

PENILAIAN TABURAN HAYAT LESU KOMPONEN AUTOMOTIF DENGAN
BEBANAN EKSTREM MELALUI PENDEKATAN CIRI HAYAT
TABURAN DAN FUNGSI KEBOLEHARAPAN

MOHD ASRI BIN YUSUFF

TESIS YANG DIKEMUKAKAN UNTUK MEMPEROLEHI IJAZAH
DOKTOR FALSAFAH

FAKULTI KEJURUTERAAN DAN ALAM BINA
UNIVERSITI KEBANGSAAN MALAYSIA
BANGI

2014

PENGAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah saya jelaskan sumbernya.

8 Mei 2014

MOHD ASRI BIN YUSUFF
P42562

PENGHARGAAN

Syukur Alhamdulillah kepada Allah S.W.T. kerana memberikan kesihatan yang cukup, masa dan kematangan fikiran untuk menyiapkan kajian ini dalam bentuk sebegini rupa.

Jutaan terima kasih dan setinggi-tinggi penghargaan kepada penyelia utama Prof. Dr. Dzuraidah Abd. Wahab atas bantuan yang begitu besar, bimbingan dan nasihat yang amat berguna sepanjang kajian ini. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada penyelia-penyelia bersama iaitu Prof. Dr. Ir. Shahrum Abdullah dan Prof. Dr. Azami Zaharim. Tidak ketinggalan, terima kasih juga diucapkan kepada Dr. Engku Ahmad Azrul Hisham yang mana mereka ini dengan kepakaran masing-masing telah banyak memberikan idea dan galakan untuk menyiapkan kajian ini.

Terima kasih juga diucapkan kepada pihak Universiti Teknikal Malaysia Melaka yang telah memberi masa dan bantuan keewangan yang secukupnya bagi merealisasikan kajian ini melalui skim cuti belajarnya. Juga kerjasama dari pihak PROTON Berhad terutama kakitangan Bahagian Kejuruteraan amat dihargai kerana telah meluangkan masa, memberikan pandangan yang membina dan sama-sama menghasilkan data bagi kajian ini. Tidak lupa ucapan terima kasih juga kepada pihak Kementerian Sains, Teknologi dan Inovasi Malaysia (MOSTI) yang membiayai kajian ini di bawah skim geran penyelidikan e-science 01-01-02-SF03066.

Akhir sekali perhargaan dan ucapan terima kasih yang tidak ternilai buat isteri Rashidah Othman dan semua anak-anak yang disayangi. Juga buat ayahanda Yusuff Mat Shaikh, bonda Allahyarhamah Che Esah Che Ali dan ummi Hamidah serta semua ahli keluarga yang telah memberi dorongan dan menjadi inspirasi dalam menyiapkan kajian ini.

ABSTRAK

Keadaan bebanan ekstrem sering berlaku apabila sesebuah kenderaan yang bergerak melanggar lubang yang dalam atau melanggar objek yang besar di jalan raya. Hentakan yang kuat ini boleh menyebabkan kerosakan pada komponen kenderaan berkenaan. Ia berbeza dengan gegaran rawak yang terhasil dari jalan raya biasa yang tidak menyumbang kepada sebarang bebanan ekstrem. Kegagalan sesuatu komponen yang disebabkan oleh keadaan bebanan ekstrem ini boleh menjejaskan kualiti dan kebolehharapan keseluruhan kelompok komponen kenderaan berkenaan. Oleh yang yang demikian, kajian perlu dilakukan untuk menangani masalah berkenaan iaitu dengan mengkaji taburan hayat padanan terbaik yang boleh menganalisis kegagalan hayat lesu bebanan ekstrem dalam domain mekanikal dengan lebih baik. Kajian juga telah dilakukan dengan membangunkan suatu kaedah yang berupaya meramalkan hubungan antara konfigurasi beban perkhidmatan dan bentuk taburan kegagalan hayat lesu komponen. Kaedah kajian yang digunakan melibatkan ujian hayat lesu bebanan berkitar dan penjanaan data hayat lesu menggunakan simulasi Monte Carlo berdasarkan parameter-parameter dari lengkung tegasan hayat berkebarangkalian. Ciri-ciri bagi semua taburan parametrik dianalisis melalui pendekatan penganggaran parameter iaitu kaedah regresi pangkat ke atas-X, kaedah regresi pangkat ke atas-Y dan kaedah penganggaran kebolehjadian maksimum untuk taburan Weibull, taburan lognormal dan taburan nilai ekstrem teritlak. Kesesuaian taburan hayat bagi menilai kebolehharapan hayat lesu bebanan ekstrem boleh dilihat melalui fungsi ketumpatan kebarangkalian, fungsi taburan kumulatif dan juga melalui nilai kebolehharapan yang diperolehi. Sebagai penentusahan, hasil kajian yang menggunakan komponen sendi buku stereng dibandingkan dengan komponen gandar puntung dan didapati perbandingan menjurus kepada keputusan kajian yang sama. Sumbangan bagi kajian adalah memperkenalkan aplikasi taburan nilai ekstrem teritlak dalam domain mekanikal di mana perbandingan secara keseluruhan mendapati bahawa kaedah yang menggunakan taburan nilai ekstrem teritlak adalah lebih anjal dengan menepati lengkung kegagalan hayat bebanan ekstrem yang diberi. Kajian ini juga mendapati kaedah yang dibangunkan berupaya meramal hubungan antara konfigurasi beban dan bentuk taburan kegagalan bagi sesuatu komponen yang dikaji. Pendekatan ini telah menyumbang kepada pengurangan masa ujikaji yang mana amat dititik beratkan dalam proses pengeluaran komponen. Implikasi ini memberi satu impak yang besar khususnya terhadap pembangunan industri automotif negara.

