

PENGANGGARAN DALAM ANALISIS KEUPAYAAN TENAGA KUASA HIDRO MENGGUNAKAN
KAEDAH MONTE CARLO

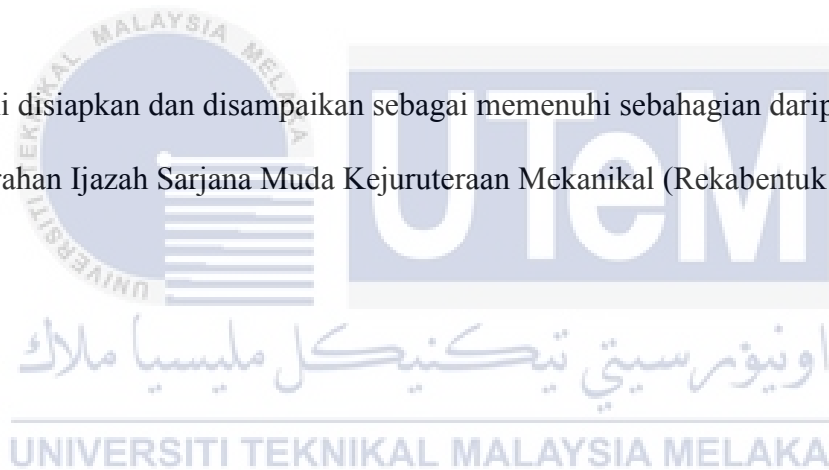


UNIVERSITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA

PENGANGGARAN DALAM ANALISIS KEUPAYAAN TENAGA KUASA HIDRO
MENGUNAKAN KAEDAH MONTE CARLO

MUHAMAD AZIM BIN ZAIDI

Laporan ini disiapkan dan disampaikan sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat
penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Rekabentuk & Inovasi)



Fakulti Kejuruteraan Mekanikal

Universiti Teknikal Malaysia Melaka

Mei 2017

DEKLARASI PEMANTAU

Saya telah menyemak laporan ini dan seterusnya laporan ini perlu dihantar kepada JK-PSM
untuk diberikan semula kepada pemantau dan pemeriksa kedua.

	Tandatangan	:	
	Nama Pemantau	:	
	Tarikh	:	

اونيورسيتي تيكنيكل مليسيا ملاك
UNIVERSITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA

“Saya mengaku bahawa laporan ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali ringkasan dan petikan yang telah saya nyatakan sumber untuk setiap daripada mereka.”



Teristimewa untuk mak, Badrunnisha binti Ayoob dan abah, Zaidi bin Abu Bakar tercinta



PENGHARGAAN

Bismillahirrahmanirrahim....

Alhamdulillah, bersyukur ke atas Illahi dengan limpah dan kurniaNya, serta nikmat masa dan nyawa yang dianugerahkan kepada penulis, dapat juga penulis menyiapkan tugas ini dengan jayanya.

Penulis berhasrat untuk merakamkan ribuan penghargaan yang ikhlas kepada penyelia, Dr. Mohd Asri bin Yusuff di atas sokongan yang sangat mengagumkan dan banyak memberi galakan serta dorongan dan nasihat serta cadangan dalam menyiapkan Projek Sarjana Muda (PSM).

Tidak lupa juga kepada mak abah yang banyak memberi kata-kata sokongan dan moral kepada penulis untuk terus berinspirasi menghabiskan projek ini.

Ucapan penghargaan ini juga ditujukan kepada rakan-rakan yang banyak membantu dalam memudahkan urusan untuk menghabiskan projek sarjana muda ini. Terima kasih kepada mereka yang terlibat secara langsung atau tidak langsung dalam menjayakan projek ini.

Akhir sekali, penulis berharap projek ini akan menjadi garis panduan dan rujukan kepada pelajar yang akan datang.

