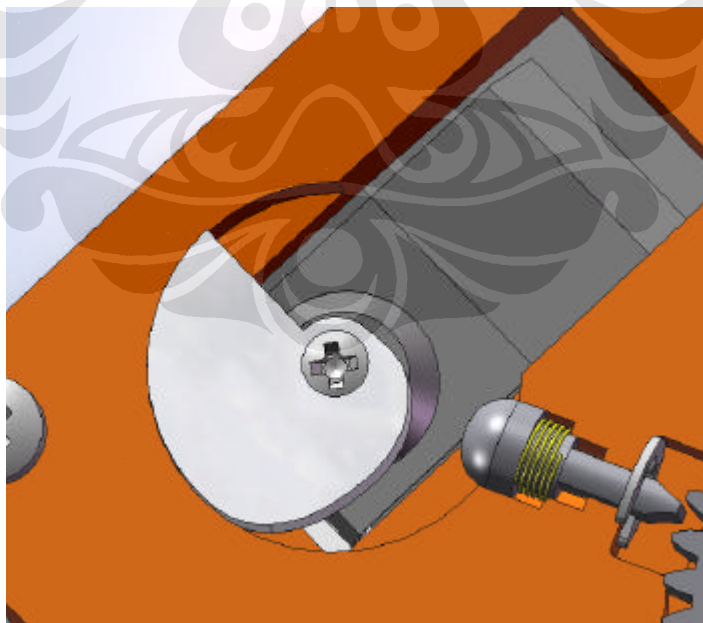


*Gambar II.22 : Desain Batang Pengunci*



*Gambar II.23 : Desain Mekanisme Pengunci.*

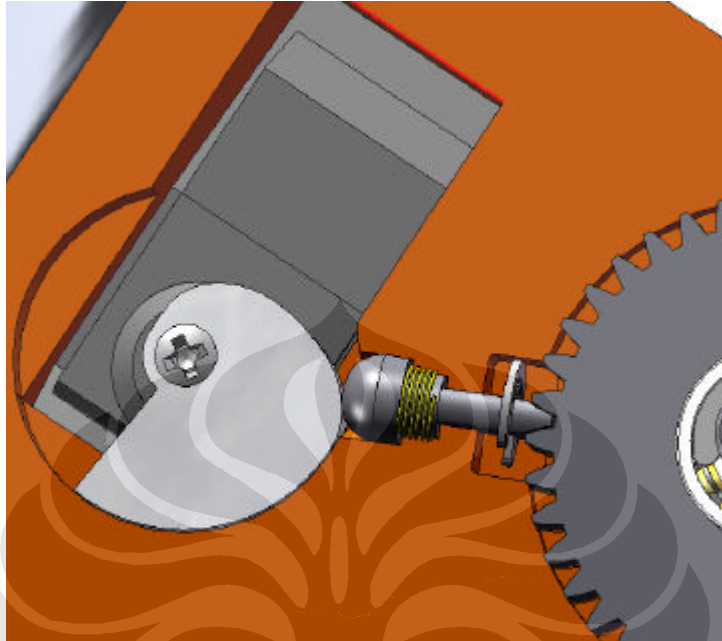
Batang pengunci dapat bergerak maju ketika bagian setengah bola tertekan oleh piringan yang dibentuk seperti *cam* digerakkan motor servo. Batang pengunci akan kembali ke posisi awal ketika tidak ada dorongan karena ada pegas berwarna kuning yang mengembalikannya ke posisi semula.



*Gambar II.24 : Desain Mekanisme Pendorong Batang Pengunci*

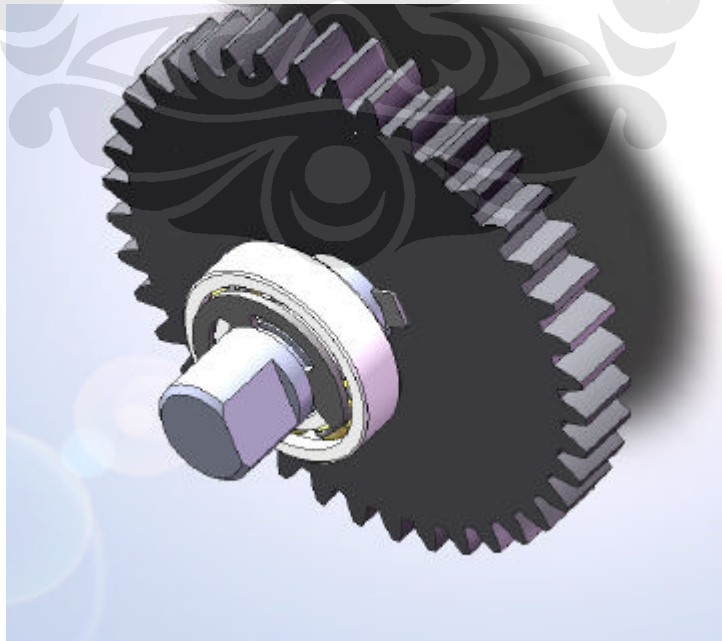
Piringan berbentuk *cam* akan bergerak 90 derajat ketika akan mendorong batang pengunci. Tekanan pegas pendorong dirancang bisa mendorong batang

