

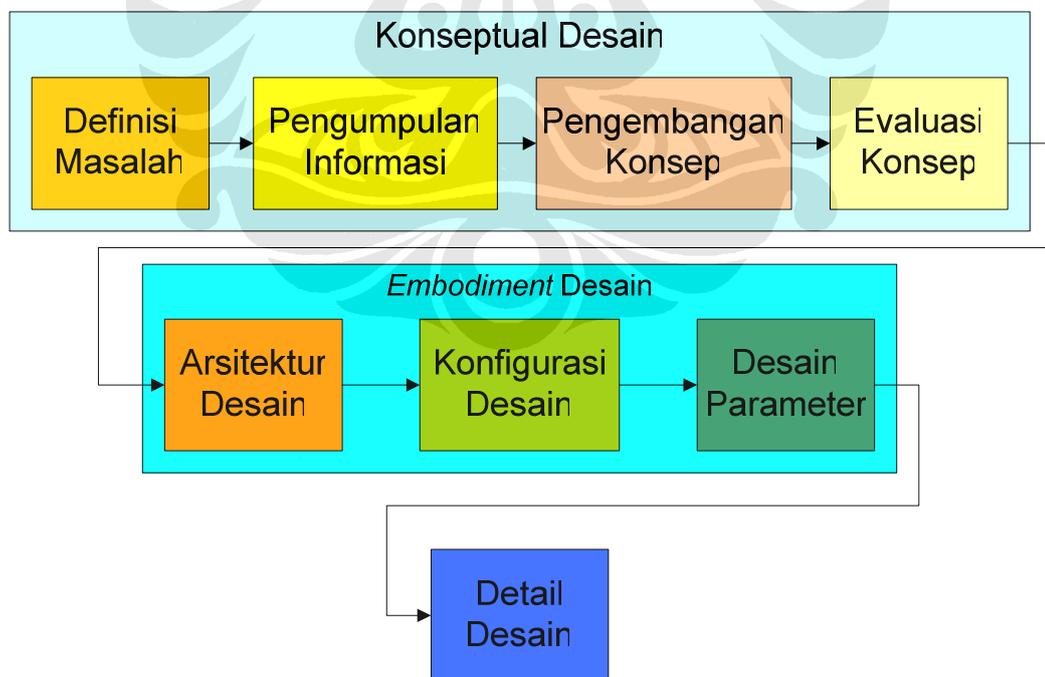
BAB II

PERANCANGAN *TEST BED*

SISTEM KONTROL KENDARAAN *HYBRID*

II.1 Alur Perancangan

Test bed sistem kontrol kendaraan *hybrid* dirancang melalui alur perancangan yang sistematis. Langkah-langkah perancangan mengikuti teknik-teknik tertentu sehingga desain yang dibuat dapat memenuhi semua kebutuhan yang diperlukan. Desain yang dibuat harus memiliki spesifikasi khusus dengan kemudahan dalam proses manufaktur dan memiliki performa yang baik. Secara umum alur langkah perancangan terbagi kedalam tiga fase utama, yaitu konseptual desain, pembentukan desain (*embodiment*), dan detail desain.



Gambar II. 1 : Alur Proses Perancangan Suatu Produk [6]

Konseptual desain adalah proses dimana desain dimulai dan dibawa ke titik penemuan solusi-solusi yang mungkin, hingga diperkecil ruang lingkungannya 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 [6]. 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 *test bed* yang akan digunakan dalam sebuah simulasi sistem kontrol. Sistem kontrol tersebut digunakan untuk mendeteksi input dan mengontrol output dari prototipe *test bed* yang didesain. *Test bed* yang dibuat harus dapat mensimulasikan bagaimana karakter kerja kendaraan *hybrid* secara visual. Termasuk menampilkan karakter-karakter tersebut dalam sebuah sistem yang memiliki parameter input, pengolahan input, dan parameter output. *Test bed* ini juga diharapkan dapat diimplementasikan pada penelitian kendaraan *hybrid* sebelumnya, dimana dari penelitian tersebut telah dihasilkan sebuah prototipe kendaraan *hybrid*.