ABSTRAK

Banyak kajian telah dijalankan ke atas sistem tenaga kuasa hidro kecil berdasarkan skim 'run-of-river' sebagai alternatif tenaga yang boleh diperbaharui. Sistem tenaga kuasa hidro kecil boleh dikelaskan berdasarkan tenaga elektrik yang dapat dijana di antara 1 MW sehingga 10 MW. Sistem ini biasanya diguna pakai di kawasan luar bandar untuk menyediakan permintaan tenaga elektrik oleh pengguna. Pada dasarnya, kebanyakan kajian setakat ini lebih memfokuskan kepada sistem tenaga kuasa hidro besar berbanding teknologi sistem tenaga kuasa hidro berskala kecil. Oleh itu, kajian ini adalah bertujuan untuk memberi tumpuan dalam meramalkan tenaga kuasa hidro yang dapat dijana oleh Sistem Tenaga Kuasa Hidro Kecil dengan menggunakan kaedah Simulasi Sistem Monte Carlo khususnya untuk aliran air sungai di kawasan Sungai Perting, Bentong, Pahang. Kadar alir air diukur dengan menggunakan Laser Flow™ sensor halaju dalam saluran terbuka dengan teknologi bukan-sentuh Laser Halaju Doppler dan bukan sentuh Ultrasonik dari jauh yang terletak di bahagian pengambilan air di Rumah Pam. Kadar aliran air sangat penting dalam meramalkan keluaran tenaga kuasa hidro. Hasil menunjukkan, keluaran kuasa tenaga hidro bergantung kepada turun naik kadar alir air dan tenaga elektrik yang dapat dihasilkan adalah lebih daripada 1 MW. Penemuan ini boleh digunakan sebagai penanda aras untuk mengkaji dengan lebih mendalam tentang keboleharapan sistem tenaga kuasa hidro kecil.

KANDUNGAN

BAB	KANDUNGAN	MUKA SURAT
	DEKLARASI PEMANTAU	i
	PENGAKUAN	ii
	DEDIKASI	iii
	PENGHARGAAN	iv
	ABSTRAK	v
	ISI KANDUNGAN	vi
	SENARAI RAJAH	x
	SENARAI JADUAL	xiv
	SENARAI GRAF	xv
	SENARAI SINGKATAN	xvi
	SENARAI SIMBOL	xvii
	SENARAI LAMPIRAN	xviii

BAB	KANDUNGAN	MUKA SURAT
BAB 1	PENGENALAN	1
	1.1 Latar Belakang	1
	1.1.1 Sistem Taburan Monte Carlo	1
	1.1.2 Keboleharapan	3
	1.1.3 Ketersediaan	3
	1.1.4 Ketersediaan dan Keboleharapan	4
	1.1.5 Sistem Tenaga Hidro Kecil	5
	1.2 Penyataan Masalah	6
	1.3 Objektif	7
	1.4 Skop Projek	7
BAB 2	KAJIAN LITERASI	8
	2.1 Sistem Tenaga Kuasa Hidro	9
	2.1.2 Ciri-ciri Tenaga Kuasa Hidro Kecil	14
	2.2 Analisis Kebolehpercayaan	16
	2.2.1 Taburan Sepanjang Hayat	17
	2.2.2 Taburan Weibull	17
	2.2.3 Taburan Lognormal	18
	2.2.4 Taburan Normal	18
	2.2.5 Sistem Taburan Monte Carlo	19

BAB	KANDUNGAN	MUKA SURAT
BAB 3	METODOLOGI	20
	3.1 Pengenalan	20
	3.2 Kaedah Pengumpulan Data	22
	3.2.1 Persediaan Umum Eksperimen	22
	3.2.2 Rumah Pam dan Rumah Kuasa	25
	3.3 Perisian Simulasi Sistem Taburan Monte Carlo	28
	3.3.1 Perisian ReliaSoft Weibull ++7	28
	3.3.2 Fungsi Ketumpatan Kebarangkalian	30
	3.3.3 Kajian Simulasi Taburan Monte Carlo terhadap Taburan Weibull	30
BAB 4	DATA DAN KEPUTUSAN	32
	4.1 Data Kadar Alir Air	32
	4.1.1 Graf Pola Kadar Alir	33
	4.1.2 Jumlah Kadar Alir Air Selama Sebulan & Purata Kadar Alir Serta Tenaga Kuasa Hidro pada Bulan Mei 2016	34

BAB	KANDUNGAN	MUKA SURAT
BAB 4		
	4.2 Penjanaan Simulasi Sistem Monte Carlo terhadap	
	Kadar Alir Air	35
	4.2.1 Graf Ramalan Kadar Alir Air dan	
	Tenaga Kuasa Hidro	36
	4.3 Iklim di Sungai Perring, Bentong, Pahang	38
	4.4 Penjanaan Simulasi Monte Carlo melalui	
	Kaedah Taburan Weibull dan Taburan Normal	41
BAB 5	KESIMPULAN DAN CADANGAN	49
	5.1 Pengenalan	49
	5.2 Kesimpulan	50
	5.3 Cadangan	52
	RUJUKAN	53
	LAMPIRAN	56