pengunci ke posisi semula walaupun batang pengunci terdorong piringan cam ketika terjadi *malfunction* (servo mati).



*Gambar II.25 : Posisi penguncian Roda Gigi*

Roda gigi mendapat torsi dari poros yang terhubung dengan sprocket. Torsi pada poros diteruskan ke roda gigi menggunakan mekanisme pasak.



*Gambar II.26 : Mekanisme Penguncian Roda Gigi Pada Poros*



Cam didesain dapat mengubah gerakan rotasi dari servo menjadi gerakan translasi pada batang pengunci. Terdapat berbagai jenis desain cam yang terdapat pada referensi. Kami memilih desain cam jenis *cycloidal motion radial translating roller follower* [5]. Untuk desain tersebut persamaan kurva cam yang digunakan adalah [5]:

$$y = h \left[ \frac{f}{b} - \frac{1}{2p} \sin \left( \frac{360^\circ f}{b} \right) \right] \quad (\text{II.1})$$

Dengan

$h$  adalah perpindahan translasi

$\beta$  adalah sudut putar cam ketika nilai  $h$  maksimum

$f$  adalah sudut putar cam pada posisi  $y$ .

Untuk dapat mengetahui gaya yang bekerja pada cam perlu diketahui besar sudut tekan. Untuk desain ini nilai sudut tekan maksimum ( $a_{\max}$ ) dijaga untuk tidak melebihi  $30^\circ$ . Kemudian perlu diketahui jari-jari cam maksimum ( $R_{\max}$ ) dan sudut angkat maksimum ( $f_p$ ) pada nilai sudut tekan maksimum yang diinginkan. Maka formula yang digunakan adalah [5]:

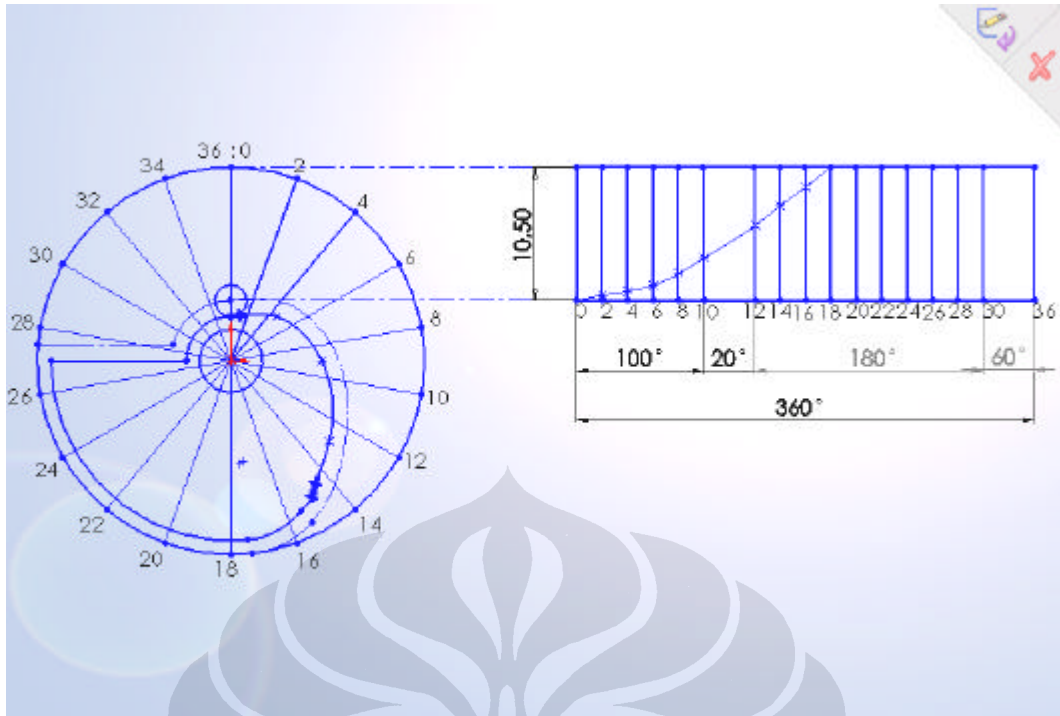
$$j_p = \frac{b}{180^\circ} \left[ \ar \cot \left( \frac{b \tan a_{\max}}{360^\circ} \right) \right] \quad (\text{II.2})$$

