

PENGAKUAN PENYELIA

“ Saya akui bahawa telah membaca laporan ini dan pada pandangan saya laporan ini adalah memadai dari segi skop dan kualiti untuk tujuan penganugerahan ijazah Sajana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Rekabentuk & Inovasi)

Tandatangan: .....

Penyelia: .....

Tarikh: .....

ANALISIS DINAMIK KERETA LUMBA “FORMULA VARSITY 2012”

NURHAFIZAH BINTI ISMAIL

Laporan ini dikemukakan sebagai

memenuhi sebahagian daripada syarat penganugerahan

Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Rekabentuk & Inovasi)

Fakulti Kejuruteraan Mekanikal

Universiti Teknikal Malaysia Melaka

JULAI 2013

## PENGAKUAN

“ Saya akui laporan ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali ringkasan dan petikan yang tiap-tiap satunya telah saya jelaskan sumbernya.”

Tandatangan: .....

Nama penulis: .....

Tarikh: .....

## **DEDIKASI**

Khas buat

Ayahnda dan Bonda tercinta

terima kasih yang tidak terhingga

diatas segala pengorbanan yang telah dilakukan.

Ismail bin Haji Abu Bakar & Hjh Zabidah binti Haji Mohd. Yusuf

## PENGHARGAAN

Dengan lafaz Bismillahirrahmanirahim, saya ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada penyelia saya, Dr. Mohd Azman bin Abdullah diatas tunjuk ajar dan bantuan yang diberikan dari beliau untuk menyiapkan Projek Tahun Akhir saya dengan berjaya.

Tidak lupa juga pihak pengurusan makmal, yang banyak membantu didalam proses menjalankan eksperimen dan tunjuk ajar sedikit sebanyak membantu saya untuk menyiapkan Projek Tahun Akhir saya dan saya amat menghargai pertolongan ini.

Ribuan terima kasih juga buat teman-teman yang membantu dalam melakukan ujikaji terhadap kereta FV 2012, pengalaman dalam menyiapkan Projek Sarjana Muda tidak akan dilupakan. Terima kasih buat teman sekelas 4BMCD 2009/2013 dan juga teman-teman Futsal UTeM.

## ABSTRAK

Analisis dinamik bagi kereta lumba “Formula Varsity 2012” akan ditentukan. Analisis ini adalah kunci utama untuk kestabilan kereta lumba. Analisis berdasarkan data dapatan dari *yaw*, *pitch*, dan *roll*. Data untuk analisis dinamik kenderaan menggunakan simulasi Matlab. Analisis data didapati apabila kereta bergerak di jalan raya. Untuk analisis dinamik ini, ia menggunakan dua jenis sensor untuk menentukan *pitch* dan *roll*. Kedua-dua sensor terdiri daripada *gyro sensor* dan *accelerometer sensor*. Ini adalah sensor mudah alih untuk komputer riba. Sensor ini juga boleh mendapatkan data dan memindahkan data kepada Matlab Simulink. Hasil yang terbaik adalah meletakkan sensor pada pusat graviti (COG) kereta lumba ini. Jika kereta lumba “Formula Varsity 2012” mempunyai masalah, perbandingan data yang diperolehi dengan analisis statik menggunakan perisian CATIA.

## **ABSTRACT**

*Dynamic analysis for the formula racecar required to be determined. This analysis is the key for the car stability. The analysis based on data finding from yaw, pitch, and roll. Data for the vehicle's dynamic analysis use Matlab simulation. The analysis data obtain when the car moving on the road. For this dynamic analysis, it use two type of sensors to define the pitch and roll. These two sensors consist of gyro meter and accelerometer sensor. This is the directly sensor that portable for a laptop. These sensors will directly get the data and transfer it to the Matlab Simulink. The best result for the center of gravity (C.O.G) of this vehicle achieve, by adding the sensors to the C.O.G of this formulae car. Otherwise, compared the data acquire with the static analysis using the CATIA software.*