RELIABILITY ASSESMENT OF MASS PRODUCED AUTOMOTIVE COMPONENT UNDER LOADS OF EXTREME FATIGUE LIFE

ABSTRACT

Extreme event always occur on a moving vehicle such as violation of the hole or a large object on the road. The strong shock can cause damage to vehicle components. It is different for the normal road condition that is not contributes to any extreme load. Failure of a component that is caused extreme load events such as strong shock can affect the overall quality and reliability of the vehicle component groups. As such, the study needs to be done to address the behavior of failure data using the fatigue life and reliability characteristics of extreme fatigue life failure statistical approach. The study can also be done by developing a characterization of life distributions based data and configuration best match load to allow a generalized prediction. The research involves testing the fatigue life and cyclic strain fatigue life data generation using Monte Carlo simulation based on the parameters of probabilistic stress cycle curve. Features for all parametric distributions were analyzed by the method of parameter estimation approaches rank regression method on X, rank regression method on Y and the method of maximum likelihood estimation for the Weibull, lognormal and generalized extreme value distributions. Assess the suitability of the life distribution for the reliability of extreme fatigue life can be seen through a probability density function, cumulative distribution function and also through their reliabilities obtained. For verification, steering knuckle component service load conditions is compared with stub axle component service burden and found comparative studies lead to the same decision. The contribution of this study is to introduce generalized extreme value distribution applications in the mechanical domain where overall comparisons found that the method using the generalized extreme value distribution is more flexible and satisfied the failure of extreme life curve given. The study also found that the developed method capable of predicting the relationship between the load configuration and shape of the distribution of a component failure studied. This approach can contribute to reduced time of experimental testing which is emphasis in the production process components. This implication provides a particularly significant impact on the development of the country's automotive industry.

KANDUNGAN

		Halaman
PENGAKUAN		ii
PENHARGAAN		iii
ABSTRAK		iv
ABSTRACT		v
KANDUNGAN		vi
SENARAI JADUAL		xii
SENARAI ILUSTRASI		xv
SENARAI SIMBOL		xix
BAB I	PENDAHULUAN	
1.1	Pengenalan	1
1.2	Kajian Keboleharapan Untuk Kes Kegagalan Lesu	2
1.3	Pemasalahan Kajian	6
1.4	Objektif Kajian	8
1.5	Skop Kajian	8
1.6	Organisasi Tesis	9
BAB II	KAJIAN KEPUSTAKAAN	
2.1	Pengenalan	10
2.2	Unsur Luaran	10
2.3	Hayat Ekstrem	12
	2.3.1 Konsep nilai ekstrem	14
	2.3.2 Taburan nilai ekstrem	15
2.4	Kepelbagaian Hayat Komponen Pembuatan Massa	17
	2.4.1 Keserakan hayat lesu	18
	2.4.2 Penilaian keboleharapan hayat lesu	19
	2.4.3 Lengkung hayat PSN	21
	2.4.4 Hubungan kuasa	22

2.4.5	Fungsi taburan hayat lesu	23
2.4.6	Pekali perubahan	25
2.5	Persekitaran Operasian	27
2.6	Simulasi Monte Carlo	29
2.7	Keboleharapan Hayat Lesu	31
2.7.1	Penganggaran parameter taburan parametrik	32
2.8	Fungsi Taburan Hayat	34
2.9	Penentusahan	35
2.10	Rumusan	35
BAB III	KAEDAH KAJIAN	
3.1	Pengenalan	37
3.2	Metodologi Kajian	37
3.3	Latar Belakang Komponen Kajian	40
3.4	Mekanisme Kegagalan	43
3.4.1	Bahan dan proses pembuatan	44
3.4.2	Ciri-ciri mekanikal	46
3.5	Ujian Hayat Lesu Bebanan Berkitar	47
3.6	Persekitaran Pengoperasian	50
3.6.1	Data beban turapan Belgian	50
3.6.2	Simulator jalan gandingan-pengumpar	52
3.7	Konfigurasi Beban	54
3.8	Penilaian Hayat Lesu	56
3.8.1	Hayat lesu janaan simulasi Monte Carlo	59
3.9	Pemilihan Taburan Hayat	60
3.10	Penganggaran Parameter Taburan Parametrik	61
3.11	Pencirian Hayat Taburan Parametrik	62
3.12	Fungsi Ketumpatan Kebarangkalian Taburan Hayat	72
3.13	Fungsi Taburan Kumulatif dan Keboleharapan	72
3.14	Penentusahan Taburan Hayat Ekstrem	73