Gambar II. 2 : Kendaraan Hybrid Hasil Riset DTM-FTUI

Penelitian sebelumnya menghasilkan prototipe kendaraan *hybrid* dengan spesifikasi sebagai berikut :

Kendaraan *Hybrid* Hasil Riset DTM FTUI :

- Spesifikasi Motor Bakar [3]



Gambar II. 3 : Motor Bakar

Manufacturer : Honda

Tipe mesin : 4 langkah, SOHC, berpendingin udara

Diameter x langkah : 50x 49,5 mm

Volume langkah : 97,1 cc

Kompresi : 9 : 1

Daya maksimum : 7,3 PS / 8000 rpm
Torsi Maksimum : 0,74 kgl.m/6000 rpm
Kopling : Ganda, otomatis, sentrifugal, tipe basah.
Transmisi : 4 kecepatan rotari
Starter : Elektrik dan pedal
Aki : 12V – 5Ah
Sistem Pengapian : AC - CDI

- Motor listrik [4]



Gambar II. 4 : Motor Listrik DC [4]

Manufacturer : Baldor
Voltage : 24V DC
RPM : 1800 rpm
Daya : 0.25 HP

- Komponen lainnya

Baterai : 4 buah accu 12V
Kontroler motor listrik : KBBC 44-M 24V *Motor driver*
Rem : Tromol

Dari spesifikasi tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa kendaraan *hybrid* yang digunakan memiliki batasan operasional. Sehingga karakter dan parameter input-output yang dapat dieksploitasi dan dianalisa juga terbatas. Parameter input yang bisa diakomodasi pada kendaraan *hybrid* tersebut adalah :

- Kecepatan kendaraan, yang akan dibaca oleh sensor kecepatan.
- RPM *engine*, yang akan dibaca oleh sensor RPM.
- Kemiringan kendaraan, yang dibaca oleh sensor kemiringan.

Parameter output yang akan diakomodasi pada kendaraan *hybrid* tersebut adalah :

- Motor listrik saja yang bekerja pada saat kendaraan baru mulai hidup.
- Kombinasi motor listrik dan motor bakar yang bekerja pada saat berkendara dengan normal.
- Kombinasi motor listrik dan motor bakar bekerja dengan tambahan tenaga dari baterai, pada saat kendaraan berakselerasi, beban bertambah, atau beban bertambah karena kemiringan.
- Pengisian baterai pada saat deselerasi, *regenerative breaking*, pengurangan beban karena kemiringan kendaraan, atau pengisian langsung dari baterai.
- Motor bakar otomatis mati saat kendaraan berhenti.

Desain *test bed* dibagi menjadi dua jenis, yaitu *small test bed* dan *large test bed*. Hal ini dimaksudkan untuk mempermudah dalam melakukan simulasi dan evaluasi dari sistem kontrol yang telah dibangun. *Small test bed* dibuat dengan tujuan untuk menganalisa, mencoba, dan memverifikasi bagaimana cara menginisialisasi parameter input, bagaimana cara mengolah parameter input tersebut, serta bagaimana cara mengeluarkan parameter output. *Large test bed* dibuat dengan tujuan untuk mengimplementasikan dan memodelkan sistem kontrol ini pada kondisi engine dan motor listrik yang sebenarnya, sebelum sistem kontrol ini diaplikasikan dan dirangkai secara utuh pada kendaraan *hybrid*.

II.2.2 Konsep Dan Spesifikasi Awal

II.2.2.1 *Small Test bed*

Tujuan dari dibuatnya *small test bed* adalah sebagai tahap awal dalam menganalisa, mencoba, dan memverifikasi bagaimana cara menginisialisasi parameter input, bagaimana cara mengolah parameter input tersebut, dan bagaimana cara mengeluarkan parameter output. *Test bed* ini harus dapat membaca parameter input yang dideteksi menggunakan sensor-sensor, yaitu sensor kecepatan dengan menggunakan piringan *encoder* dan rangkaian *optocoupler*, sensor RPM dengan menggunakan piringan *encoder* dan rangkaian *optocoupler*, sensor kemiringan dengan menggunakan *increment rotary encoder* untuk mengetahui sudut dan arah kemiringan, *proximity sensor* untuk mengetahui posisi awal kemiringan. Sedangkan simulasi RPM *engine* dan kecepatan kendaraan disimulasikan oleh motor listrik DC yang mampu diatur kecepatan putarannya. Sehingga dengan menggunakan *test bed* kecil ini, seluruh parameter input dan output dapat terakomodasi dengan baik untuk disimulasikan.