$$R_{a \max} = \frac{h}{2p} \frac{[1 - \cos(360^\circ j_p / b)]^2}{\sin(360^\circ / b)} \quad (\text{II.3})$$

$$R_{\min} = R_{a \max} - h \left[ \frac{j_p}{b} - \frac{1}{2p} \sin \left( \frac{360^\circ j_p}{b} \right) \right] \quad (\text{II.4})$$

Dengan memasukan nilai  $\beta$  adalah  $150^\circ$ ,  $a_{\max}$   $30^\circ$  dan nilai  $h$  adalah 10,5 pada formula diatas maka didapatkan nilai sudut angkat maksimum ( $f_p$ ) adalah  $60^\circ$  dan nilai jari-jari maksimum adalah 15 mm. Kemudian minimum jari-jari cam adalah 4,5 mm.

Pada pembahasan bab ini perhitungan dibatasi sampai tahap tersebut. Sedangkan perhitungan gaya dibahas pada bab analisa pembebanan. Hasil perhitungan diatas akan menghasilkan diagram yang menunjukkan perpindahan translasi yang dihasilkan terhadap setiap perubahan sudut (radian) sebagai berikut.



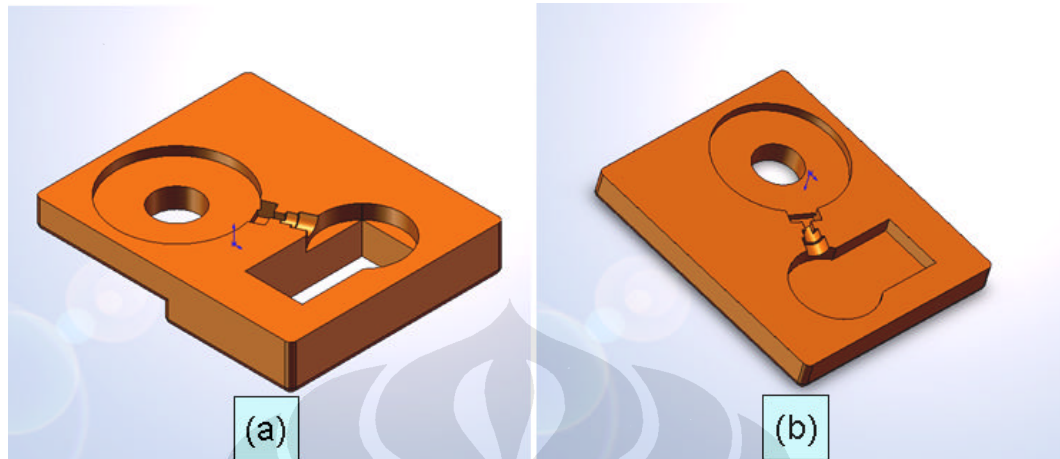
Gambar II.27 : Diagram Perpindahan Translasi Terhadap Perubahan Sudut Cam

Berdasarkan diagram tersebut maka dibuat desain *cam* dengan hasil desain sebagai berikut.



Gambar II.28 : Desain Piringan Cam

Chasing terdiri atas dua bagian yaitu *bottom side* dan *up side*. Perbedaan dari kedua chasing hanya terletak pada kedudukan servo yang hanya terdapat pada sisi *bottom side*.