3.15	Rumusan	76
BAB IV	HASIL KAJIAN DAN PENENTUSAHAN	
4.1	Pengenalan	77
4.2	Aras Tegasan dan Lengkung PSN	78
4.2	Penilaian Hayat Lesu Berdasarkan Nilai-Nilai Pembolehubah Rawak	79
4.3	Penjanaan Hayat Lesu Melalui Simulasi Monte Carlo	81
4.4	Penentuan Parameter Taburan Hayat	83
4.5	Pencirian Hayat Taburan	84
4.6	Fungsi Ketumpatan Kebarangkalian (PDF) Taburan Hayat	88
4.7	Fungsi Taburan Kumulatif (CDF) dan Penilaian Keboleharapan Taburan Hayat	90
4.8	Keperluan Kepada Taburan GEV Dalam Penilaian Keboleharapan Hayat Lesu	95
	4.8.1 Penentuan Parameter dan Ciri-Ciri Hayat Taburan	96
	4.8.2 Perbandingan Ciri Hayat Taburan GEV dengan taburan Weibull dan Lognormal	97
4.9	Fungsi Ketumpatan Kebarangkalian (PDF) Taburan GEV	99
4.10	Fungsi Taburan Kumulatif (CDF) dan Penilaian Keboleharapan Taburan GEV	100
4.11	Kesan Konfigurasi Beban Terhadap Kegagalan Lesu Komponen	104
	4.11.1 Penentuan Parameter Hayat	106
	4.11.2 Fungsi Ketumpatan Kebarangkalian (PDF) Taburan GEV Bagi Beban Hpave dan Gpave	107
	4.11.3 Hubungan Antara Parameter Taburan GEV dan Konfigurasi Beban	108
4.12	Penentusahan Kesesuaian Taburan GEV	109
	4.12.1 Penilaian Hayat Lesu	110
	4.12.2 Penentuan Parameter Taburan Weibull dan lognormal	111
	4.12.3 Pencirian Hayat Taburan	111
	4.12.4 PDF Taburan Weibull dan Lognormal	114
	4.12.5 CDF dan Penilaian Keboleharapan Taburan Weibull dan Lognormal	117
	4.12.6 Analisis Taburan GEV	121
	4.12.7 Fungsi Ketumpatan Kebarangkalian (PDF) Taburan GEV	124
	4.12.8 CDF dan Penilaian Keboleharapan Taburan GEV	127

4.13	Rumusan	132
BAB V KESIMPULAN DAN CADANGAN MASA DEPAN		
5.1	Kesimpulan	134
5.2	Sumbangan Keilmuan	137
5.3	Cadangan Kajian Lanjut	138
5.4	Penutup	139
SENARAI RUJUKAN		140
LAMPIRAN		
A	Senarai Penerbitan	152
B	Kaedah Penganggaran Parameter	154
C	Antaramuka Perisian	158
D	Data Hayat Lesu Gpave	160
E	Data Hayat Lesu Hpave	165
F	Data Hayat Lesu Gandar Puntung	170
G	Non-Disclosure Agreement	176

SENARAI JADUAL

No. Jadual		Halaman
2.1	Nilai-nilai pekali perubahan bagi bahan-bahan yang berlainan	26
2.2	Faktor-faktor bahan dan kesannya terhadap nilai-nilai pekali perubahan	26
3.1	Kandungan elemen-elemen besi tuang mulur FCD500-7	45
3.2	Ciri-ciri mekanikal besi tuang mulur FCD500-7	47
3.3	Nilai-nilai pekali perubahan mengikut jenis bahan	60
3.4	Ciri-ciri mekanikal keluli karbon sederhana JIS S48C	74
4.1	Hasil ujian hayat lesu bebanan berkitar menurut piawai JSME	78
4.2	Hasil ujian hayat lesu bebanan berkitar bagi kebarangkalian hayat min	79
4.3	Nilai pembolehubah rawak lengkung PSN dan data masukan untuk fungsi janaan Monte Carlo	81
4.4	Data hayat lesu berpandukan nilai kecerunan dan pintasan Lengkung PSN janaan simulasi Monte Carlo	82
4.5	Parameter taburan Weibull dan lognormal bagi kaedah RRX, RRY dan MLE	84
4.6	Ciri-ciri hayat taburan Weibull dan lognormal bagi RRX, RRY dan MLE	86
4.7	Perbandingan ukuran hayat boleh-nilai antara taburan Weibull dan lognormal bagi kaedah RRX, RRY dan MLE	87
4.8	(a) Keboleharapan taburan Weibull (b) Keboleharapan taburan lognormal	92
4.9	Parameter taburan GEV dan nilai MLE	95
4.10	Ciri-ciri hayat taburan GEV	96
4.11	Perbandingan ukuran hayat boleh-nilai antara taburan GEV dengan taburan Weibull dan lognormal	97
4.12	Keboleharapan taburan GEV menggunakan kaedah MLE	101
4.13	(a) Perbandingan CDF hayat tegasan antara taburan GEV	103

	dan Weibull (b) Perbandingan CDF hayat tegasan antara taburan GEV dan lognormal	
4.14	Data hayat lesu berpandukan nilai kecerunan dan pintasan Lengkung PSN janaan simulasi Monte Carlo	105
4.15	Parameter taburan GEV dan nilai MLE bagi beban Hpave dan Gpave	106
4.16	Ciri-ciri hayat taburan GEV bagi beban Hpave dan Gpave	107
4.17	Data hayat lesu berpandukan nilai kecerunan dan pintasan lengkung PSN janaan simulasi Monte Carlo	110
4.18	Parameter taburan Weibull dan lognormal	111
4.19	Ciri-ciri hayat taburan Weibull dan lognormal	113
4.20	Perbandingan ukuran hayat boleh-nilai antara taburan Weibull dan lognormal	114
4.21	Keboleharapan taburan Weibull bagi beban komponen gandar puntung dan komponen sendi buku stereng	118
4.22	Keboleharapan taburan lognormal untuk komponen gandar puntung dan sendi buku stereng	120
4.23	Parameter taburan GEV dan nilai MLE bagi gandar puntung dan sendi buku stereng	121
4.24	Ciri-ciri hayat taburan GEV bagi gandar puntung dan sendi buku stereng	121
4.25	Perbandingan ukuran hayat boleh-nilai antara taburan Weibull dan GEV bagi gandar puntung dan sendi buku stereng	122
4.26	Perbandingan ukuran hayat boleh-nilai antara taburan lognormal dan GEV bagi gandar puntung dan sendi buku stereng	123
4.27	Keboleharapan taburan GEV bagi komponen gandar puntung dan komponen sendi buku stereng	128
4.28	(a) Perbandingan CDF hayat tegasan antara taburan GEV dan Weibull (b) Perbandingan CDF hayat tegasan antara taburan GEV dan lognormal	131