Test bed ini memiliki ukuran yang kecil dan kompak. Sehingga analisa, percobaan, verifikasi, dan modifikasi mudah untuk dilakukan. Sistem kontrol yang digunakan adalah sistem kontrol berbasis mikrokontroler ATMEGA 8535. Mikrokontroler jenis ini dipilih karena banyak terdapat di pasaran, harga yang murah, mudah dalam penggunaan, dan fitur yang dimiliki cukup banyak. *Board* sistem kontrol dibuat terpisah dengan *test bed* agar sistem kontrol yang sudah dibuat mudah diaplikasikan pada *large test bed* dengan sedikit adaptasi dan perubahan. Pada *board* dan *test bed* sistem kontrol terdapat mekanisme yang dapat menunjukkan secara visual parameter input dan output, yaitu berupa pancaran cahaya LED dan layar LCD untuk memudahkan dalam memonitor siklus kerja kontroler.

II.2.2.2 *Large test bed*

Tujuan dari dibuatnya *large test bed* adalah untuk mengimplementasikan, dan memodelkan sistem kontrol ini sebelum sistem kontrol ini diaplikasikan pada kendaraan *hybrid*. Sistem kontrol yang telah dibuat dan dikembangkan pada *small test bed* diimplementasikan pada *test bed* ini dengan adaptasi seminimal mungkin.

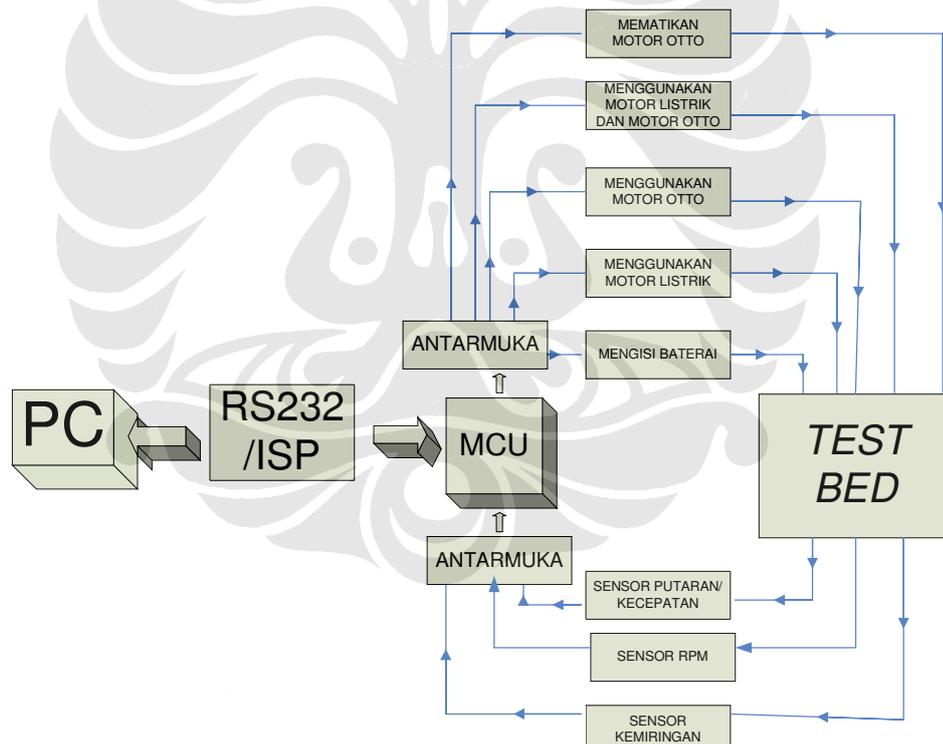
Secara umum sistem yang digunakan sama dengan *small test bed*, hanya ada penyesuaian pada pembacaan parameter input dan pengeluaran parameter output.

Pada *large test bed* ini, kondisi yang diberikan mendekati kondisi kendaraan *hybrid* yang sudah ada pada penelitian sebelumnya. Oleh karena itu pada *test bed* ini dipasang motor bakar dan motor listrik serta mekanisme transmisi yang digunakan pada penelitian sebelumnya. *Test bed* ini harus cukup kuat dan besar untuk mengakomodasi beberapa kondisi tersebut.

