


“Saya akui bahawa saya telah membaca karya ini dan pada pandangan saya karya ini adalah memadai dari segi skop dan kuantiti untuk tujuan penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Termal –Bendalir)”.

Tandatangan : 
Nama Penyelia : En. Wan Mohd Zalimi Wan Abdullah
Tarikh : 12/12/2005

KAJIAN KEHILANGAN HALAJU BAGI “CONTINUOUSLY VARIABLE
TRANSMISSION” (CVT) JENIS TALISAWAT GETAH BENTUK-V

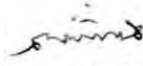
NORHISYAM BIN MUSTAPHA

Laporan ini diserahkan kepada Fakulti Kejuruteraan Mekanikal sebagai memenuhi
sebahagian daripada syarat penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan
Mekanikal (Termal-Bendalir)

FAKULTI KEJURUTERAAN MEKANIKAL
KOLEJ UNIVERSITI TEKNIKAL KEBANGSAAN MALAYSIA

NOVEMBER 2005

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

Tandatangan : 
Nama Penulis : Norhisyam Bin Mustapha
Tarikh : 12/12/05

Khas buat keluargaku yang tercinta dan teman-teman seperjuangan sekalian

PENGHARGAAN

Alhamdulillah, syukur saya panjatkan kepada-Nya kerana dengan limpah dan izin-Nya saya dapat menyiapkan Projek Sarjana Muda ini.

Penghargaan yang tidak terhingga saya rakamkan kepada penyelia projek, EN.W MOHD ZAILIMI W.ABDULLAH dan juga pembantu penyelia EN.AHMAD KAMAL BIN MAT YAMIN yang banyak mencurahkan ilmu beliau malah tanpa jemu membimbing dan memberi tunjuk ajar yang amat berguna. *Syukran Jazilan.*

Penghargaan ini juga buat rakan yang sentiasa memberikan kerjasama, Juga buat rakan-rakan dan pensyarah yang banyak memberikan sokongan '*Thanks a lot*'

ABSTRAK

Sistem penghantar kuasa berubah secara berterusan *Continuously Variable Transmission* telah mendapat perhatian kebanyakan syarikat industri automotif dunia seperti Honda, Toyota, Mini Cooper dan lain-lain lagi. Dimana dapat dilihat disini bahawa sistem penghantar kuasa ini yang bermula dengan menggunakan jenis penghantar kuasa tali sawat getah bentuk-V kemudiannya berkembang kepada jenis getah sentetik dan makin berkembang maju dengan menggunakan jenis keluli sepenuhnya. Tesis ini adalah merupakan usaha penulis, yang berdedikasi untuk menganalisa sistem *CVT* jenis tali sawat getah bentuk-V yang digunakan pada motosikal *scooter* Suzuki Vs 125 bagi mengkaji kecekapan sistem dan mencari kelemahan yang berlaku pada *CVT* jenis *rubber-V* belt ini. Dengan membangunkan peralatan dan melakukan ujikaji menunjukkan adanya masalah yang berlaku pada sistem *CVT* yang menyebabkan kehilangan halaju pada masa kendalian. Kajian ilmiah dijalankan bagi memahami sistem kawalan yang sedia ada dan untuk menilai tahap kecekapan sistem dari pada masa dulu hingga sekarang. Perisian *Solid Works* 2005 digunakan untuk menghasilkan lukisan komponen-komponen *CVT* dan Tapak Uji (*Test Rig*) bagi membantu dalam proses rekabentuk. Beberapa rekabentuk dihasilkan, dimana satu rekabentuk akhir dipilih selepas menjalankan analisa umum. Untuk mendapatkan kehilangan halaju nilai-nilai halaju masuk dan halaju keluar diperolehi dengan menggunakan motor elektrik, manakala bagi nisbah takal diperolehi dengan melakukan pengukuran secara manual. Segala data-data berkaitan dalam ujikaji keatas sistem *CVT* pada Tapak Uji (*Test Rig*) diperolehi dengan melakukan pengiraan. Melalui ujikaji yang dilakukan data-data yang diperolehi menunjukkan bahawa berlakunya kehilangan halaju sistem *CVT* pada Tapak Uji (*Test Rig*).