## ISI KANDUNGAN

<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>M/S</b>
	<b>PENGAKUAN</b>	<b>i</b>
	<b>DEDIKASI</b>	<b>ii</b>
	<b>PENGHARGAAN</b>	<b>iii</b>
	<b>ABSTRAK</b>	<b>iv</b>
	<i>ABSTRACT</i>	<b>v</b>
	<b>ISI KANDUNGAN</b>	<b>viii</b>
	<b>SENARAI JADUAL</b>	<b>xi</b>
	<b>SENARAI RAJAH</b>	<b>xii</b>
	<b>SENARAI SIMBOL</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB 1</b>	<b>Pengenalan</b>	<b>1</b>
	<b>1.1 OBJEKTIF</b>	<b>3</b>
	<b>1.2 PENYATAAN MASALAH</b>	<b>3</b>
	<b>1.3 SKOP KERJA</b>	<b>3</b>
	<b>1.4 PERANCANGAN PENYELIDIKAN</b>	<b>4</b>



<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>M/S</b>
<b>BAB 2</b>	<b>KAJIAN ILMIAH</b>	<b>5</b>
	<b>2.0 REKABENTUK KENDERAAN</b>	<b>6</b>
	<b>2.1 DINAMIK KENDERAAN</b>	<b>7</b>
	<b>2.2 DEFINASI YAW, PITCH DAN ROLL KENDERAAN</b>	<b>9</b>
	<b>2.3 PUSAT GRAVITI KENDERAAN</b>	<b>12</b>
	<b>2.4 LEGO NXT MINDSTORM SENSOR</b>	<b>16</b>
	2.4.1 Muat turun program	17
	2.4.2 Gyro Sensor untuk LEGO NXT Mindstorms	18
	2.4.3 Acceleration Sensor untuk LEGO NXT Mindstrom	19
	<b>2.5 PERISIAN MATLAB</b>	<b>20</b>
<b>BAB 3</b>	<b>KAEDAH KAJIAN</b>	<b>22</b>
	<b>3.0 KAJIAN PADA URT</b>	<b>25</b>
	<b>3.1 PENGGUNAAN SENSOR</b>	<b>26</b>
	3.1.1 Gyro Sensor	26
	3.1.2 Acceleration Sensor	28
	<b>3.2 ANALISIS MATLAB</b>	<b>30</b>
	<b>3.3 PERALATAN UJIKAJI DAN PERSEDIAAN</b>	
	<b>UJIKAJI</b>	<b>33</b>
	<b>3.4 LANGKAH UJIKAJI</b>	<b>34</b>
	3.4.1 Kaedah mendapatkan <i>pitch</i> pada kereta FV 2012	34

<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>M/S</b>
	3.4.2 Kaedah mendapatkan <i>roll</i> pada kereta FV 2012	36
	3.4.3 Kaedah menggerakkan kereta FV 2012 pada kelajuan 20 km/h	38
<b>3.5</b>	<b>PENGEKODAN <i>MATLAB SIMULINK</i></b>	<b>40</b>
	3.5.1 Pengekoden bagi data pitch kereta URT FV2012	40
	3.5.2 Pengekoden bagi data roll kereta URT FV2012	44
	3.5.3 Pengekoden bagi kereta URT FV2012 dengan kelajuan 20 km/h	46
<b>BAB 4</b>	<b>HASIL KAJIAN</b>	<b>48</b>
<b>BAB 5</b>	<b>PERBINCANGAN</b>	<b>59</b>
<b>BAB 6</b>	<b>KESIMPULAN</b>	<b>61</b>
	<b>RUJUKAN</b>	

**SENARAI JADUAL**

<b>BIL</b>	<b>TAJUK</b>	<b>M/S</b>
1.0	Perancangan Penyelidikan	4
3.1	Gannt Chart bagi PSM 1 dan 2	23
3.2	Senarai susun atur sensor	29
3.3	Senarai peralatan yang digunakan	31