II.3 Pembentukan Desain (*Design Embodiment*)

II.3.1 *Small Test bed*

Keseluruhan fungsi dan alur kerja dari sistem kontrol pada *test bed* tersebut dapat dilihat pada skematik berikut.

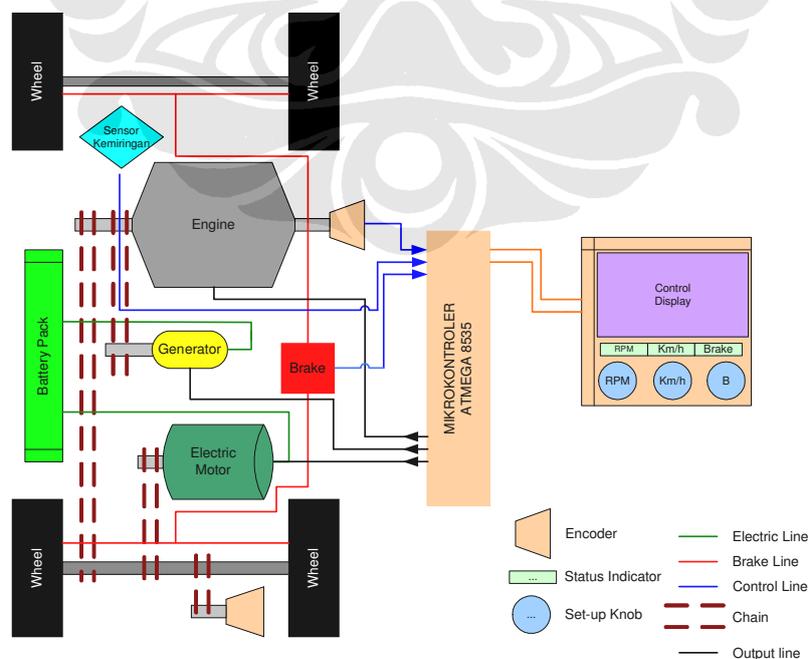


Gambar II. 5 : Skematik Sistem Kontrol

Sistem Kontrol tersebut memiliki mekanisme pembacaan parameter input dan pengeluaran parameter output yang keduanya akan digunakan pada *test bed*. Otak yang mengatur sistem kontrol ini adalah *microcontroller unit* (MCU) yang memiliki fungsi antarmuka untuk menerima dan meneruskan sinyal dari sensor

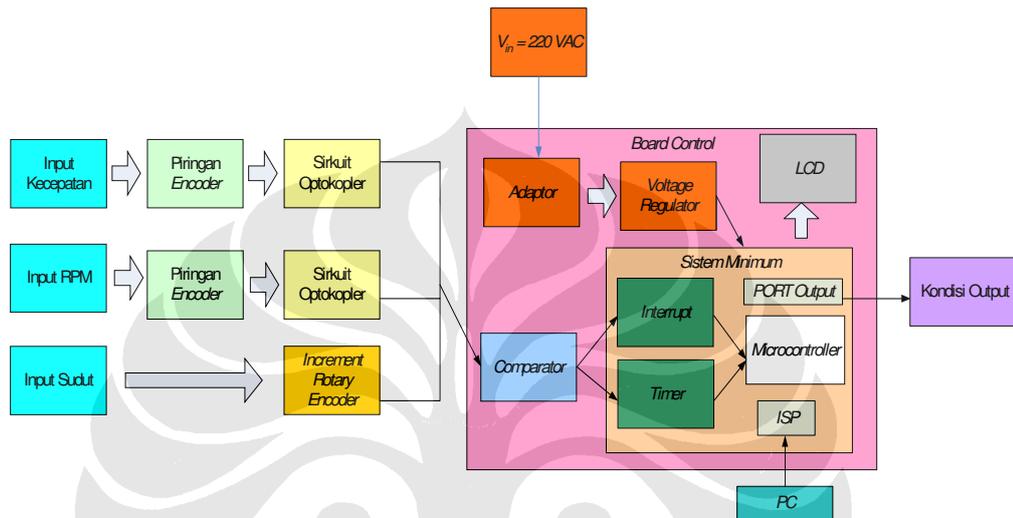
dan parameter output. MCU ini bisa dihubungkan ke *personal computer* (PC) untuk komunikasi dua arah. PC digunakan untuk memasukkan program ke MCU, dan bisa juga digunakan untuk memonitor program tersebut berdasarkan parameter input dan output. Antarmuka yang digunakan antara PC dan MCU bisa menggunakan RS232 atau ISP.