ABSTRACT

Continuously Variable Transmission (CVT) was get an attention from world automotive industry company such as Honda, Toyota, Mini cooper and others. Which can see that, this power transmission system begin with “V” rubber belting than syntetic rubber and expand to fully steel. This thesis is from author’s effort to analyze *CVT* system belting-V shape at *scooter* Suzuki Vs 125 motorcycle by analyze the system efficiency and find the weakness of this type of *CVT*. By develop the Rig and done the experiment, it shows that there are problem occured on this *CVT* system that cause the speed loss during operation. The literature review is done to understand the control system and to estimate measure the system efficiency. Solid Works 2005 software were used to draw *CVT* compenents and Test Rig as a solution in design process. Various of design were constructed and the best one were choose after made a general analysis. Solid modelling software users to produse the drawing components. The inlet and exit speed loss was get by using electrical motor, and for pully ratio from manual measurement process. All the data were taken by the experiment conductedand the calculation. From the experiment, all the data shows that there was speed loss on *CVT* system at the rig.

KANDUNGAN

PENGAKUAN PENYELIA	
TAJUK PSM	i
PENGAKUAN PELAJAR	ii
DEDIKASI	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	xi
SENARAI RAJAH	xii
SENARAI SIMBOL	xiv
SENARAI LAMPIRAN	xvi

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
1	Pengenalan	
	1.1 Pendahuluan	1
	1.2 Objektif	2
	1.3 Skop	2
	1.4 Carta Alir Proses Kajian	2
2	Kajian Ilmiah	
	2.1 Continuously Variable Transmission (CVT)	5
	2.2 Jenis-jenis CVT	7
	2.3 Prinsip Kerja Sistem CVT	8

2.4	CVT JENIS KAWALAN MEKANIKAL	9
2.5	REKABENTUK SISTEM CVT (SUZUKI VS 125)	14
3	KAEDAH KAJIAN	
3.1	PENGENALAN	16
3.2	MENGENAL PASTI PARAMETER	16
3.3	TEORI ASAS TALISAWAT GETAH BENTUK-V	17
3.4	JADUAL DATA	19
3.5	PERALATAN	19
	3.5.1 Susunan Peralatan	20
	3.5.2 Prosedur Kajian	22
3.6	KEPUTUSAN JANGKAAN	23
	3.6.1 Hubungan Antara Nisbah Takal Melawan Halaju Enjin	23
	3.6.2 Hubungan Antara Halaju Hilang Melawan Halaju Enjin	24
4	REKABENTUK TAPAK UJI	
4.1	PENDAHULUAN	26
4.2	DEFINASI REKABENTUK	27
4.3	KAEDAH REKABENTUK	27
4.4	PEMILIHAN BAHAN	28
4.5	KONSEP REBENTUK TEST RIG	29
4.6	CARTA ALIR PEMBANGUNAN REKABENTUK	30
	4.6.1 Mengenalpasti Masalah	31
	4.6.2 Mengkaji Masalah Yang Timbul Pada Rekabentuk Sedia Ada	31
	4.6.3 Lakaran Awal Rekabentuk	32