## SENARAI RAJAH

BIL	TAJUK	M/S
2.1	Keadaan bagi <i>yaw</i> , <i>pitch</i> dan <i>roll</i>	7
2.2	Kuasa-kuasa yang mempengaruhi sebuah kenderaan	8
2.3	Keadaan kereta yang meluncur atau terbabas	9
2.4	Pergerakan paksi yang mewakili <i>yaw</i> , <i>roll</i> dan <i>pitch</i>	10
2.5	Reaksi Modified Kaedah untuk Mencari Ketinggian Kenderaan Pusat Graviti	12
2.6	Kedudukan Pusat Graviti Menggunakan Bantuan CAD	13
2.7	Dimensi Pengukuran Pusat Graviti	13
2.8	Simbol muat turun	15
2.9	Penyambungan pada USB	15
2.10	<i>Gyro Sensor</i> penutup hitam menghala ke atas	16
2.11	Keadaan ujian putaran terhadap <i>Gyro Sensor</i>	17
2.12	Kedudukan paksi pada <i>Acceleration Sensor</i>	17
3.1	Aturan perjalanan PSM 1	24
3.2	Kereta lumba URT yang digunakan dalam analisis dinamik	25
3.3	Blok <i>Gyro Sensor</i>	26
3.4	Panel Blok <i>Gyro Sensor</i>	27
3.5	Blok untuk ultrasonik	28
3.6	Menunjukkan konfigurasi bagi <i>Acceleration Sensor</i>	28

3.7	Paparan layar MATLAB	30
3.8	Keadaan sensor pada kenderaan FV 2012	31
3.9	Keadaan kereta FV 2012 ketika menjalani ujikaji menuruni bonggol	33
3.10	Keadaan kereta FV 2012 ketika menjalani ujikaji menaiki bonggol	33
3.11	Cara kereta FV 2012 dinaikkan pada sisi bahu jalan	35
3.12	Keadaan kereta FV 2012 bagi menjalankan ujikaji <i>roll</i>	35
3.13	Kereta FV 2012 melalui bonggol dengan kelajuan 20 km/h	37
3.14	Kereta FV 2012 melalui keadaan pada jalan rata	37
3.15	Kereta FV 2012 ketika mengambil selekoh	38
4.1	Data pertama bagi kaedah ujikaji menuruni bonggol	48
4.2	Data kedua yang diperolehi dari ujikaji menuruni bonggol	48
4.3	Data ketiga bagi ujikaji menuruni bonggol	49
4.4	Data pertama bagi kaedah ujikaji menaiki bonggol	50
4.5	Data kedua yang diperolehi dari ujikaji menaiki bonggol	50
4.6	Data ketiga bagi ujikaji menuruni bonggol	51
4.7	Data pertama bagi kaedah ujikaji roll pada sisi bahu jalan	52
4.8	Data kedua bagi kaedah ujikaji roll pada sisi bahu jalan	52
4.9	Data ketiga bagi kaedah ujikaji roll pada sisi bahu jalan	53
4.10	Data keseluruhan bagi kereta FV 2012 yang digerakkan 20 km/h	54
4.11	Data ketika melalui bonggol	54
4.12	Data ketika mengambil selekoh	55
4.13	Graf bacaan bagi roll dimana ia tidak mempengaruhi kereta FV 2012 ketika melalui bonggol	55
4.14	Graf bacaan menunjukkan terdapat bacaan bagi roll ketika kereta FV 2012 mengambil selekoh	56