Pada modul *test bed* dapat dimasukkan mekanisme tampilan parameter input output tersebut. Mekanisme tersebut menggunakan *liquid crystal display* (LCD) dan *light emitting diode* (LED). LCD digunakan untuk menampilkan *mode* output apa yang sedang terjadi dan parameter input apa yang sedang berlaku. Misalnya parameter input kecepatan, RPM, dan kemiringan ditunjukkan dalam LCD. LED digunakan untuk tampilan parameter output. Misalnya, LED warna biru untuk menunjukkan motor DC yang sedang aktif, dan LED warna merah untuk menunjukkan motor bakar yang sedang aktif. Output yang direpresentasikan oleh LED ini nantinya akan dihubungkan ke mekanisme *switching* (*relay* atau *motor starter*) yang digunakan untuk menghidupkan atau mematikan motor bakar dan motor DC tersebut.



Gambar II. 6 : Modul Kontroler Test bed

Input akan diberikan melalui motor DC dengan variabel parameter kecepatan dan RPM yang dapat diubah-ubah sesuai dengan kondisi kendaraan *hybrid*. Input tersebut dibaca oleh piringan *encoder* dan mekanisme optocoupler. Input kemiringan akan diberikan melalui mekanisme sensor kemiringan yang menggunakan *increment rotary encoder* dipadukan dengan *proximity sensor*.

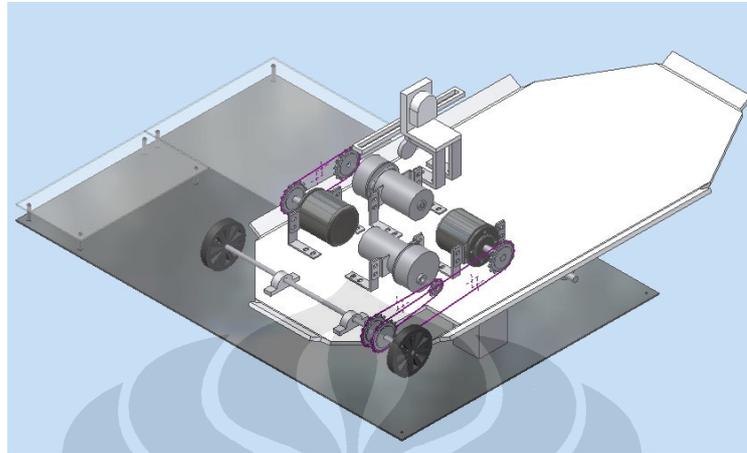


Gambar II. 7 : Modul Sistem Kontrol

Keseluruhan sistem tersebut dirangkai dalam suatu sistem kontrol dimana sensor-sensor, MCU, parameter input, dan parameter output merupakan bagian dari sistem tersebut. Mekanisme sensor tersebut membutuhkan pengkondisian sinyal, agar sinyal yang dikirimkan bisa dibaca oleh MCU. MCU membutuhkan suplai energi yang didapat dari tegangan input 220 VAC, yang dikondisikan oleh adaptor dan *voltage regulator*. Pemrograman MCU melalui PC dilakukan melalui ISP. Output dikeluarkan melalui LCD dan *port output*.

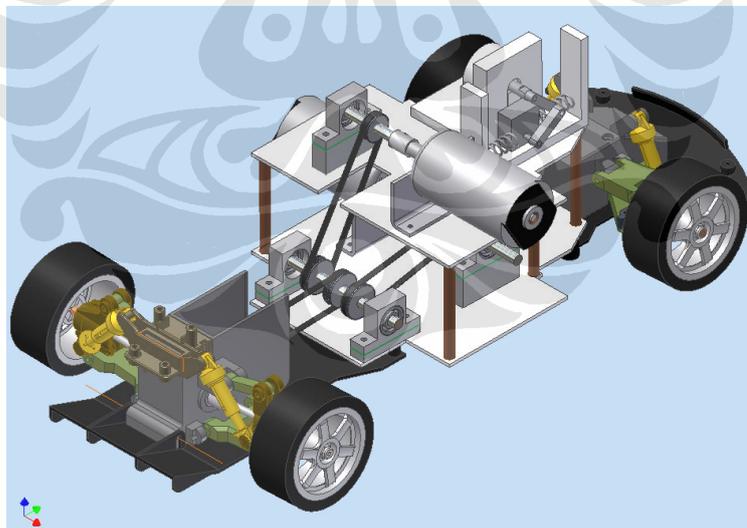
Berdasarkan skema modul yang telah dijelaskan diatas maka dibuatlah suatu *test bed* dengan menggunakan konfigurasi motor listrik dan sistem transmisi *belt* dan *pulley* secara sederhana. Proses desain *small test bed* ini dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama adalah desain *test bed* yang secara sederhana menggabungkan dua buah motor listrik sebagai tenaga penggerak, yang dilengkapi dengan sensor *encoder* putaran. Komponen motor listrik ini