SENARAI RAJAH

NO.	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Sistem Sungai Aliran-Terus	10
2.2	Sistem Tenaga Kuasa Hidro Simpanan	11
2.3	Sistem Tenaga Kuasa Simpanan-di-Pam	12
2.4	Sistem Tenaga Kuasa Luar Pesisir	13
3.1	Carta Alir Metodologi	21
3.2	Meter Aliran Signature	22
3.3	Laser Flow Sensor Halaju Bukan-Sentuh	23
3.4	Sambungan Meter Aliran Signature Dan Pilihan Penyambungan Antara Peranti	24
3.5	Lokasi Pemasangan Laser Flow Sensor Halaju Bukan-Sentuh Dan Meter Aliran Signature di Atas Bukit di Sungai Perting	25
3.6	Laser Flow Sensor Halaju Bukan-Sentuh Telah Siap Dipasang	26

3.7	2 Nos Berkuasa 2.1 MW Turgo Turbin Yang Dipasang di Rumah Kuasa	27
3.8	Antara Muka Perisian ReliaSoft Weibull++7 Versi 7	29
4.1	Carta Kadar Alir Air Selama Sebulan Pada Bulan Mei	33
4.2	Ramalan Kadar Alir Sebanyak 365 Kali	36
4.3	Jumlah Ramalan Tenaga Hidro Elektrik Sebanyak 365 Kali	37
4.4	Graf Iklim (Suhu Melawan Taburan Hujan Dan Bulan) di Kawasan Bentong	38
4.5	Jadual Iklim di Bentong Selama 12 Bulan	39
4.6	Graf Taburan Weibull (a) dan Taburan Normal (b) yang menggunakan Data Kadar Alir Air yang dihasilkan Melalui Simulasi Monte Carlo dengan Kaedah Fungsi Ketumpatan Kebarangkalian dalam Perisian Weibull ++7	42
4.7	Graf Taburan Weibull (a) dan Taburan Normal (b) yang dihasilkan melalui data simulasi Monte Carlo untuk Tenaga Kuasa Hidro dengan Kaedah Fungsi Ketumpatan Kebarangkalian dengan menggunakan Perisian Weibull++7	46

6.1	Hasil Jumlah Keseluruhan Kadar Alir Air melalui simulasi yang dilakukan dalam Microsoft Excel	56
6.2	Formula Kuasa yang dimasukkan kedalam Microsoft Excel untuk mengira jumlah kuasa bagi setiap kadar alir	57
6.3	Perisian ReliaSoft Weibull++7 yang digunakan untuk simulasi Monte Carlo menghasilkan data rawak kadar alir dan tenaga kuasa hidro sebanyak 365 kali seterusnya taburan Weibull dan taburan Normal digunakan untuk menghasilkan graf fungsi ketumpatan keberangkalian untuk mencari ketersediaan tenaga kuasa hidro.	70
6.4	Data kadar aliran air yang dihasilkan daripada simulasi Monte Carlo sebanyak 365 dimasukkan ke dalam ruangan data sebelum menghasilkan graf taburan Weibull melalui kaedah fungsi ketumpatan keberangkalian	71
6.5	Graf Taburan Weibull yang mewakili tenaga kuasa hidro dalam kaedah fungsi ketumpatan keberangkalian yang dihasilkan melalui simulasi perisian Reliasoft Weibull++7 selepas data rawak yang dihasilkan daripada simulasi Monte Carlo.	72

6.6	Data kadar aliran air sebanyak 365 dimasukkan ke dalam ruangan data untuk menghasilkan graf Taburan Normal melalui kaedah fungsi ketumpatan keberangalian	73
6.7	Graf Taburan Normal yang mewakili kadar aliran air dihasilkan melalui simulasi perisian ReliaSoft Weibull ++7	74



SENARAI JADUAL

NO.	TAJUK	MUKA SURAT
4.1	Kadar Alir air di Rumah Pam selama sebulan	32
4.2	Parameter Taburan Weibull dan Normal untuk Kadar Alir Air	44
4.3	Parameter Taburan Weibull dan Normal untuk	47
	Tenaga Kuasa Hidro	
6.1	Hasil ramalan Tenaga Kuasa yang dikira melalui Microsoft Excel	69