## SENARAI SIMBOL

F1	=	Formula 1
UTeM	=	Universiti Teknikal Malaysia Melaka
URT	=	UTeM Racing Team
FV 2012	=	Formula Varsity 2012
PSM 1	=	Projek Sarjana Muda 1
DOF	=	Darjah Kebebasan
C.O.G	=	Pusat Graviti
$l$	=	Jarak roda
$RLF$	=	Jarak roda hadapan
$RLR$	=	Jarak roda belakang
$W$	=	Jumlah berat kenderaan
$a$	=	Jarak membujur pusat graviti
$R_L$	=	Jejari tayar hadapan
$W_F$	=	Jumlah berat hadapan
$df$	=	Dimensi bahagian tepi roda hadapan
$dr$	=	Dimensi bahagian tepi roda belakang
$W_r$	=	Berat pada roda belakang

$L$	=	Jarak roda
$a$	=	Jarak pusat gravity daripada hadapan tayar
$A$	=	Sudut dimana keseimbangan kereta
RMS	=	Root Mean Square
FFT	=	Fast Fourier Transform

## BAB 1

### PENGENALAN

#### 1.0 PENGENALAN

Formula 1 (F1) atau perlumbaan *Grand Prix* dikenali sebagai teknologi yang maju dan meluas, mempunyai pelaburan kewangan yang besar dan keadaan aerodinamik yang sangat menarik perhatian. Setiap kereta lumba F1 dikehendaki membina kereta sendiri berdasarkan bajet yang ditetapkan. Kebiasaannya pelaburan keatas setiap kereta lumba bernilai USD 1 juta bagi setiap kereta dan perlumbaan tahunan boleh mencecah sehingga USD 100 juta [1].

Pada mulanya F1 dikenali sebagai perlumbaan motor *Grand Prix* dan mempunyai perancangan yang tersusun dan dirancang yang bermula di Perancis pada 22 Julai 1894. Pada mulanya perlumbaan F1 hanya melebihi 100 batu sejam sejauh 128 km diantera Paris dan Rouen [2][3]. Acara pertama *Grand Prix* dalam namanya ialah *Grand Prix de Pau* pada tahun 1901. Perlumbaan ini dikelola oleh *Automotive Club de Perancis* pada tahun 1906 [4][5].

Perlumbaan *Grand Prix* semakin konsisten. Dari tahun 1927 hingga tahun 1934, perlumbaan bermula dari 9 hingga 34 pasukan. Pada tahun 1933 pada *Monaco*



*Grand Prix* menjadi acara pertama apabila semua acara yang dipertandingkan bertambah menarik dengan rekabentuk kereta yang pelbagai [6].

F1 ialah satu acara besar yang dipengaruhi oleh beberapa faktor. Dan setiap faktor mempunyai dimensi terperinci. Setiap litar, aerodinamik, rekebentuk, tayar dan lain-lain. Kebanyakan perlumbaan menggunakan litar-litar yang dibina khas. Bagaimanapun, beberapa litar seperti litar Marina Bay, Singapura dan Monza, Itali memerlukan kecekapan aerodinamik bagi mendapatkan kereta yang lebih cekap dan pantas.

F1 adalah kelajuan hampir mengikut jet pejuang, semua ini gabungan daripada aerodinamik. Dimana aerodinamik adalah kunci untuk kelajuan bagi F1 bagi membantu untuk menolak tayar kenderaan keatas trek dengan membuat tekanan kebawah dan meminimumkan seretan apabila memperlancarkan kereta ketika membelok kenderaan. Setiap kereta lumba memerlukan tekanan kebawah bagi mengimbangi kereta tersebut. Kereta F1 moden boleh mewujudkan 3.5 g daya membelok sisi yang merupakan tiga kali ganda beratnya sendiri.

Pemandu-pemandu F1 perlu menyiapkan diri mereka. Latihan vaskular kardio juga perlu diberikan kepada pemandu untuk mendapatkan ketahanan fizikal. Ini kerana mereka memerlukan otot leher dan dada untuk menahan tekanan yang kuat. Ini sedikit sebanyak akan membantu pemandu untuk menyiapkan diri semasa perlumbaan kerana kelajuan kereta mereka yang terlalu laju [7]. Kereta URT FV2012 sudah siap sepenuhnya dengan analisa element tidak terhingga dan memerlukan analisis dinamik [8].