4.6.4	Menentukan Ciri-Ciri Rekabentuk	34
4.6.5	Pemilihan Rekabentuk Yang Sesuai	35
4.6.6	Pengujian Rekabentuk	35
4.7	REKABENTUK TERPERINCI	36
4.7.1	Syaf Pemacu Dan Penurut	36
4.7.2	Tapak Uji	37
4.7.3	Sistem Pendawaian	38
4.8	PEMILIHAN BAHAN REKABENTUK	39
4.10	KEBOLEHDAPATAN DAN KOS	40
4.11	KESIMPULAN	41
5	UJIAN KEHILANGAN HALAJU PADA SISTEM CVT	
5.1	PENGENALAN	42
5.2	ANALISIS TERHADAP HALAJU MASUK DAN HALAJU KELUAR	43
5.3	HUBUNGAN DIANTARA KAWALAN HALAJU DAN ANJAKAN TAKAL	44
5.4	ANALISIS TERHADAP KEHILANGAN HALAJU	45
5.5	ANALISIS HUBUNGAN KECEKAPAN HALAJU DAN PERATUSAN RALAT	45
6	PERBINCANGAN DAN KESIMPULAN	
6.1	PENGENALAN	48
6.2	ANALISIS PERGERAKAN NISBAH TAKAL	48
6.3	ANALISIS KEHILANGAN HALAJU	50
6.4	ANALISIS KECEKAPAN SISTEM CVT PADA TAPAK UJI (TEST RIG)	51
6.5	ANALISIS PERATUSAN RALAT	53
6.6	ANALISIS MOTOR ELEKTRIK	54
6.7	ANALISIS TERHADAP SISTEM CVT PADA TAPAK UJI (TEST RIG)	55

6.8	KESIMPULAN	58
6.9	CADANGAN	58
	RUJUKAN	60
	LAMPIRAN	62

SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
1.1	Carta Alir Proses Kajian	4
2.1	Variomatic Daf 66	11
2.2	V-Belt Metal Pushing VDCVT	12
2.3	Jenis Sistem CVT	12
2.4	Kendalian Underdrive Dan Overdrive	13
2.5	Gavernor Dan Torque Responsive Devise	13
3.1	Model CVF Jenis Tali Sawat Getah Bentuk-V	17
3.2	Geometri Takal	18
3.3	Skimatik Peralatan	21
3.4	Tapak Uji Bagi Sistem CVT	22
3.5	Graf Menunjukkan Nisbah Takal Vs Kuasa Enjin	23
3.6	Graf Menunjukkan Halaju Hilang Vs Kuasa Enjin	24
3.7	Perbezaan Halaju	25
4.1	Metodologi yang dinyatakan oleh R.D.Chulum	28
4.2	Carta Alir Pembangunan Rekabentuk	30
4.3	Sistem CVT Motosikal Scooter	32
4.4	Lakaran Rekabentuk Akhir	33
4.5	Syaf Motosikal Scooter	37
4.6	Tapak Uji	38
4.7	Inverters	39
6.1	Halaju Tinggi Dan Halaju Rendah	49
6.2	Halaju Hilang	51
6.3	Kecekapan Sistem CVT Pada	

	Tapak Uji (Test Rig)	52
6.4	Ralat Kajian	54
6.5	Motor Elektrik	55
6.6	Kajian Terhadap Sistem CVT Pada Tapak Uji (Test Rig)	57

SENARAI JADUAL

NO. JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Penilaian Sistem Tranmisi CVT	10
2.2	Kajian Ilmiah	15
3.1	Halaju Hilang Dan Kecekapan Halaju	19
3.2	Senarai Peralatan	20
4.1	Kos Anggaran Perbelanjaan Bagi Menghasilkan Rekabentuk Peralatan	40
5.1	Diameter CVT	44
5.2	Halaju Hilang Dan Kecekapan Halaju	47

SENARAI SIMBOL

SIMBOL	DEFINISI
X	Jarak
M	Motor
E	Bumi
L	Hidup
N	Neutral
U	Hidup
V	Hidup
W	Hidup
HURUF GREEK	DEFINISI
η_s	Kecekapan Halaju
ω_{in}	Halaju Sudut Masuk
ω_{out}	Halaju Sudut Keluar
SUBSKRIP	DEFINISI
N_1	Halaju Takal Pemacu
N_2	Halaju Takal Penurut
d_1	Diameter Takal Pemacu
d_2	Diameter Takal Penurut
r_1	Jejari Takal Pemacu
r_2	Jejari Takal Penurut
P_{out}	Kuasa Keluar
P_{in}	Kuasa Masuk
P_r	Nisbah Takal
T_{in}	Daya Kilas Masuk