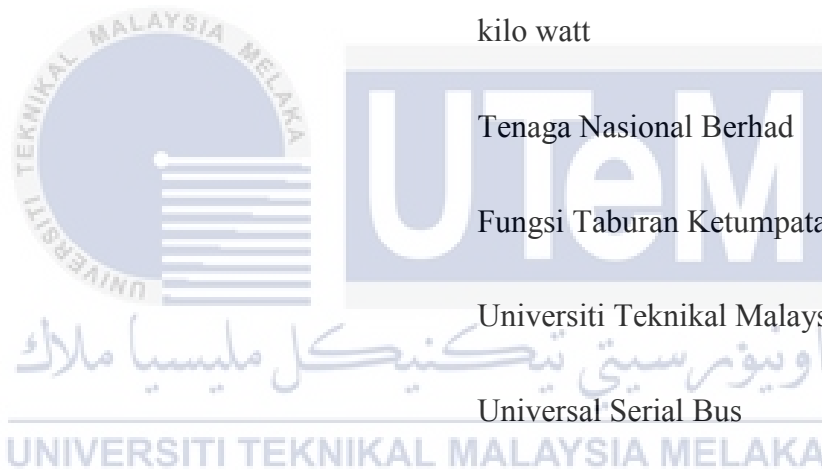


SENARAI GRAF

NO.	TAJUK	MUKA SURAT
4.4	Graf Iklim (Suhu melawan Taburan Hujan dan Bulan) di kawasan Bentong	39
4.6	Graf Taburan Weibull (a) dan Taburan Normal (b) yang menggunakan data kadar alir air yang dihasilkan melalui simulasi Monte Carlo dengan kaedah fungsi ketumpatan keberangkalian dalam perisian Weibull++7.	42
4.7	Graf Taburan Weibull (a) dan Taburan Normal (b) yang dihasilkan melalui data simulasi Monte Carlo untuk Tenaga Kuasa Hidro dengan kaedah fungsi ketumpatan kebarangkalian dengan menggunakan perisian Weibull ++7.	46

SENARAI SINGKATAN

CDF (Cumulative Distribution Function)	Fungsi Taburan Terkumpul
LOLE	Kehilangan Beban Jangkaan
MW	Mega watt
kW	kilo watt
TNB	Tenaga Nasional Berhad
PDF	Fungsi Taburan Ketumpatan
UTeM	Universiti Teknikal Malaysia Melaka
USB	Universal Serial Bus
UniKL	Universiti Kuala Lumpur
mm	milimeter



SENARAI SIMBOL

t	=	tempoh masa yang ditetapkan yang melibatkan keadaan operasi
T	=	pembolehubah rawak bukan negatif yang menandakan masa kegagalan
$f(t)$	=	fungsi ketumpatan keberangkalian (PDF) bagi kegagalan masa T
$R(t)$	=	pelengkap fungsi taburan terkumpul (Cumulative Distribution Function)
α	=	parameter skala
β	=	parameter bentuk yang menentukan bentuk taburan
τ	=	parameter lokasi
μ	=	min taburan log normal dan normal
σ	=	sisihan piawai bagi taburan lognormal dan normal

SENARAI LAMPIRAN

NO.	TAJUK	MUKA SURAT
Lampiran A	Contoh pengiraan jumlah keseluruhan kadar alir selama sebulan melalui Microsoft Excel	57
Lampiran B	Contoh pengiraan Tenaga Kuasa Hidro yang diramal melalui Microsoft Excel	58
Lampiran C	Jadual Kadar Alir dan Tenaga Kuasa Hidro	59
Lampiran D1	Perisian Weibull++7	70
Lampiran D2	Data Kadar Aliran air hasil daripada Simulasi Monte Carlo	71
Lampiran D3	Graf Taburan Weibull	72
Lampiran D4	Data Kadar Aliran Air dimasukkan kedalam antara muka perisian	73
Lampiran D5	Graf Taburan Normal	74