Tidak ketinggalan untuk universiti tempatan juga mengadakan perlumbaan kereta secara dwi tahunan yang di anjurkan oleh Universiti Teknikal Malaysia Melaka (UTeM) yang dikenali sebagai "*Formula Varsity*" (FV). Perlumbaan dwi tahunan ini disertai oleh IPTA dan IPTS seluruh Malaysia. UTeM juga mempunyai kereta lumba hasil rekaan sepenuhnya daripada kerjasama pelajar dan juga tunjuk ajar pensyarah-pensyarah Fakulti Kejuruteraan Mekanikal. Kereta Lumba ini dihasilkan untuk dipertandingkan pada kejohanan kereta lumba peringkat IPT dan IPTA Malaysia. Kereta lumba ini dinamakan "*UTeM Racing Team*" URT. Analisis

dinamik dilakukan bagi mendapat data bagi *pitch* dan *roll* pada kereta lumba *Formula Varsity* 2012 (FV2012).

Pengendalian kenderaan berkaitan dengan dua isu asas iaitu, mengawal arah gerakan kenderaan dan untuk menstabilkan arah kenderaan apabila berlaku gangguan luar seperti lopak, selekoh dan sudut darjah pada jalan raya. Ini adalah untuk memahami dinamik pada sesebuah kenderaan dan ia adalah penting untuk mengetahui kesan-kesan yang berlaku pada kenderaan. Apabila kenderaan dipandu dengan laju dan dibrek, kenderaan akan berada di bawah pengaruh daya dalam paksi membujur, melintang dan menegak iaitu dalam keadaan *roll*, *pitch* dan *yaw*. Sebuah kenderaan mempunyai enam darjah kebebasan [9].

## **1.1 OBJEKTIF**

Mengkaji prestasi dinamik kereta lumba URT FV2012 dan mengesahkan prestasi dinamik kereta lumba URT FV2012.

## **1.2 PENYATAAN MASALAH**

Kereta FV2012 sudah direka bentuk dan ia diperlukan untuk mencari sifat dinamik kereta untuk pengesahan model CAD. Analisis terdiri daripada *roll* dan *pitch* bagi dinamik untuk FV2012.

## **1.3 SKOP KERJA**

Membuat analisis dinamik menggunakan perisian komersial seperti “*MATLAB simulink*”. Data yang diperolehi akan dianalisis menggunakan komputer. Membuat ujikaji mengenai prestasi pengendalian kenderaan *pitch* dan *roll*.

## 1.4 PERANCANGAN PENYELIDIKAN

Berdasarkan perancangan penyelidikan seperti yang dinyatakan dalam **Jadual 1.0**, ia menunjukkan bahawa semasa PSM 1, semua aktiviti terutamanya berdasarkan mencari maklumat mengenai tajuk. Menurut maklumat yang diperolehi semua yang berkaitan akan ditulis dan direkod bagi penyediaan draf laporan untuk PSM 1. Semasa PSM 2 pengesahan mengenai data akan dilakukan melalui analisis dinamik menggunakan MATLAB simulink atau CATIA analisis. Selepas itu segala data yang diperolehi akan dicatat dan analisis dinamik kereta lumba URT FV2012 akan diketahui. Akhirnya, laporan akhir PSM 2 akan ditulis dan dikemukakan kepada penyelia dan juga fakulti.