SENARAI ILUSTRASI

No. Rajah		Halaman
2.1	Taburan Frechet mempunyai hujung panjang kanan (Longin 1996)	17
2.2	Lengkung S-N bagi bahan besi	22
3.1	Carta alir metodologi kajian	39
3.2	Sistem stereng dan sistem gantungan hadapan	40
3.3	(a) Komponen sendi buku stereng (b) Dimensi (mm) dan ukuran bagi komponen sendi buku stereng	41
3.4	Sistem konfigurasi sendi buku stereng	43
3.5	Lokasi sendi buku stereng pada sistemnya	43
3.6	(a) Model unsur terhingga dan lokasi tegasan kritikal (b) Model menunjukkan lokasi ikatan dan arah daya yang dikenakan ke atasnya (Perusahaan Otomobil Nasional Bhd. 2010).	44
3.7	Konfigurasi yang digunakan dalam ujian hayat lesu bebanan berkitar (Perusahaan Otomobil Nasional Bhd. 2010)	48
3.8	(a) SWIFT™ pada roda kenderaan sedang melalui permukaan turapan Belgian (b) SWIFT™ pada roda kenderaan (Perusahaan Otomobil Nasional Bhd. 2010)	50
3.9	Menunjukkan MTS 329 iaitu simulator jalan enam darjah kebebasan	52
3.10	Kaedah penyahlingkaran berlelar dalam penjanaan semula beban perkhidmatan	54
3.11	(a) Beg pasir mewakili berat penumpang (b) Beg pasir mewakili berat muatan di bahagian belakang kenderaan (Perusahaan Otomobil Nasional Bhd. 2010)	55
3.12	(a) Lokasi tolok terikan pada komponen sendi buku stereng (b) Sistem eDAQ yang digunakan untuk merekod keluaran terikan (c) Taburan terikan komponen sendi buku stereng	57
3.13	(a) Lengkung S-N dalam skala log-log (b) Lengkung PSN bagi ujian hayat lesu bebanan berkitar	58
3.14	(a) Model unsur terhingga komponen gandar puntung dan lokasi tegasan kritikal (b) Model menunjukkan arah daya yang dikenakan ke atasnya (Perusahaan Otomobil Nasional Bhd. 2010).	75

4.1	Pembolehkan kecerunan dan pintasan lengkung PSN hayat min	80
4.2	Taburan nilai-nilai hayat lesu Gpave	83
4.3	(a) PDF taburan Weibull (b) PDF taburan lognormal	89
4.4	(a) CDF taburan Weibull (b) CDF taburan lognormal	91
4.5	PDF taburan GEV	98
4.6	(a) Perbandingan PDF taburan GEV dengan taburan Weibull menggunakan kaedah RRX, RRY dan MLE (b) Perbandingan PDF hayat tegasan antara taburan GEV dan lognormal RRX, RRY dan MLE	99
4.7	CDF taburan GEV	101
4.8	(a) Perbandingan CDF hayat tegasan antara taburan GEV dan Weibull (b) Perbandingan CDF hayat tegasan antara taburan GEV dan lognormal	102
4.9	(a) Taburan nilai-nilai hayat lesu Hpave Taburan nilai-nilai hayat lesu Gpave	106
4.10	(a) PDF taburan GEV bebanan Hpave (b) PDF untuk taburan GEV bebanan Gpave	108
4.11	(a) PDF taburan Weibull komponen gandar puntung (b) PDF taburan Weibull komponen sendi buku stereng	115
4.12	(a) PDF taburan lognormal gandar puntung (b) PDF taburan lognormal sendi buku stereng	116
4.13	(a) CDF untuk taburan Weibull komponen gandar puntung (b) CDF untuk taburan Weibull komponen sendi buku stereng	117
4.14	(a) CDF taburan lognormal komponen gandar puntung (b) CDF taburan lognormal komponen sendi buku stereng	119
4.15	(a) PDF taburan GEV gandar puntung (b) PDF untuk taburan GEV sendi buku stereng	124
4.16	(a) PDF taburan GEV dan Weibull gandar puntung (b) PDF taburan GEV dan Weibull sendi buku stereng	125
4.17	(a) PDF taburan GEV dan lognormal gandar puntung (b) PDF taburan GEV dan lognormal sendi buku stereng	126
4.18	(a) CDF taburan GEV gandar puntung (b) CDF taburan GEV sendi buku stereng	127

4.19	(a) CDF taburan GEV dan Weibull komponen gandar Puntung (b) CDF taburan GEV dan Weibull komponen sendi buku stereng	129
4.20	(a) CDF komponen gandar puntung taburan GEV dan lognormal (b) CDF komponen sendi buku stereng taburan GEV dan lognormal	130