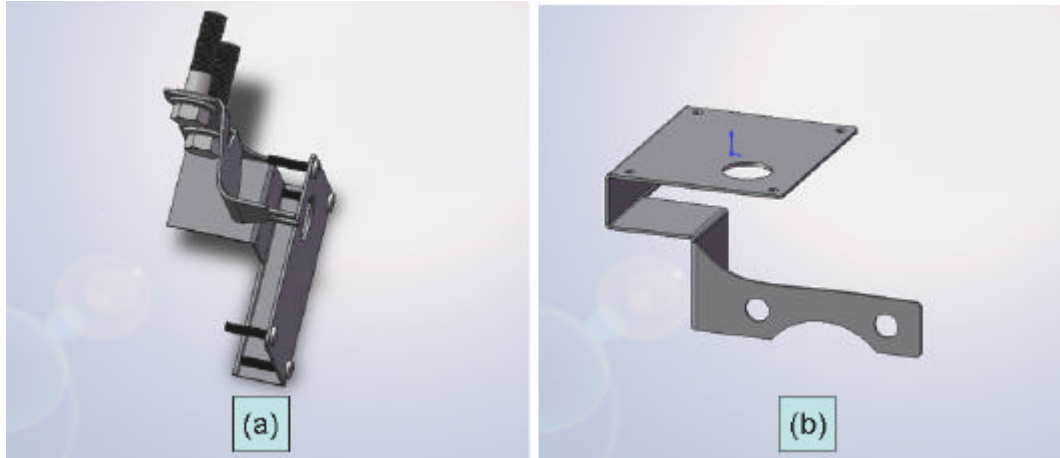
Gambar II.29 : (a) Desain Chasing Bottom Side (b) Desain Chasing Up Side

#### II.4.2.2 Modul Penghubung

Modul penghubung desain ini sama dengan modul penghubung desain sebelumnya karena akan diaplikasikan pada katup penutup jenis kendaraan yang sama.

#### II.4.2.3 Modul *Bracket*

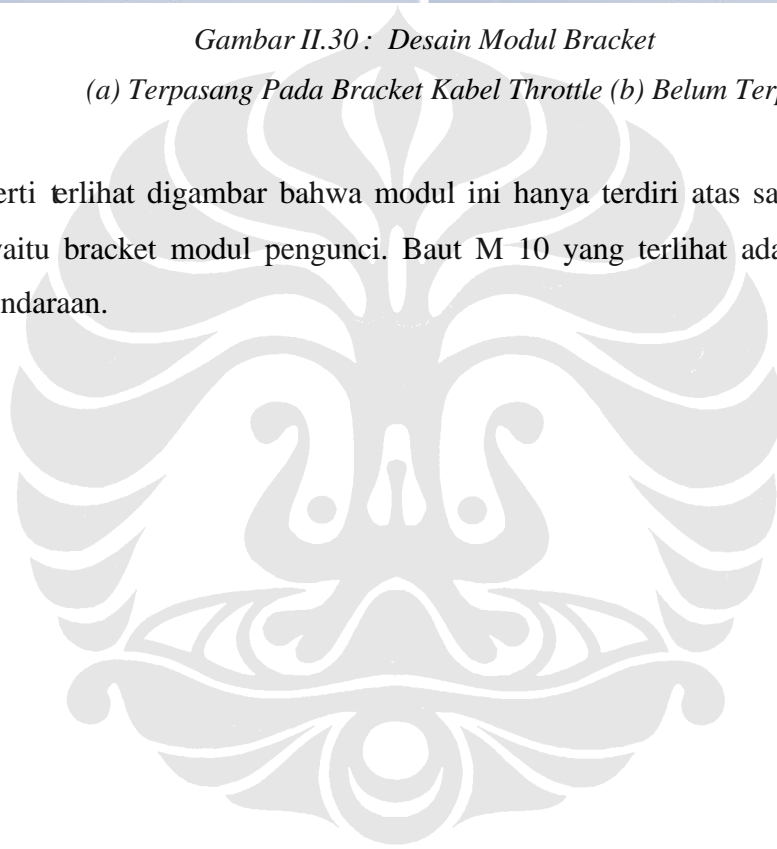
Desain *bracket* disesuaikan dengan bentuk dan posisi modul pengunci terhadap modul lainnya dan luas ruang yang ada. *Bracket* modul pengunci akan disatukan dengan *bracket* kabel *throttle* kendaraan yang akan dibaut pada *throttle body* kendaraan. Desain *bracket* dibuat sebisa mungkin pada pemasangannya tidak mengganggu kinerja komponen lain pada kendaraan.