**Jadual 1.0** Perancangan Penyelidikan

Semester	Aktiviti
PSM 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mencari maklumat yang berkaitan dengan tajuk.</li> <li>• Melakukan kajian penulisan tentang tajuk.</li> <li>• Membuat kajian metodologi untuk menyelesaikan masalah.</li> <li>• Mengkaji keadaan kenderaan untuk menjalankan analisis.</li> <li>• Mencari alat-alat yang akan digunakan bagi mendapatkan maklumat untuk analisis dinamik <i>pitch</i> dan <i>roll</i>.</li> <li>• Penyediaan draf laporan PSM 1.</li> <li>• Penyerahan laporan</li> </ul>
PSM 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisis menggunakan MATLAB simulink.</li> <li>• Pengesahan data yang didapati bagi kereta lumba FV2012.</li> <li>• Kesimpulan daripada PSM 2</li> <li>• Penyediaan laporan PSM 2</li> <li>• Penyerahan laporan.</li> </ul>

## BAB 2

### KAJIAN ILMIAH

Seperti yang dinyatakan sebelum ini tahap dinamik sesuatu kenderaan akan diketahui melalui data yang diambil dari *pitch* dan *roll*. Ia juga akan menentukan tahap kelesaan dan yang paling utama ialah keselamatan kenderaan apabila melalui jalan berlopak atau mengambil selekoh. Dalam bab ini, beberapa perkara akan diterangkan bagi mengenalpasti data yang akan diambil dan bagaimana boleh membantu mendapatkan kelesaan dan keselamatan yang diperlukan bagi kereta lumba. Dinamik kenderaan juga akan dibincangkan untuk *pitch* dan *roll*. Jenis sensor yang digunakan dalam menentukan tindak balas kereta lumba juga akan dikaji semula dalam dinamik kenderaan dalam bab ini. Dimension pada kereta lumba URT FV2012 yang hendak diketahui dinamik analisis pada *pitch* dan *roll* juga akan ditunjukkan. Dimana dengan dimension ini akan dicari pula kedudukan pusat gravity pada kereta lumba URT FV2012. Ia bertujuan untuk meletakkan sensor yang akan digunakan bagi mendapat data yang terbaik dalam dinamik analisis ini.

## 2.0 REKABENTUK KENDERAAN

Kereta-kereta F1 moden direka khas bagi kenderaan satu kerusi untuk tujuan-tujuan perlumbaan. Kokpit pemandu adalah terbuka dan rekabentuk kereta yang rendah dibina berdasarkan prinsip-prinsip aerodinamik. Enjin, tayar dan lain-lain komponen yang direkabentuk adalah untuk mencapai kelajuan ultra tinggi bagi tempoh masa tertentu.

Kereta lumba F1 menggunakan enjin 3.0 liter beraspirasikan enjin V10 sejak sedekat yang lalu. Tetapi untuk mengawal kelajuan kereta tersebut pihak FIA telah menetapkan bermula tahun 2006 bagi mengawal kelajuan kereta F1 perlu menggunakan enjin 2.4 liter dengan kuasa hembusan konfigurasi V8. Pada awal tahun 2007 enjin kereta adalah terhad kepada 19,000 rpm dan hanya aluminium dan besi aloi dibenarkan untuk digunakan dalam kereta F1.

Aerodinamik digunakan untuk meningkatkan cengkaman kereta dengan kelajuan tertentu. Jurutera F1 telah menemukan cara bagi menghasilkan tekanan kebawah dengan seretan yang paling minimum. FIA membuat peraturan baru dengan mengurangkan separuh lebar sayap belakang dan juga menyeragamkan seksyen pusat sayap hadapan berkuat kuasa pada tahun 2009.

Kereta F1 yang dibina dari komposit serat karbon dan bahan-bahan yang mahal dan sangat ringan. Ia bagi memenuhi syarat untuk meminimumkan berat kenderaan, dan balast akan membantu dalam menyediakan pengagihan berat yang ideal untuk kereta F1 [7].

Semua rekabentuk kenderaan mengambil ciri-ciri keselamatan sebagai perkara utama dalam memastikan setiap kenderaan adalah dalam keadaan yang selamat untuk digunakan. Setiap jenis kenderaan akan menekankan aspek keselamatan termasuklah pada rekabentuk kereta lumba. Kereta lumba haruslah mempunyai tahap keselamatan yang sangat tinggi kerana tahap kelajuan kereta ini melebihi 180 km/j. Sebarang kemalangan yang berlaku amat berisiko untuk setiap pemandu.