BAB 1

PENGENALAN

1.1 LATAR BELAKANG

1.1.1 Sistem Taburan Monte Carlo

Secara umumnya Kaedah Monte Carlo atau Sistem Monte Carlo boleh digunakan untuk menerangkan mana-mana teknik yang hampir sama atau lebih kurang untuk cara penyelesaian masalah kuantitatif melalui persampelan statistik. Simulasi Monte Carlo adalah lebih khusus digunakan untuk menggambarkan kaedah untuk menyebarkan (menterjemah) ketidakpastian dalam masukan model kedalam ketidaktentuan keluaran model (keputusan). Oleh itu, ia adalah sejenis sistem yang jelas dan kuantitatif mewakili ketidakpastian. Sistem Monte Carlo bergantung kepada proses yang memang mewakili ketidakpastian dengan menentukan keberangkalian taburan masukan. Sekiranya masukan tersebut menggambarkan sistem yang tidak pasti, ramalan prestasi masa depan semestinya tidak menentu. Keputusan daripada mana-mana analisis yang berdasarkan masukan adalah diwakili oleh taburan keberangkalian dan ia dengan sendirinya suatu taburan keberangkalian.

Manakala hasil daripada simulasi tunggal daripada sistem yang tidak menentu adalah satu kenyataan yang berkecualan, sebagai contoh, 'Jika kita membina empangan, populasi ikan Salmon boleh pupus'. Hasil daripada keberangkalian (Sistem Taburan Monte Carlo) simulasi adalah keberangkalian kuantitinya iaitu, 'Jika kita membina empangan, terdapat

kemungkinan dalam 20% populasi ikan Salmon akan pupus'. Apa-apa hasil (dalam kes ini, mengukur kepupusan) biasanya lebih berguna kepada pembuat keputusan yang menggunakan keputusan simulasi.

Dalam usaha untuk mengira taburan keberangkalian tentang ramalan prestasi, ianya perlu untuk menyebarkan (menterjemahkan) ketidakpastian masukan kedalam keputusan akhir. Pelbagai kaedah wujud untuk menyebarkan ketidakpastian. Sistem Taburan Monte Carlo mungkin adalah teknik yang selalu digunakan untuk menyebarkan ketidakpastian dalam pelbagai aspek sistem untuk prestasi yang diramalkan.

Dalam sistem taburan Monte Carlo, keseluruhan sistem mensimulasi dalam bilangan yang besar (contohnya, 1000 kali). Setiap simulasi adalah hampir sama, yang disebut sebagai kesedaran sistem. Bagi setiap kenyataan, semua parameter tidak menentu sebagai sampel (iaitu, nilai rawak tunggal dipilih dari pengedaran yang dinyatakan menggambarkan setiap parameter). Sistem ini kemudiannya disimulasi melalui masa (yang diberikan set tertentu parameter input) sebagai contoh bahawa prestasi sesuatu sistem boleh dikira. Ini menyebabkan sebilangan besar daripada keputusan adalah yang berasingan dan bebas, setiap satu mewakili kemungkinan 'masa depan' untuk sistem (iaitu, satu kemungkinan daripada cara tersebut, sistem tersebut dapat mengikut peredaran masa). Hasilnya, keluaran bukan suatu nilai tunggal, tetapi taburan keberangkalian. (Rujukan 1)

1.1.2 Keboleharapan

Indeks keboleharapan Kehilangan Beban Jangkaan (LOLE) dikira dengan menggunakan kaedah Monte Carlo (Billinton and Allan, 1987, 1996). Algoritma Monte Carlo adalah salah satu alat kejuruteraan yang paling kuat yang membolehkan kita untuk membuat analisis statistik ketidaktentuan yang melibatkan masalah kejuruteraan. Cara ini sangat sesuai dalam menyelesaikan masalah yang rumit di mana banyak pembolehubah rawak terlibat dalam persamaan tidak lurus. Analisis Monte Carlo adalah kaedah simulasi yang menggantikan cara praktikal kepada simulasi berkomputer. Asas kepada analisis Monte Carlo adalah untuk menghasilkan satu siri nombor rawak. Penghasilan homogen nombor rawak mengekalkan ciri-ciri yang sama daripada keberangskalian kejadian mereka dalam himpunan yang dipilih antara 0 dan 1. Ia harus diperhatikan bahawa apabila bilangan pengulangan semula nombor semakin meningkat, jawapan akan lebih dekat menghampiri nilai sebenar. (Billinton and Allan, 1996; IEEE, 1985)

1.1.3 Ketersediaan

Ketersediaan bergantung kepada kedua-dua keboleharapan dan penyelenggaraan. Beberapa definisi tertentu ketersediaan memang wujud dan oleh itu amat penting untuk mengenal pasti tentang definisi yang digunakan. Laporan ini menggunakan ketersediaan operasi. Ketersediaan operasi ialah peratusan data kadar alir air itu beroperasi.