SENARAI SIMBOL

BDM	berat dengan muatan
CDF	fungsi taburan kumulatif
CW	berat tanpa muatan
eDAQ	pemerolehan data elektronik
$F(T)$	fungsi taburan kumulatif
GEV	nilai eskترم teritlak
Gpave	beban perkhidmatan muatan penuh
GVW	kenderaan bermuatan penuh
Hpave	beban perkhidmatan setengah muatan
HW	kenderaan bawa setengah muatan
MLE	penganggaran kebolehjadian maksimum
PEN	hayat terikan berkebarangkalian
PDF	fungsi ketumpatan kebarangkalian
PSN	hayat tegasan berkebarangkalian
RLDA	pemerolehan data beban jalan
RRX	regresi pangkat ke atas X
RRY	regresi pangkat ke atas Y
$R(T)$	fungsi keboleharapan
SN	hayat-tegasan nominal
SWIFT	transduser daya bersepadu pusingan roda
\bar{T}	min
\check{T}	median
\tilde{T}	mod
T'	ln T di mana T ialah kitar-kepada-kegagalan
\bar{T}'	min bagi log kitar-kepada-kegagalan ln T

σ_T'	sisihan piawai bagi log kitar-kepada-kegagalan $\ln T$
σ_T	sisihan piawai
εN	hayat-terikan tempatan
η	parameter skala taburan Weibull
β	parameter bentuk taburan Weibull
μ	parameter lokasi taburan GEV
σ	parameter skala taburan GEV
ξ	parameter bentuk taburan GEV

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 PENGENALAN

Sektor automotif adalah antara industri yang mengalami pembangunan yang pesat dari segi reka bentuk dan inovasinya. Pelbagai jenama kenderaan penumpang memasuki pasaran dan masing-masing mempunyai pendekatan yang tersendiri bersaing bagi meningkatkan penawaran kenderaan kepada para pembelinya. Oleh yang demikian, pengeluar kenderaan terpaksa berusaha dengan lebih gigih untuk mengeluarkan kenderaan yang bermutu tinggi dan menarik berbanding dengan pesaing terdekat mereka (Andreas et al. 2004). Usaha ini amat penting untuk mengekalkan daya saing dalam sektor ini. Dalam pada itu beberapa langkah telah diambil oleh pengeluar kenderaan antaranya ialah dengan menawarkan kenderaan yang berkualiti dan berkeboleharapan tinggi pada harga yang berpatutan. Sehubungan dengan itu kenderaan yang berkualiti ini semestinya dihasilkan dari proses pengeluaran yang terkawal dan mengikut piawai yang ditetapkan oleh pengurusan kualiti (Zakuan et al. 2007). Komponen-komponen kenderaan tersebut pula perlu melepasi beberapa ujian tertentu yang dapat menjamin keboleharapannya semasa ianya beroperasi kelak. Semua rungutan atau aduan ke atas setiap bahagian komponen kenderaan diambil kira sebagai cabaran untuk penambahbaikan.

Kualiti produk yang baik adalah prasyarat kepada produk yang berkeboleharapan tinggi. Seperti mana kualiti produk, keboleharapan produk juga adalah fokus utama kepada kepuasan pelanggan (Escobar 2006). Keboleharapan produk ditakrifkan sebagai kebarangkalian sesuatu komponen atau sistem melaksanakan fungsi yang diperlukan untuk satu jangkamasa tertentu dan beroperasi di bawah keadaan yang telah ditetapkan (Ebeling 1997). Oleh yang demikian adalah

sangat penting bagi para pengeluar kenderaan memastikan keluaran mereka mempunyai ciri-ciri yang dapat menjamin keboleharapan tersebut. Justeru semua faktor yang boleh memberi kesan negatif terhadap analisis keboleharapan yang terdapat samada dalam proses reka bentuk atau dalam proses pembuatan perlu dikenal pasti dan diabaikan. Langkah-langkah seperti ini memerlukan kerjasama yang menyeluruh dari semua peringkat di bahagian pengeluaran kenderaan berkenaan.

1.2 KAJIAN KEBOLEHARAPAN UNTUK KES KEGAGALAN LESU

Keboleharapan sesuatu komponen adalah berkait rapat dengan dengan kegagalannya untuk berfungsi secara normal. Kegagalan sesuatu komponen mekanikal selalu dikaitkan dengan kegagalan yang disebabkan oleh hayat lesu. Hayat lesu sesuatu komponen pula dipengaruhi oleh pelbagai faktor termasuk spesifikasi bahan, persekitaran pengoperasian dan pengujian, kaedah pembuatan dan geometri komponen (Stephen et al. 2001). Mekanisma kegagalan yang menyebabkan terjadinya kegagalan komponen adalah tegasan melampau, kepatahan, kelesuan dan lain-lain. Oleh kerana lesu adalah parameter yang paling penting perlu dikawal yang berkait dengan hayat komponen maka hubungan di antara hayat lesu dengan keboleharapan di bawah keadaan operasi tertentu mesti dibentuk untuk menilai keboleharapan komponen (Tang & Zhao 1995). Tegasan melampau pula boleh menyumbang kepada kegagalan hayat lesu komponen mekanikal kenderaan yang terhasil dari daya-daya luaran yang bertindak ke atas komponen kenderaan berkenaan semasa ia sedang beroperasi.