Keselesaian adalah perkara yang juga dititik beratkan bagi memenuhi ciri-ciri keselamatan. Setiap kereta lumba akan memaksimumkan prestasi mendatar dengan kadar pecutan 95 % pecutan tinggi. Setiap kereta lumba perlu memaksimumkan pecutan sisi dan pecutan membujur bagi keupayaan dan keseimbangan. Di dalam setiap rekabentuk kereta lumba target yang dikehendaki adalah mampu mengawal beban kerja, sistem didalam kenderaan, mampu mengurangkan atau mengawal sistem yang diperlukan [10].

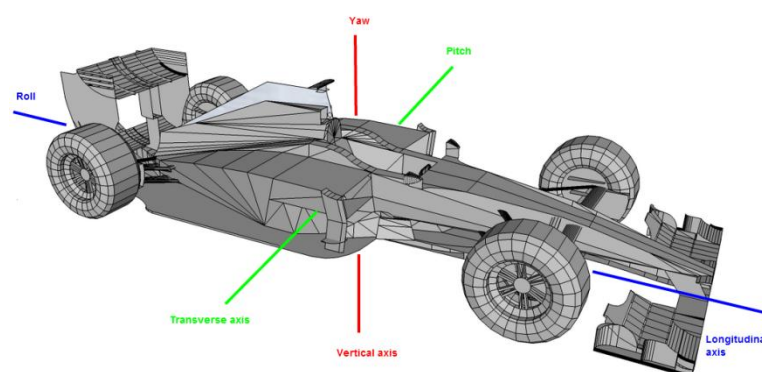
## 2.1 DINAMIK KENDERAAN

Satu daripada jurutera pertama yang menulis tentang dinamik automotif, memerhatikan bahawa sebuah kereta yang mengemudi dalam keadaan membelok tajam jika daya emparan di tangan pemandu akan mendorong ke arah terbabas [11]. Cara mengemudi kenderaan adalah masalah yang lazim pada masa itu [12,13]. Tetapi, seperti yang digambarkan oleh Segel [11] adalah pemahaman terhadap tingkah laku dan masalah kurang pengetahuan tentang bahagian tayar kenderaan.

Prestasi tertinggi sebuah kenderaan boleh dicapai melalui memecut, membrek dan membelok ialah satu respon kepada kuasa-kuasa yang dikenakan. Kebanyakan daripada kajian dinamik kenderaan akan melibatkan betapa dan mengapa kuasa-kuasa pada kenderaan dihasilkan. Kuasa tersebut berpengaruh untuk bertindak pada sebuah kenderaan bagi mengawal prestasi tayar pada jalan. Ini adalah penting untuk mengetahui prestasi tayar beroperasi ketika jalan lurus atau selekoh. Istilah mengendalikan selalunya digunakan pada keadaan membelok, pusing atau menukar haluan. Tetapi membelok, pusing atau menukar haluan merujuk kepada ciri-ciri objektif kenderaan apabila berubah haluan dan membenarkan pecutan sisi dalam proses itu. Misalnya, membelok membenarkan keupayaan pecutan sisi di jumlahkan dan mendapat satu keadaan stabil atau menjumlahkan masa pecutan sisi. Mengendali pula adalah sebaliknya kerana ia menambah kepada sifat-sifat kenderaan itu dan maklum balas pemandu yang mempengaruhi keupayaan pemandu untuk mengekalkan kawalan. Pengendalian pula menunjukkan bukan sahaja kenderaan eksplisit keupayaan, tetapi sumbangan dan juga prestasi sistem pemandu dan gabungan kenderaan [14].