1.1.4 Ketersediaan dan Keboleharapan

Keboleharapan adalah keberangkalian peranti atau pelaksanaan tujuan sistem yang secukupnya untuk tempoh masa yang dicadangkan di bawah keadaan operasi yang dihadapi (Billinton & Allan, 1992). Maksud keboleharapan berkaitan dengan keupayaan sistem untuk terus berfungsi tanpa kegagalan, iaitu untuk melengkapkan sesuatu projek dengan memuaskan. Tafsiran keboleharapan ini menjadikan ia sama sekali tidak sesuai sebagai langkah untuk sistem terus beroperasi yang boleh bertolak ansur dengan kegagalan. Ketersediaan adalah ukuran yang digunakan dalam sistem yang boleh diperbaiki seperti ciri-ciri komponen yang digunakan dalam stesen kuasa hidro contohnya penjana, transformer, turbin dan lain-lain. Dengan adanya peranti yang boleh dibaiki, ianya ditakrifkan sebagai bahagian masa, dalam jangka masa panjang, yang di dalam atau bersedia untuk perkhidmatan (Endrenyi, Reliability Modeling in Electric Power Systems, 1980).

Ketersediaan juga ditafsirkan sebagai keberangkalian untuk mencari komponen atau peranti sistem dalam keadaan operasi pada satu masa ke dalam kegagalan. Terdapat dua kategori utama teknik penilaian keboleharapan: analisis dan simulasi. Teknik analisis mewakili sistem dengan model matematik dan menilai indeks keboleharapan melalui penyelesaian matematik. Simulasi lain yang selalu digunakan adalah kaedah Simulasi Monte Carlo yang menganggarkan indeks keboleharapan dengan simulasi proses sebenar dan tingkah laku sistem rawak. (Rujukan 14)

1.1.5 Sistem Tenaga Hidro Kecil

Sistem Tenaga Hidro Kecil adalah pembangunan kuasa hidro pada skala yang kecil yang dapat menjana satu komuniti kecil atau loji perindustrian. Takrif projek sistem tenaga hidro kecil berbeza tetapi mampu untuk menjana tenaga elektrik sehingga 10 megawatt (MW) pada umumnya diterima sebagai had atas dimana boleh diistilahkan sebagai sistem tenaga kuasa hidro kecil. Sistem hidro kecil ini boleh lagi dibahagikan kepada Sistem Tenaga Hidro Mini, biasanya ditakrifkan sebagai kurang daripada 1000 kW, dan Sistem Tenaga Hidro Mikro kurang daripada 100 kW. Sistem Tenaga Hidro Mikro biasanya digunakan untuk komuniti kecil, keluarga tunggal atau perusahaan kecil.

Loji Sistem Tenaga Hidro Kecil selalunya disambungkan kepada pengagihan rangkaian elektrik konvensional sebagai sumber tenaga yang boleh diperbaharui dengan kos yang rendah. Sebagai alternatif, projek-projek Sistem Tenaga Hidro Kecil kebanyakannya dibina di kawasan terpencil dimana tenaga elektrik tidak dapat disalurkan. Sejak projek tenaga hidro kecil yang selalunya mempunyai takat takungan minimum dan pembinaan yang bersaiz kecil, sistem ini dilihat mempunyai kesan yang rendah terhadap alam sekitar berbanding sistem tenaga hidro yang sedia ada (Sistem Tenaga Hidro Besar). (Rujukan 4)

1.2 PENYATAAN MASALAH

Sistem Tenaga Hidro Kecil adalah antara sumber tenaga yang popular di seluruh dunia. Sejak ia boleh diperbaharui dan tidak merosakkan alam sekitar, banyak rumah, syarikat-syarikat malah dalam bidang pendidikan dan penyelidikan sendiri telah mula melakukan pemasangan sistem tenaga hidro ini ke dalam sungai, air terjun dan empangan di mana terdapatnya pengaliran air untuk pelbagai tujuan yang membawa kepada satu matlamat iaitu, menjana tenaga elektrik.

Dalam kajian ini, terdapat beberapa masalah dalam mengenal pasti jumlah sebenar tenaga elektrik yang dapat disalurkan melalui sistem tenaga kuasa hidro kecil yang telah dibina di kawasan air terjun di Bentong, Pahang. Di samping mencari permasalahan yang mungkin terjadi pada sistem yang dipasang pada air terjun tersebut.