Daya-daya yang bertindak ke atas struktur komponen kenderaan semasa hayatnya adalah berbeza-beza di mana secara keseluruhannya komponen kenderaan berkenaan menerima bukan sahaja daya kitaran biasa tetapi juga daya-daya rawak yang berlainan skala. Daya-daya rawak yang disebabkan oleh peristiwa seperti ini kadang kala berskala besar yang boleh menyebabkan berlakunya keretakan dan kepatahan pada komponen-komponen yang berkaitan. Peristiwa seperti ini boleh berlaku seperti pada situasi apabila kenderaan berkenaan terlanggar lubang yang dalam di atas jalan raya atau terlanggar sesuatu objek yang besar yang boleh menyebabkan komponen kenderaan tersebut rosak teruk dan gagal berfungsi. Jerald & Hebert (2004) menyatakan bahawa empat orang pemandu membuat laporan yang mengaitkan kemalangan dialami mereka dengan kegagalan sendi buku stereng yang

menyebabkan rodanya berpusing ke tepi. Semua berkata bahawa mereka hilang kawalan, termasuk seorang yang memandu H2 yang terbabas ke haluan yang bertentangan dan terjunam ke dalam parit di seberang jalan. Tiga dari kes tersebut melibatkan roda kenderaan tertanggal.

Secara umumnya beban ekstrem atau daya hentakan luar biasa ini boleh menyebabkan kerosakan yang teruk pada komponen kenderaan dan memberikan kesan yang besar terhadap penentuan bagi kerosakan lesu (Wannenburg 2007). Oleh yang demikian beban-beban ekstrem ini perlu diambil kira dalam sebarang proses simulasi. Peristiwa seperti ini jarang berlaku jika dibandingkan gegaran biasa atau daya-daya rawak yang dialami sepanjang pemanduan sesebuah kenderaan namun ianya tidak boleh diabaikan sama sekali kerana ia juga boleh menyumbang kepada kegagalan sesebuah komponen. Ini secara tidak langsung memberi kesan kepada kebolehharapan komponen berkenaan. Di sini analisis terhadap kebolehharapan komponen boleh dikaitkan dengan teori nilai ekstrem di mana teori ini boleh digunakan untuk memodel dan mengukur peristiwa yang berlaku dengan kebarangkalian yang sangat kecil (Claudia & Isabel 2008).

Dalam kebanyakan cabang bidang aplikasi, pembabitan nilai ekstrem bagi sesuatu proses adalah sangat penting. Bencana alam yang besar, kegagalan struktur kejuruteraan, terputus bekalan kuasa elektrik, kunci grid trafik, penyakit berjangkit dan sebagainya mempamerkan ciri-ciri nilai ekstrem tersebut. Oleh yang demikian perhatian yang penuh dan usaha yang berterusan amat diperlukan dalam komuniti akademik, agensi kerajaan dan di dalam industri yang sensitif atau yang berkait secara langsung dengan risiko akibat dari peristiwa ekstrem ini supaya mereka dapat memahami, menilai, mengurangkan peristiwa ekstrem ini dan kalau boleh dapat meramal bila peristiwa-peristiwa seperti ini akan berlaku lagi (Salzano 2008). Analisis ramalan yang dilakukan dapat membantu pihak yang bertanggungjawab untuk memberi peringatan yang berkaitan dengan peristiwa ekstrem ini. Dalam bidang pengeluaran kenderaan pula penganggaran terhadap kegagalan hayat lesu bebanan ekstrem ini dapat membantu dari segi penambahbaikan rekabentuk komponen seperti mereka bentuk komponen yang dapat menyerap beban-beban luaran yang ekstrem dengan baik seterusnya melambatkan proses kegagalan hayat lesu.

Selain dari menerima daya-daya rawak akibat dari keadaan pemanduan, jalan dan persekitaran, ketahanan komponen-komponen kenderaan juga dipengaruhi oleh beban muatan yang dibawa bersamanya seperti dibincangkan oleh Nor Fazlina & Badrul Kamal (2011). Beban muatan ini sentiasa berubah-ubah bergantung kepada pengguna kenderaan di mana ada kalanya ia dinaiki oleh seorang sahaja iaitu pemandunya sahaja dan ada kalanya sehingga lima orang yang sudah tentunya boleh memberi kesan yang berbeza terhadap kawalan pemanduannya. Begitu juga dengan barang muatan yang dibawa oleh kenderaan yang berbeza-beza beratnya juga boleh mempengaruhi prestasi dan hayat kenderaan berkenaan. Kenderaan yang lebih muatan boleh mengundang bahaya kepada pengguna jalan raya. Semua kenderaan direka bentuk dan dibuat bersesuaian dengan tahap-tahap tegasan tertentu dan jika melebihi tahap tegasan berkenaan maka ia boleh menyebabkan kegagalan mengejut pada komponen-komponen utama seperti brek, roda, sistem gantungan dan juga stereng (NHTSA Summary Report, 1997). Oleh itu adalah penting untuk menganalisis prestasi komponen-komponen yang terlibat dengan mengambil kira beban muatan yang dibawa oleh sesebuah kenderaan. Dalam kajian ini beban perkhidmatan yang digunakan adalah beban bagi kenderaan yang bermuatan penuh yang dipanggil berat dengan muatan (*Gross Vehicle Weight*) GVW.