digabungkan dengan encoder dengan menggunakan sistem transmisi *sprocket* dan rantai dan dipasang pada dasar (*base*) plat *acrylic*. Secara sederhana posisi *test bed* dan sistem kontrol dapat digambarkan seperti gambar berikut :



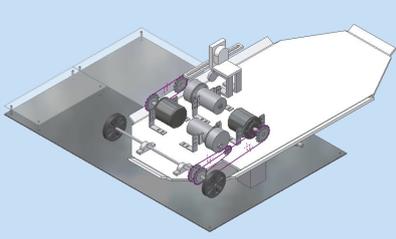
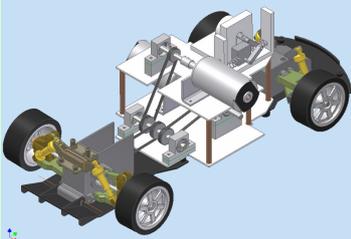
Gambar II. 8 : Modul Sistem Kontrol dan Test Bed Sederhana

Pada proses desain tahap kedua, modul small test bed ini dibuat dengan memodifikasi rangka kendaraan *radio control*. Seperti ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar II. 9: Modul Test Bed Dengan Menggunakan Rangka R/C

Tabel II. 1 : Tabel Perbandingan Desain Small Test Bed

<p>Spesifikasi</p>	 <p>Desain 1</p>	 <p>Desain 2</p>
<p>Konsep desain</p>	<p>Desain dibangun dari awal, sehingga memiliki dimensi awal yang lebih besar.</p>	<p>Desain yang lebih kompak, dimodifikasi dari chassis kendaraan model R/C.</p>
<p>Material</p>	<p>Dibuat dengan menggunakan lembaran acrylic dan aluminium yang dibentuk secara khusus.</p>	<p>Menggunakan material acrylic sebagai lembaran (<i>base</i>) peletakkan komponen. Tidak diperlukan proses pembentukan secara khusus karena sudah memodifikasi dari chassis kendaraan yang telah ada.</p>
<p>Kemudahan dalam pembuatan (<i>manufacturing</i>)</p>	<p>Pembuatan roda yang menggunakan aluminium memerlukan proses pemesinan <i>milling</i> yang cukup sulit, sehingga dirasa menyulitkan dalam proses pembuatan.</p>	<p>Karena sudah menggunakan komponen kendaraan model R/C, maka tidak diperlukan proses pembuatan komponen secara khusus. Cukup hanya dengan membuat dasar (<i>base</i>) yang terbuat dari lembaran acrylic, yang berfungsi untuk meletakkan komponen.</p>
<p>Susunan konfigurasi komponen</p>	<p>Susunan konfigurasi motor penggerak dengan roda dihubungkan dengan menggunakan mekanisme <i>sprocket</i> dan rantai. Hal ini berakibat pada penambahan bobot <i>test bed</i>.</p>	<p>Konfigurasi motor penggerak dengan roda dihubungkan dengan menggunakan mekanisme <i>pulley</i> dan <i>belt</i> sehingga bobot <i>test bed</i> dapat dikurangi.</p>
<p>Kehandalan</p>	<p>Belum teruji karena proses pembuatan yang memakan waktu lama.</p>	<p>Teruji cukup baik karena sistem <i>test bed</i> yang dibangun secara kompak, mampu mengakomodir</p>

		seluruh parameter input yang akan diolah oleh kontroler. Sehingga mampu mensimulasikan hasil kinerja kontroler dengan baik.
Biaya (<i>cost</i>)	Proses pemesanan komponen secara khusus memakan biaya yang cukup besar.	Karena memanfaatkan komponen yang sudah ada maka dapat menghemat pengeluaran biaya pembuatan.