Selain itu, kajian ini bertujuan untuk mencari kaedah yang sesuai untuk menganalisis kebolehpercayaan yang boleh digunakan untuk mengira tenaga elektrik yang dapat dihasilkan daripada Sistem Tenaga Kuasa Hidro Kecil.

1.3 OBJEKTIF

Objektif kajian ini adalah seperti berikut :

1. Membandingkan satu model bagi meramal ketersediaan Sistem Tenaga Kuasa Hidro Kecil dalam menghasilkan kuasa elektrik.
2. Menggunakan kaedah Sistem Taburan Monte Carlo bagi menganalisa ketersediaan.

1.4 SKOP PROJEK

Skop untuk projek ini adalah :

1. Mengkaji bagaimana sistem tenaga kuasa hidro kecil berfungsi dan bagaimana tenaga elektrik dapat dihasilkan melaluinya.
2. Mengira kadar tenaga elektrik yang dapat dihasilkan oleh sistem tenaga kuasa hidro kecil melalui kaedah Sistem Taburan Monte Carlo
3. Menentukan nilai purata bagi tenaga elektrik yang dapat dihasilkan

BAB 2

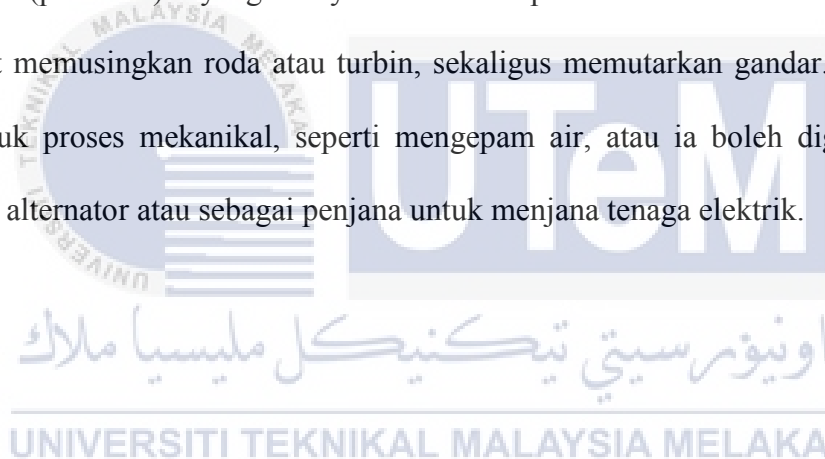
KAJIAN LITERASI

Dalam Bab 1 kajian literasi ini adalah berdasarkan Sistem Monte Carlo yang dijadikan sebagai sistem penyelesaian masalah kuantitatif melalui persampelan statistik serta memberi pengenalan tentang sistem tenaga kuasa hidro.

Kapasiti penjanaan elektrik yang dipasang di Malaysia adalah 26,063 MW pada tahun 2013, yang terdiri daripada 21,628 MW di Semenanjung Malaysia dan 1,303 MW di Sabah dan 3,132 MW di Sarawak. Gas dan arang batu kekal sebagai bahan api yang selalu digunakan untuk penjanaan kuasa dengan kadar 47.99% dan 25.73%, masing-masing diikuti oleh tenaga hidroelektrik dengan kadar 14.73% dan biojisim pada 2.97%. Sementara itu, kuasa tenaga hidro kecil menyumbang 0.17%. Dari segi pertumbuhan elektrik, permintaan maksimum mencecah sehingga 16,562 MW seperti yang dicatatkan pada 13 Mei 2013, melepasi sasaran awal sebanyak 16,324 MW, iaitu sebanyak 1.5%.

2.1 Sistem Tenaga Kuasa Hidro

Sistem Tenaga Kuasa Hidro menggunakan tenaga di dalam air yang mengalir untuk menghasilkan elektrik atau tenaga mekanikal. Walaupun terdapat beberapa cara untuk memanfaatkan air yang bergerak untuk menghasilkan tenaga, sistem pengaliran terus yang tidak memerlukan ruang atau tempat simpanan yang besar sesuai digunakan untuk tenaga hidro yang kecil. Bagi sistem tenaga hidro kecil yang menggunakan konsep pengaliran terus, sebahagian daripada air sungai dialihkan kepada pengangkutan air, saluran paip, atau saluran paip bertekanan (penstock) - yang menyalurkan air kepada turbin atau kincir air. Air yang mengalir dapat memusingkan roda atau turbin, sekaligus memutarakan gandar. Gandar boleh digunakan untuk proses mekanikal, seperti mengepam air, atau ia boleh digunakan untuk menghidupkan alternator atau sebagai penjana untuk menjana tenaga elektrik.