T_{out}	Daya Kilas Keluar
S_1	Halaju Hilang
H_z	Frekuensi
Rpm	Halaju Pusingan Dalam Satu Minit
T_1	Daya Tegangan Talisawat Pada Bahagian Tegang
T_2	Daya Tegangan Talisawat Pada Bahagian Kendur

SENARAI LAMPIRAN

LAMPIRAN	TAJUK	MUKA SURAT
A	Lampiran Rajah A	62
B	Lampiran Rajah B	63
C	Lampiran Pergiraan C	64
D	Lampiran Jadual D	65

BAB I

Pengenalan

1.1 Pendahuluan

Sistem penghantaran kuasa diperlukan untuk memindahkan kuasa yang dihasilkan oleh enjin pembakaran dalam ke pada tayar kenderaan, Salah satu daripadanya adalah *Continuously Variable Transmission (CVT)*. Ia merupakan satu sistem yang semakin berkembang penggunaannya pada masa kini. *CVT* membolehkan enjin beroperasi pada kuasa optimum sepanjang keadaan pemanduan.

CVT telah mula digunakan pada tahun 1886 di mana *Karl Benz dan Daimler* telah menggunakan tali sawat jenis getah berbentuk-V dalam kenderaan gasolin mereka yang buat pertama kalinya dikeluarkan secara '*mass- production*' [Chana, H.E. 1986].

Terdapatnya kelemahan di dalam kecekapan penghantaran kuasa atau dalam bentuk lain disebut kehilangan kuasa. Kehilangan kuasa terbahagi kepada dua bahagian, kehilangan daya kilas dan kehilangan halaju. Projek ini akan memfokuskan kajian terhadap kehilangan halaju sahaja. Selain itu, aspek yang ditekankan dalam projek ini ialah penyediaan peralatan untuk ujikaji dan analisis akan dilakukan terhadap data yang diambil.

1.2 Objektif

Mengkaji kehilangan halaju ke atas *Continuously Variable Transmission* (CVT) jenis tali sawat getah bentuk-V.