Kajian ini menggunakan komponen yang dikeluarkan secara massa untuk mendapatkan tahap kualiti yang sebenar dalam industri. Dalam industri pembuatan massa ini keserakan hayat lesu berpunca daripada ketidakseragaman kualiti bahan, kaedah pembuatan dan pengujian serta kelusuhan peralatan pembuatan (Devlukia et al. 1997; Schijve 2005). Dalam industri pembuatan kenderaan, kehadiran variasi dalam ciri-ciri fizikal dan dalam proses pembuatan seperti ini merupakan suatu isu yang perlu ditangani untuk meningkatkan kebolehharapan produk. Kajian terhadap industri pembuatan automotif bagi komponen-komponen mekanikal yang dikeluarkan secara massa mendapati bahawa keserakan besar terjadi pada hayat lesunya walaupun kesemuanya dibuat mengikut spesifikasi yang sama (Devlukia et al. 1997). Antara punca peristiwa ini terjadi adalah disebabkan oleh kelusuhan acuan tempaan, bentuk pemesinan, ciri-ciri permukaan dan kepelbagaian bahan (Lipp 1970). Menurut Bertsche (2008), penentuan hayat merupakan asas utama di dalam penilaian kebolehharapan kuantitatif bagi komponen-komponen mekanikal. Bagi tujuan ini penilaian kekuatan lesu dan kaitannya dengan nilai-nilai hayat merupakan unsur

utama di dalam pengiraan hayat. Walau bagaimana pun dalam konteks pembuatan massa, Schijve (2005) berpendapat bahawa komponen-komponen adalah tertakluk kepada keserakan hayat lesu yang berpunca daripada kepelbagaian bahan dan pembuatan.

Terdapat kajian yang telah dilakukan terhadap komponen mekanikal yang menunjukkan bahawa keserakan hayat lesu komponen yang disebabkan oleh faktor-faktor fizik semulajadi bahan menepati taburan-taburan normal, lognormal dan Weibull (Booker et al. 2001; Jang & Kim 2000; Schijve 2005; Stephen et al. 2001). Sebenarnya, kajian yang dilakukan terhadap produk mekanikal amatlah kurang bagi mendapatkan anggaran keboleharapan yang tepat kerana bilangan sampel yang terhad, mekanisma kegagalan yang pelbagai dan sukar untuk melaksanakan ujian (Ouahiba et al. 2003). Menurut Walpole et al. (2012) pendekatan yang sering digunakan dalam penilaian kebarangkalian data-data yang rawak atau stokastik adalah kaedah analisis statistik. Oleh yang demikian amatlah penting bagi pengeluar produk untuk mengawal spesifikasi proses dengan menggunakan kaedah statistik supaya spesifikasi proses yang ditetapkan dapat diikuti (Meeker & Escobar 2004). Kaedah ini seterusnya digunakan bagi memadankan data-data stokastik kepada suatu taburan kebarangkalian yang menggambarkan sebaran nilai-nilai rawak bagi suatu populasi data.

Penilaian ketahanan produk bagi komponen mekanikal yang dihasilkan dari sistem pembuatan adalah berkait dengan penerbitan lengkung-lengkung hayat tegasan S-N atau hayat terikan ϵ -N yang berasaskan pada nilai-nilai min hasil ujian hayat lesu bebanan berkisar (Stephens et al. 2001). Melalui pendekatan ini hayat min sesuatu komponen iaitu kitar-kepada-kegagalan telah dihubungkan kepada tegasan yang dikenakan. Aplikasi pelbagai sampel dalam pengujian serta pengaruh keserakan hayat telah menyebabkan terhasilnya sisihan piawai. Pelbagai nilai hayat telah terhasil dari ujian tegasan atau terikan yang sama kerana wujudnya sisihan piawai yang terhasil dari pengaruh keserakan hayat dari penggunaan beberapa sampel yang berlainan (Zheng & Wei 2005; Schijve 2005). Bagi komponen yang dihasilkan secara pembuatan massa pula, sukar untuk dipastikan bahawa parameter setiap bahan yang digunakan telah menghampiri nilai-nilai min yang digunakan sebagai teras dalam penghasilan lengkung-lengkung S-N atau ϵ -N. Jadi adalah penting bagi menilai

kebolehharapan hayat lesu produk yang diperolehi dari aplikasi lengkung-lengkung S-N dan ϵ -N (Nam & Lee 2005).

Kaedah kebarangkalian seperti kaedah simulasi Monte Carlo juga sering digunakan untuk menilai kebolehharapan hayat lesu (Sudret 2012; Yoon & Zhang 2009). Ia juga boleh digunakan untuk mengatasi kesukaran dalam membangunkan model untuk menilai taburan kebarangkalian dengan menjana nilai-nilai pembolehubah rawak (Jun et al. 2008). Perkembangan maju dalam industri komputer telah memberi kesan yang positif terhadap penggunaan kaedah Monte Carlo sebagai kaedah simulasi berangka semesta di mana ianya dapat menyediakan satu penghampiran kepada jawapan dengan lebih cepat dan tepat. Simulasi Monte Carlo juga lebih mudah untuk difahami dan digunakan untuk menyelesaikan masalah yang berkaitan (Hovey et al. 1991). Menurut Liu dan Mahadevan (2004) hayat-hayat lesu yang dijana oleh simulasi Monte Carlo berkenaan boleh diplot dan dipadankan dengan satu taburan kebarangkalian. Setelah taburan padanan terbaik diperolehi, maka mudah untuk mengira kebarangkalian pada bilangan kitaran beban yang berbeza.

Satu rangkaian kaedah yang lengkap adalah perlu pada peringkat awal reka bentuk untuk menilai hayat lesu komponen dengan menggunakan data-data janaan semula Monte Carlo dan mempelbagaikan kesesuaian data hayat lesu untuk melihat corak kegagalan komponen menerusi taburan yang berbeza. Terdapat beberapa taburan hayat yang biasa digunakan untuk menganalisis kegagalan hayat lesu sesuatu komponen seperti taburan lognormal dan taburan Weibull. Namun begitu dalam kajian ini taburan hayat padanan terbaik akan diperkenalkan untuk menganalisis dan menangani masalah-masalah yang berkaitan dengan kegagalan rawak yang merangkumi peristiwa nilai ekstrem yang terjadi ke atas komponen kenderaan yang berlaku semasa hayat operasiannya. Oleh yang demikian penilaian kebolehharapan hayat lesu bebanan ekstrem menggunakan taburan hayat padanan terbaik ini diharapkan dapat menyelesaikan masalah yang berkenaan.