*Gambar II.30 : Desain Modul Bracket*

*(a) Terpasang Pada Bracket Kabel Throttle (b) Belum Terpasang*

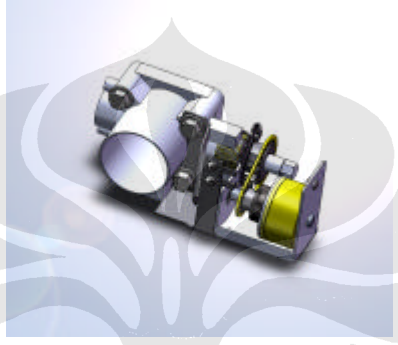
Seperti terlihat digambar bahwa modul ini hanya terdiri atas satu komponen utama yaitu bracket modul pengunci. Baut M-10 yang terlihat adalah baut asli milik kendaraan.



## II.5 Komparasi Desain

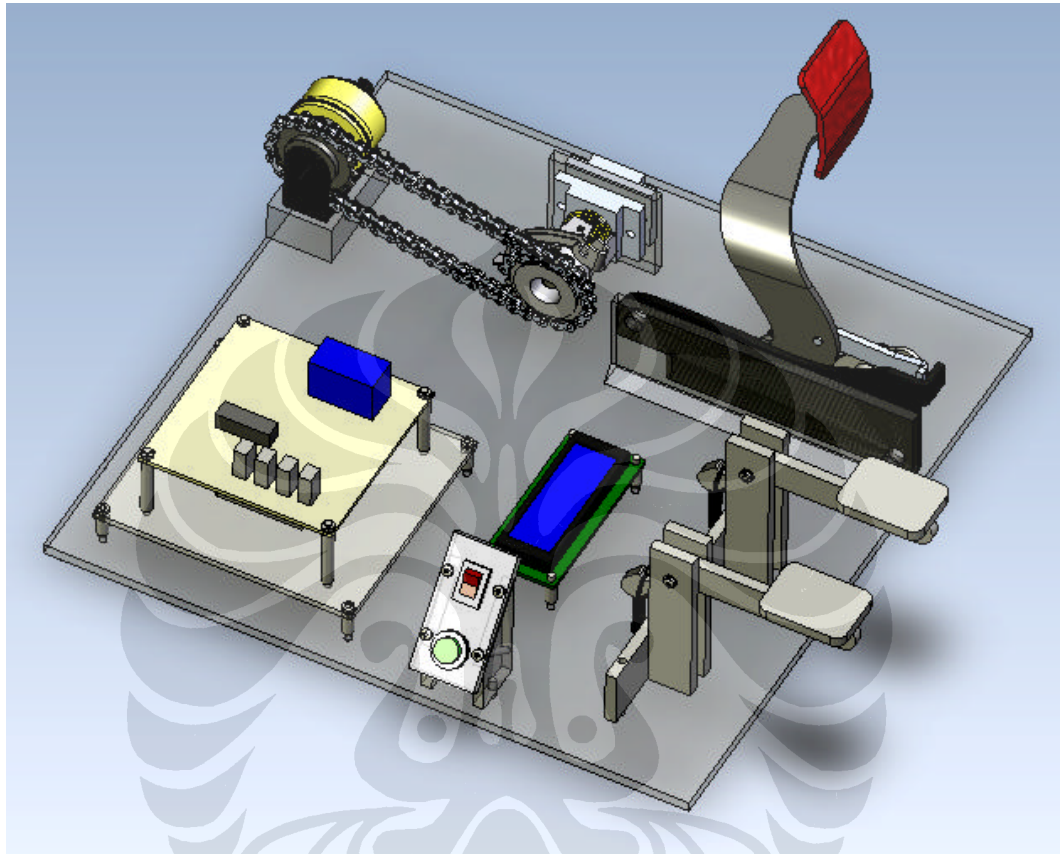
Berdasarkan seluruh detail desain mekanik kedua versi kemudian dapat dirangkum komparasi kedua versi. Komparasi dinilai pada 8 parameter pembeda. Hasil komparasi ini yang kemudian menjadi dasar versi mana yang akan dibuatkan *tes bed*

Tabel II.2 : Komparasi Desain Magnetic Clutch Vs Roda Gigi

No	Parameter	<i>Magnetic clutch</i>	Roda gigi
			
1	<b>Penampilan</b>	Kurang menarik	Menarik, kompak
2	<b>Antisipasi Kegagalan</b>	Baik, <i>magnetic clutch</i> akan secara otomatis kehilangan kemampuan menahan be-ban puntir ketika tidak mendapat arus	Belum teruji, mekanisme pelepasan pengunci menggunakan pegas. Sangat tergantung pada kemampuan dan ketahanan pegas
3	<b>Kemudahan Manufaktur</b>	Mudah, sebagian besar tersedia di pasaran.	Rumit karena ada beberapa komponen yang harus pesan
4	<b>Estimasi Biaya Manufaktur</b>	Rp 717.600,00	Rp 667.100,00
5	<b>Jumlah Komponen</b>	21	24
6	<b>Ketersediaan Komponen</b>	Ada komponen yang hanya dijual diluar negeri	Semua tersedia didalam negeri
7	<b>Kemungkinan produksi massal</b>	Ok	Ok
8	<b>Kebutuhan tegangan</b>	24 VDC	12 VDC