Berdasarkan tabel perbandingan desain diatas, disimpulkan bahwa desain yang paling tepat digunakan adalah desain kedua. Hal ini disebabkan oleh performa yang lebih unggul dilihat secara kesatuan teknis, biaya pembuatan serta kemudahan dalam proses manufaktur.

II.3.2 *Large test bed*

Hasil inisialisasi dan simulasi yang telah dilakukan dengan baik pada *small test bed* akan diuji cobakan dengan keadaan dan kondisi yang sebenarnya. Untuk mengakomodasi kebutuhan tersebut maka perlu dibuat suatu *test bed* yang mendekati kondisi aslinya. Desain rangka *large test bed* diadaptasi mengikuti desain rangka kendaraan *hybrid* riset DTM-FTUI yang sebenarnya.

Simulasi yang akan diuji cobakan dalam *test bed* ini merupakan simulasi yang dengan menggunakan *engine* dan motor DC 24V yang digunakan pada kendaraan *hybrid* hasil riset DTM-FTUI. Sehingga desain dari *large test bed* ini tidak jauh berbeda dengan desain kendaraan *hybrid* yang ada, hanya saja dilakukan simplifikasi terhadap keseluruhan desain kendaraan *hybrid* riset DTM-FTUI. Bagian yang terpenting adalah konfigurasi *engine* dan motor DC 24V sebagai tenaga penggerak, juga susunan dan konfigurasi dari sistem transmisi yang digunakan. Berikut ini adalah beberapa bagian dari kendaraan *hybrid* hasil riset DTM-FTUI yang akan diadaptasi kedalam desain *large test bed*.

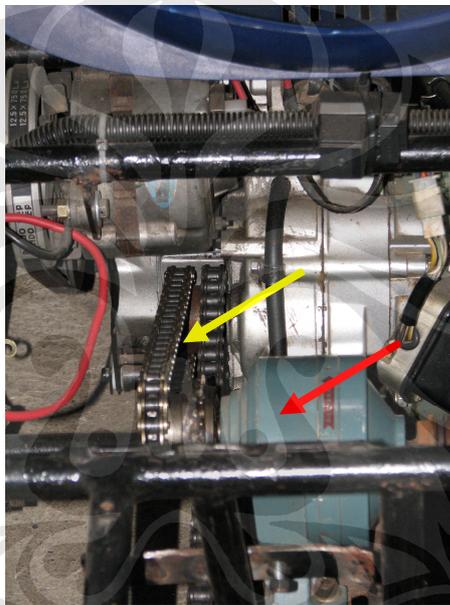


(a)



(b)

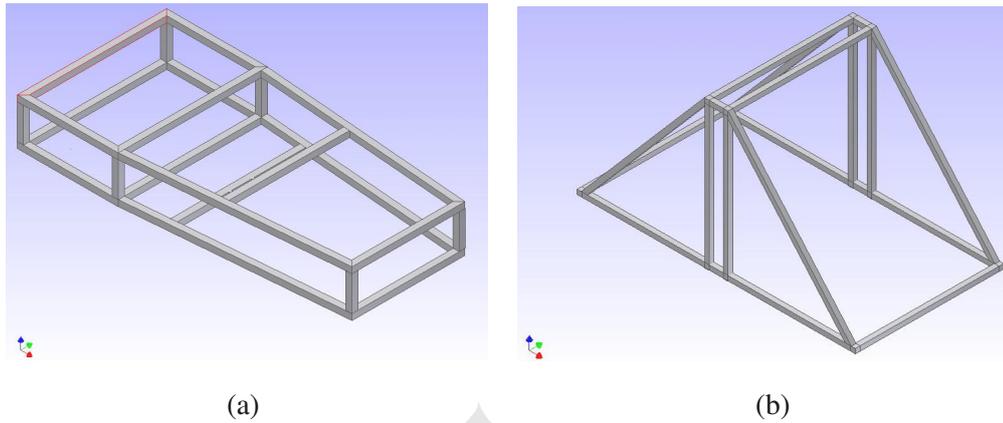
Gambar II. 10 : (a) Kendaraan Hybrid Tampak Depan ; (b) Tampak Belakang