1.3 Skop

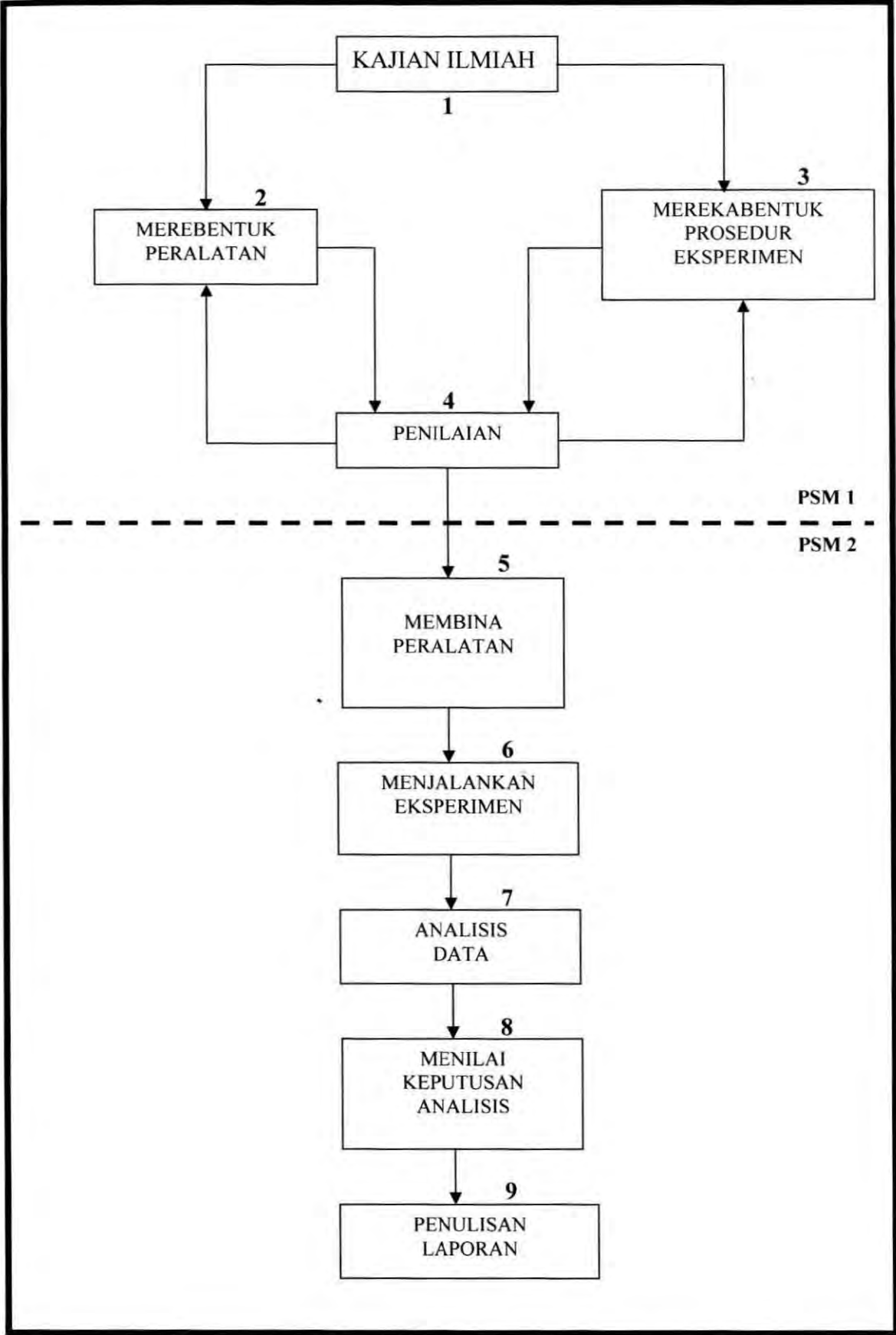
- 1) Kajian hanya dijalankan terhadap kehilangan halaju ke atas *Continuously Variable Transmission* (CVT) jenis talisawat getah berbentuk-V.
- 2) Membina Tapak Uji (Test Rig) untuk eksperimen.
- 3) Menganalisis data. .

1.4 Carta Alir Proses Kajian

Dalam memulakan satu-satu analisis itu kita memerlukan satu panduan untuk kita jadikan sebagai permulaan rangka kerja tentang apa yang perlu dilakukan mengikut turutan yang betul. Carta alir dalam Rajah 1.1 menerangkan proses yang harus dilaksanakan dalam meyiapkan projek sarjana muda ini.

- 1) Kajian Ilmiah, ia dilakukan untuk memahami sistem teransmisi *Continuously VariableTransmission* (CVT), bahan-bahan rujukan seperti jurnal-SAE *Technical paper*, halaman-halaman web mengenai *CVT* dan buku-buku seperti mekanik mesin dan teknologi automotif diperlukan.

- 2) Merencanakan peralatan dan merencanakan kaedah eksperimen, mengkaji peralatan yang betul-betul sesuai untuk digunakan dalam eksperimen dari segi kos dan kebolehdapatan dan kaedah menjalankan eksperimen dibentuk.
- 3) Pada peringkat ini, merencanakan peralatan dan prosedur eksperimen dicadangkan untuk dibuat penilaian ini adalah bertujuan untuk mendapatkan merencanakan dan prosedur yang betul-betul menepati analisis terhadap projek.
- 4) Membina Tapak uji (*Test Rig*) dilakukan berdasarkan kriteria merencanakan yang dikehendaki dan spesifikasi merencanakan akhir ditetapkan.
- 5) Proses menjalankan eksperimen boleh dilaksanakan apabila siap proses membina peralatan. Dalam eksperimen yang dijalankan analisis untuk mendapatkan kehilangan halaju akan diperolehi.
- 6) Melalui data-data yang diperolehi analisis akan dilakukan dengan menggunakan teori mencari halaju hilang tanpa beban pada komponen *Continuously Variable Transmission (CVT)*.
- 7) Segala keputusan terhadap data-data ini akan dianalisis dan segala penilaian berulang ke proses pengambilan data jika tidak menepati keputusan yang ingin dicapai dalam eksperimen.
- 8) Proses terakhir ialah penulisan laporan dimana ia bergantung kepada kajian dan analisis yang telah dilakukan. Melalui penulisan ini setiap apa yang diperolehi dalam melaksanakan kajian kehilangan kuasa bagi *Continuously Variable Transmission (CVT)* jenis talisawat getah berbentuk-V akan dibincangkan.