Keadaan curam dan membelok tajam adalah perkara utama bagi menguasai kestabilan dan keupayaan bagi mengimbang kenderaan. Ia adalah sesuatu faktor penting yang perlu diambil tahu. Keadaan kereta yang seimbang bergantung kepada kenderaan keseluruhan dan juga pemandu [15]. Pengendalian terletak pada tahap pemahaman terhadap jalan yang dilalui. Walau bagaimanapun ia adalah sukar bagi menetapkan ciri-ciri yang diperlukan sebagai seorang pemandu kerana setiap manusia mempunyai cara yang berbeza dari segi pemanduan. Oleh kerana itu ciri-ciri yang diperlukan di dalam dinamik kenderaan diklasifikasikan pada kenderaan sahaja sebagai sistem gelung terbuka. Sistem gelung terbuka merujuk kepada respons kenderaan pada stereng. Dengan lebih tepat lagi didefinisikan sebagai haluan kenderaan. Ukuran yang paling biasa digunakan bagi mengenalpasti dinamik kenderaan adalah dengan keadaan curam. Kecerunan adalah satu langkah prestasi di bawah syarat-syarat keadaan tertinggi walaupun ia juga digunakan untuk mencari ciri-ciri prestasi di bawah tidak keadaan tertinggi [16].

Di dalam dinamik kenderaan keadaan seperti melalui selekoh tajam, membrek dan melalui kawasan yang tidak sekata boleh diambil kira sebagai *yaw*, *pitch* dan *roll*. Keadaan ini akan dikaji pada kereta lumba URT FV2012. Pada projek ini hanya 2 keadaan yang akan diambil kira iaitu pada *pitch* untuk paksi  $y$  dan *roll* untuk paksi  $x$ . **Rajah 2.1** menunjukkan dimana paksi-paksi tersebut berada.



**Rajah 2.1:** Keadaan bagi *yaw*, *pitch* dan *roll* [26].

## 2.2 DEFINASI YAW,PITCH DAN ROLL KENDERAAN.

Gambaran mudah bagi darjah kebebasan kenderaan adalah satu dimensi model suku kenderaan dengan dua darjah kebebasan [17][18]. Ia biasanya digunakan untuk mengkaji *roll* pada kenderaan. Seseengah kenderaan mempunyai 4 darjah kebebasan bagi model dua dimensi, secara amnya ia mewakili dinamik bagi paksi membujur kenderaan dengan *roll* dan *pitch* pada kenderaan dan pergerakan roda depan dan belakang [19][20]. Istilah yang digunakan untuk separa kenderaan juga boleh digunakan untuk menggambarkan dinamik pada paksi sisi dengan *roll* dan *pitch* digerakkan pada pergerakan menegak kekiri dan kekanan kenderaan. Model penuh kenderaan tiga dimensi adalah 6 darjah kebebasan sehingga beratus-ratus [21-24], bergantung kepada jumlah komponen model yang fleksibiliti dan andaian yang mudah digunakan [25]. Kesan daripada memandu dan membrek pada kenderaan sering terjadi pada paksi *pitch* tetapi membelok tajam pada jalan walau pada paksi *pitch* adalah masalah yang perlu diambil kira dan bukan perkara remeh. Bagaimana pun kesan yang berlaku pada membrek dan memandu di jalan mendatar mempunyai had tersendiri. Dengan meningkatkan penggunaan lampu isyarat dan bonggol pada jalan akan meredakan ciri-ciri seperti memecut. Ini akan memberi kesan pada satah *pitch* termasuk dapat memindahkan kesan pada satah *roll* [26].

Pada asalnya ia adalah 3 sudut utama iaitu *yaw*, *pitch* dan *roll* seperti pada **Rajah 2.2** *Yaw* adalah putaran di sekitar paksi menegak kenderaan. *Pitch* adalah putaran sekeliling paksi melintang kenderaan. *Roll* adalah pergerakan kenderaan sekitar paksi membujur [27-29]. *Pitch* boleh dikawal bergantung pada pengawalan kenderaan. Setiap roda dipengaruhi oleh daya menegak, kuasa pada roda didorong oleh kuasa brek. Apabila membrek semua roda akan memberi kesan dalam arah yang bertentangan.