1.3 PEMASALAH KAJIAN

Peningkatan kualiti terhadap sesuatu produk sangat penting dan merupakan satu cabaran bagi memastikan produk yang dikeluarkan sentiasa terkehadapan berbanding

pesaing yang lain. Sehubungan itu pengeluar-pengeluar produk perlu melihat keseluruhan sistem pengeluaran dan mencari kekurangan yang boleh diperbaiki dan ditingkatkan untuk menghasilkan produk yang lebih bermutu dan berkeboleharapan tinggi. Dalam kajian ini, keboleharapan komponen adalah berkait dengan kegagalan hayat lesu yang dipengaruhi oleh pelbagai unsur luaran termasuk beban ekstrem yang boleh menyumbang kepada kegagalan komponen berkenaan.

Kegagalan komponen yang disebabkan hayat lesu bebanan ekstrem ini boleh menjejaskan kualiti dan keboleharapan keseluruhan kelompok komponen berkenaan. Dalam kajian keboleharapan komponen data-data kegagalannya perlu dianalisis dengan teliti justeru satu taburan padanan yang terbaik perlu diperkenalkan untuk menangani kegagalan hayat lesu bebanan ekstrem ini. Penilaian keboleharapan menggunakan analisis statistik melibatkan penggunaan taburan hayat padanan terbaik dengan ciri-ciri data kegagalan hayat ekstrem. Menurut Suresh & Nam (2007), taburan hayat sedia ada tidak mampu menganalisis keboleharapan komponen dengan sempurna kerana mempunyai ciri-ciri hayat yang kurang sepadan. Oleh yang demikian pencirian data berasaskan taburan hayat padanan terbaik perlu dikaji.

Seterusnya suatu hubungan antara kegagalan hayat ekstrem dan konfigurasi beban perlu dibangunkan melalui taburan hayat padanan terbaik. Parameter-parameter taburan hayat ini perlu dikaji perkaitannya dengan konfigurasi beban supaya ramalan keboleharapan komponen dapat dilakukan ke atas berat muatan yang berlainan tanpa menjalankan ujikaji fizikal. Seperti sedia maklum sesuatu ujikaji yang berkait dengan peningkatan mutu sesuatu komponen automotif melibatkan perbelanjaan yang besar yang merangkumi pembelian peralatan dan sampel ujikaji. Selain itu, setiap ujikaji keboleharapan komponen yang dilakukan biasanya mengambil masa yang agak lama untuk mendapatkan hasilnya. Oleh yang demikian, adalah penting untuk mengenal pasti setiap idea dan pendekatan yang dapat menyelesaikan masalah-masalah berkenaan.

Akhir sekali kesesuaian taburan hayat padanan terbaik perlu ditentusahkan bagi memastikan penilaian yang dilakukan menerusi taburan ini adalah betul dan tepat. Analisis penentusahan dilakukan dengan menggunakan komponen yang berbeza iaitu komponen gandar puntung untuk mengesahkan bahawa penggunaan dan

kesesuaian taburan ini tidak unik untuk sejenis komponen mekanikal sahaja iaitu komponen sendi buku stereng malah taburan ini juga sesuai juga digunakan untuk menganalisis data hayat lesu bebanan ekstrem bagi komponen mekanikal yang berbeza.

1.4 OBJEKTIF KAJIAN

Objektif kajian ini dapat diperincikan seperti berikut:

1. Mengkaji taburan hayat padanan terbaik yang boleh menganalisis kegagalan hayat lesu bebanan ekstrem dalam domain mekanikal dengan lebih baik.
2. Membangunkan suatu kaedah yang berupaya meramalkan hubungan antara konfigurasi beban perkhidmatan dan bentuk taburan kegagalan hayat lesu komponen.
3. Menentukan taburan hayat padanan terbaik boleh digunakan untuk menganalisis kegagalan hayat ekstrem dalam domain mekanikal dengan menggunakan data dari komponen yang berlainan.

1.5 SKOP KAJIAN

Kajian ini menjurus kepada penentuan taburan hayat padanan terbaik untuk menganalisis kegagalan hayat lesu bebanan ekstrem yang terhasil sepanjang tempoh perkhidmatannya. Dalam pada itu, bahan bagi komponen sendi buku stereng yang digunakan sebagai sampel adalah dari jenis besi tuangan grafit sferoid FCD500-7. Dalam kajian ini, data kegagalan hayat komponen sendi buku stereng diperolehi dari ujian hayat lesu bebanan berkitar. Kegagalan hayat lesu bersama bebanan ekstrem ini dianalisis menggunakan pendekatan taburan hayat seperti taburan Weibull, taburan lognormal dan taburan hayat padanan terbaik yang akan diperkenalkan. Kesesuaian taburan hayat tersebut dapat dinilai melalui kaedah regresi pangkat, fungsi ketumpatan kebarangkalian, melalui fungsi taburan kumulatif dan juga melalui nilai keboleharapan yang diperolehi. Dalam kajian ini juga, bentuk taburan kegagalan hayat lesu komponen akan cuba dikaitkan dengan konfigurasi beban kenderaan untuk melihat sebarang hubungan yang wujud. Akhir sekali, penentusahan kajian dilakukan dengan membandingkan hasil kajian yang diperolehi dengan menggunakan komponen