Rajah 1.1: Carta Alir Proses Kajian

BAB II

KAJIAN ILMIAH

2.1 Continuously Variable Transmission (CVT)

Continuously Variable Transmission (CVT) telah mula digunakan sejak awal penggunaan kereta lagi. Ia digunakan seawal tahun 1886 di mana *Karl Benz* dan *Daimler* telah menggunakan *rubber V-belt CVT* dalam kenderaan gasolin mereka yang buat pertama kalinya dikeluarkan secara '*mass production*'. Kereta ini dinamakan *the friction drive car* dan mempunyai nisbah halaju yang boleh berubah secara berterusan [Chana, H.E. 1986]. Namun, disebabkan jenis bahan yang digunakan untuk talisawat *belt* adalah terhad, penggunaan *CVT* pada masa tersebut menjadi sesuatu yang kurang praktikal. Kini, terdapat sistem *CVT* yang mampu menanggung 200 ft-lbs (271 Nm) daya kilas dan 200 hp kuasa (dibangunkan oleh Ford Motor Co) dengan bantuan (Van Doorne's Transmissie dan ZF Company). Prototaip bagi *CVT* ini telah dipasang pada kereta Ford Taurus dengan enjin *Duratec 3L DOHC V-6* [Bill Visnic. 1998].

Kini, minat terhadap pembangunan *CVT* kian meningkat. Minat ini berasaskan kepada penggunaan bahanapi yang lebih menjimatkan (sehingga 10%) berbanding sistem transmisi manual [Manfred Boss and Herbert Mozer. 1997]. Penggunaan bahanapi yang lebih jimat dapat dicapai melalui penggunaan sistem kawalan yang dapat mengawal nisbah halaju dan bukaan *throttle* (yang mengawal

jumlah bahanapi yang digunakan, pada karburetor) dengan memanipulasikan kelebihan yang sistem CVT yang nisbah halajunya boleh berubah secara berterusan.

Jadual 2.1 merupakan penilaian secara analitikal yang dilakukan oleh pihak NASA terhadap empat jenis transmisi CVT iaitu *Kumm Flat Belt*, *Bales Mc.Coin Roller Cone*, *Toroidal Traction* dan *Steel V-Belt* untuk digunakan pada kenderaan elektrik [Gott, P.G. 1991]. Secara umumnya, *Kumm flat belt* mempunyai kecekapan yang lebih tinggi (disebabkan permukaan geseran antara takal dan talisawat kurang, berbanding talisawat-V), tetapi kapasitinya adalah rendah disebabkan talisawat rata tidak dapat memindahkan daya kilas yang tinggi dan mudah tergelincir. *Bales Mc.Coin Roller Cone*, *Toroidal Traction* dan *Steel Belt* dapat mengendalikan kuasa yang lebih tinggi. Sistem transmisi *steel V-belt* lebih mudah direkabentuk sistem kawalannya berbanding sistem CVT yang lain. Kini sistem transmisi *steel V-belt* atau lebih tepat lagi *metal pushing V-belt*, *Van Doornes's CVT* telah diperbaiki rekabentuknya dengan kapasiti yang lebih tinggi [Marjorie Sorge, 1999].