Gambar II. 11 : (Panah kuning) Sistem Transmisi ; (Panah merah) Reduction gear

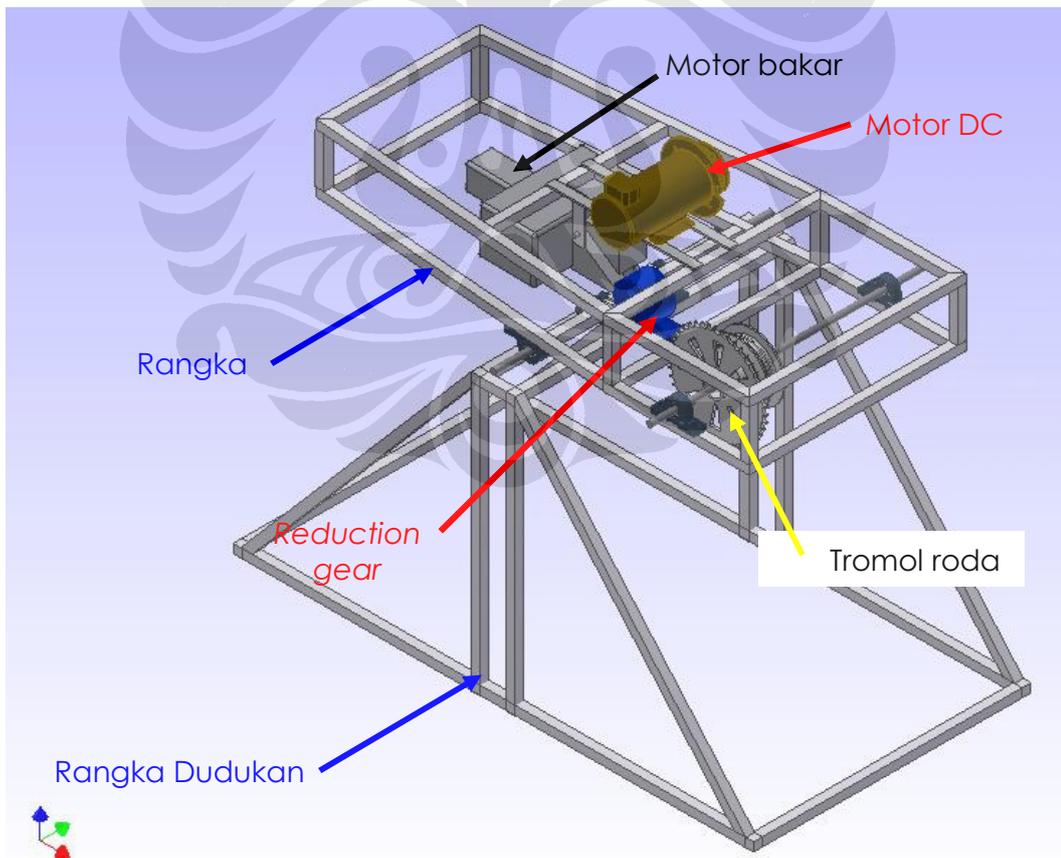
Berbagai komponen yang diadaptasi tersebut akan dirangkai kedalam sebuah rangka *test bed* dengan bentuk dan konfigurasi yang lebih sederhana. Desain disesuaikan dengan konfigurasi pemasangan motor bakar dan motor listrik, termasuk didalamnya pemasangan sistem transmisi secara paralel yang akan menggerakkan tromol roda. Tromol roda tersebut dilengkapi pula dengan mekanisme rem yang akan digunakan dalam mensimulasikan beban atau torsi yang dialami oleh kendaraan.

Berikut ini adalah desain dari rangka *frame large test bed* beserta dengan rangka dudukannya.



Gambar II. 12 : (a) Rangka atas ; (b) Rangka dudukan

Kedua komponen tersebut akan digunakan sebagai rangka dasar *large test bed*. Sehingga apabila disatukan kedalam suatu rangkaian penuh akan tampak seperti dalam desain berikut.



Gambar II. 23 : Konfigurasi Large test bed

Keseluruhan tes inilah yang kemudian akan digunakan untuk menganalisa dan memverifikasi kontroler *hybrid* yang sudah berhasil dibuat sebelumnya di *small test bed*.