## II.6 Desain *Test Bed Automatic Cruise Control*

Berdasarkan pertimbangan hasil komparasi dan waktu pengerjaan penelitian maka kami memutuskan untuk memilih desain versi *magnetic clutch* yang akan dibuatkan *tes bed*.



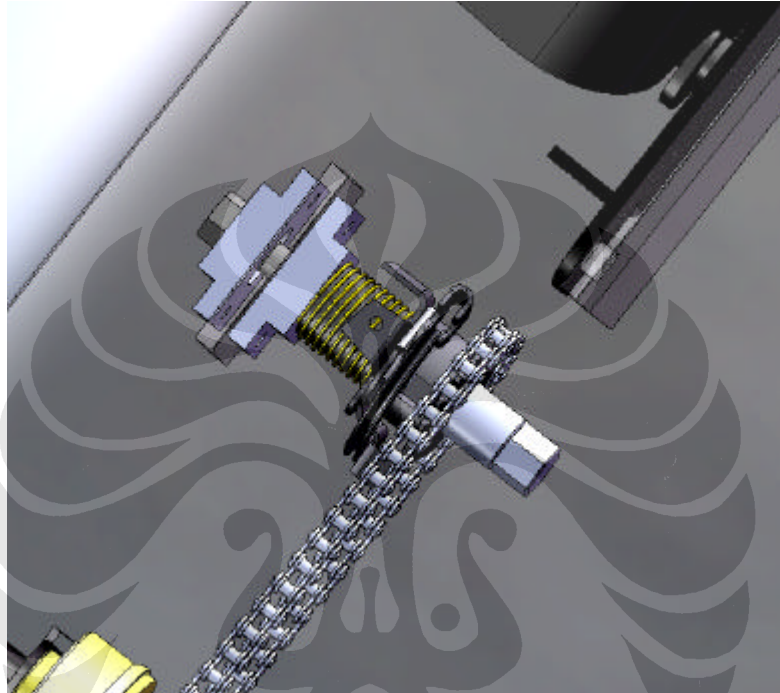
Gambar II.31 : Desain Test Bed

Bagian dasar *test bed* terbuat dari *acrylic* berukuran 30x30 cm. Sistem yang diuji pada *test bed* ini adalah desain *Automatic Cruise Control* versi *magnetic clutch*. Pada *test bed* ini terdapat pedal gas, tiruan pedal rem, dan tiruan pedal kopling. Tiruan pedal kopling dan rem dibuat dari bahan *acrylic*. Pada bagian batang tiruan pedal kopling dan rem dipasang limit switch dengan kondisi mekanisme terpasang sama seperti pada kendaraan sesungguhnya. Proses pembuatan tiruan pedal kopling dan rem yaitu dengan menggambar pada *acrylic* kemudian pola dipotong. Setiap patongan dirakit dengan lem dan baut. Untuk simulasi pedal gas kami menggunakan pedal gas mobil sungguhan yaitu milik *mitsubishi mini cap 550*. Modul-modul elektronik dipasang pada *acrylic* menggunakan spacer. Komponen elektronik yang terpasang adalah modul LCD,

modul controller, modul voltage regulator, dan panel tombol. Pada test bed juga tersedia sumber tegangan listrik 24 VDC dari dua buah baterai yang terletak di sebelah kanan modul controller.

### **Simulator *Throttle***

Simulator katup penutup (*throttle*) dibuat sesuai desain berikut.



*Gambar II.32 : Modul Simulator Throttle*

Modul penghubung pada Automatic Cruise Control dipasangkan pada *hub* yang terhubung baut M8x1.25 dan ditumpu dua buah bearing. Throttle terhubung dengan pegas yang memiliki gaya sama dengan pegas throttle pada kendaraan sebenarnya. Hal ini bertujuan agar magnetic clutch menerima beban yang sama dengan keadaan nyata.