Dr. Hub Van Doorne, yang mengasaskan *Van Doorne's Transmissie (VDT)* telah mencipta *variomatic* pada tahun 1958. Sistem ini menggunakan dua tali sawat-V daripada getah seperti pada Rajah 2.1 dan digunakan untuk enjin berkuasa rendah [Hendriks,E.1988]. *Dr.Hub* kemudiannya mencipta sistem *Transmatic*, sistem yang menggunakan *metal pushing V-Belt*, yang kini lebih dikenali sebagai *Van Doorne's Continuously Variable Transmission (VD CVT)*. *VD CVT* terdiri daripada dua takal, primer dan sekunder, dan talisawat daripada segmen-segmen logam (yang disambungkan oleh jalur jalur logam) bagi menghubungkan kedua-dua takal tadi. Rajah 2.2 menunjukkan kedua-dua takal ini berbentuk kon dan menghasilkan bentuk-V apabila dicantumkan. Sistem ini kini boleh digunakan untuk memindahkan daya kilas sehingga 271 Nm [Bill Visnic. 1998].

Namun begitu CVT jenis *rubber-V belt* juga telah berjaya digunakan pada kereta lumba *SCCA D-Sport* di Amerika Syarikat yang berkapasiti 850cc, tetapi talisawat getah sitentik berketahanan tinggi digunakan. Ini disebabkan berat kereta lumba tersebut lebih ringan, dari kenderaan penumpang walaupun kapasiti enjinnya hampir sama dengan kereta perodua buatan Malaysia (kancil).

2.2 Jenis-Jenis CVT

Memandangkan *CVT* telah wujud sejak akhir abad ke-19 lagi, *CVT* telah direkabentuk dalam pelbagai bentuk dan rupa dengan mekanisma yang berbeza-beza. Pengelasan bagi sistem *CVT* secara umum ditunjukkan dalam Rajah 2.3. Terdapat sistem *CVT* yang menggunakan *roller cone*, *toroidal traction drive*, *flat belt* serta *metal pushing V-belt* dan *rubber V-belt*.

CVT jenis tali sawat paling banyak digunakan dalam industri automotif pada masa kini. Kenderaan penumpang biasanya menggunakan *CVT* jenis *metal pushing V-belt*, bagi kenderaan seperti motosikal *scooter*, *snowmobile* dan *golfskart* menggunakan *CVT* jenis *rubber V-belt* [O.Aen,1998]. Penggunaan yang berbeza bagi kedua-dua jenis *CVT* ini kerana ia bergantung kepada kuasa dan daya kilas maksimum enjin serta beberapa spesifikasi kejuruteraan yang boleh diambil kira seperti kecekapan, halaju, keselamatan dan lain-lain lagi.

CVT jenis *metal pushing V-belt* digunakan dengan meluas pada kenderaan seperti *Honda City*, *Fiat Punto* dan *Audi A4*. Kebanyakan semua jenis *scooter* di Malaysia seperti Suzuki Vs-125, Suzuki V100, Modenas Karisma, comel, Nitro dan Yamaha Nuovo menggunakan *CVT* jenis *rubber V-belt*. *CVT* jenis toroidal (traction) juga telah dikaji dan digunakan tetapi terhad. Buat masa ini penggunaannya hanya pada prototaip sahaja seperti *moped* dikaji oleh kumpulan penyelidik Yamaha [H.Machida Dan Y.Ichihara, 1990].

Kebanyakan *CVT* yang digunakan sekarang ini adalah jenis automatik. Namun terdapat juga *CVT* jenis *semi-automatik* seperti yang digunakan pada *Honda City*. *CVT* jenis *metal pushing V-belt* kebanyakan menggunakan sistem hidraulik atau Elektro-Hidraulik untuk mengawal nisbah gear sistem transmisi. Elektro-Hidraulik adalah gabungan sistem hidraulik dan elektronik yang mempunyai kelebihan seperti tindakbalas yang pantas dan kawalan jitu.