Terdapat empat jenis tenaga kuasa hidro. Antaranya :

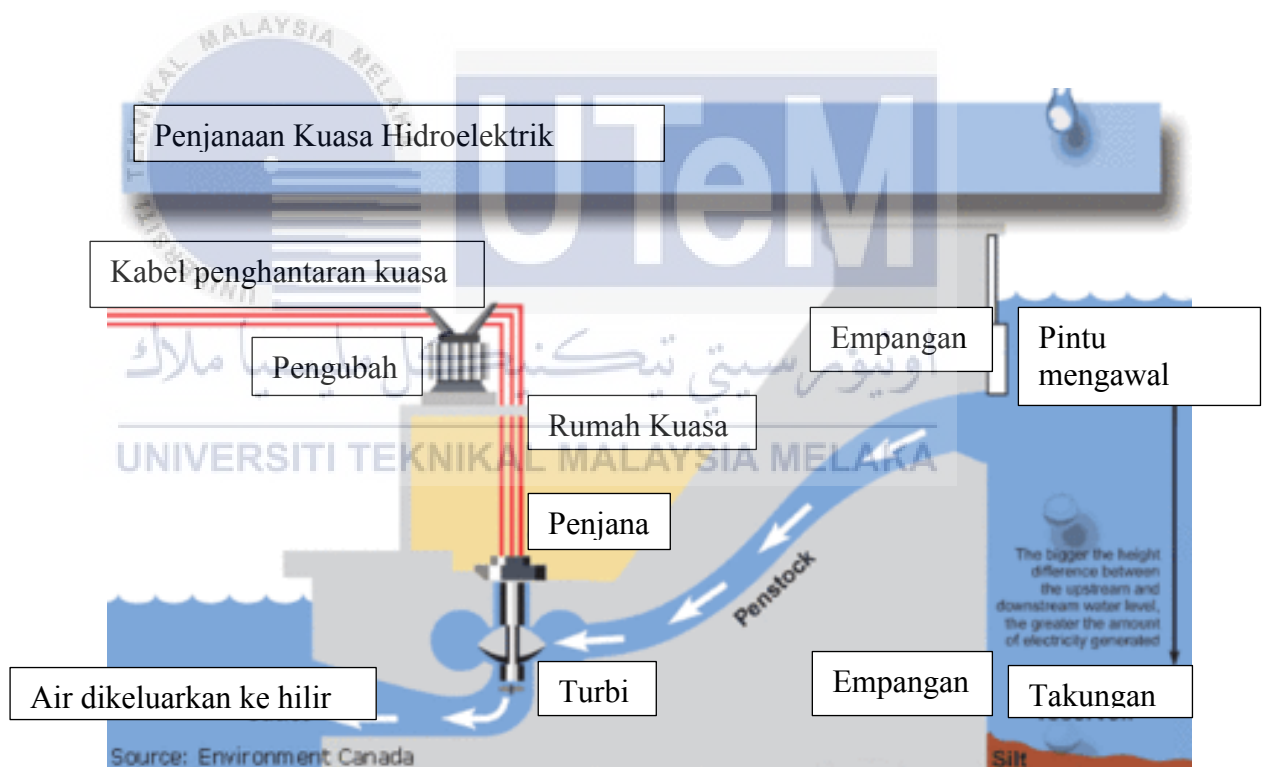
- I. **Sistem Sungai Aliran-terus (Run-of-River)** : Sebuah sistem yang mengalirkan saluran air sungai melalui terusan atau penstock yang memutarakan turbin. Biasanya projek Sungai Aliran-terus ini akan mempunyai sedikit tempat simpanan air. Tetapi kebanyakan projek Sungai Aliran-terus ini tidak mempunyai tempat simpanan air. Sungai Aliran-terus menyediakan bekalan elektrik yang berterusan dengan beberapa operasi yang fleksibiliti untuk turun naik setiap hari dalam permintaan tenaga elektrik melalui aliran air yang dikawal selia oleh sistem itu. (Rujukan 2)



Rajah 2.1: Sistem Sungai Aliran-terus

(Sumber: <http://www.sswm.info/content/hydropower-small-scale>)

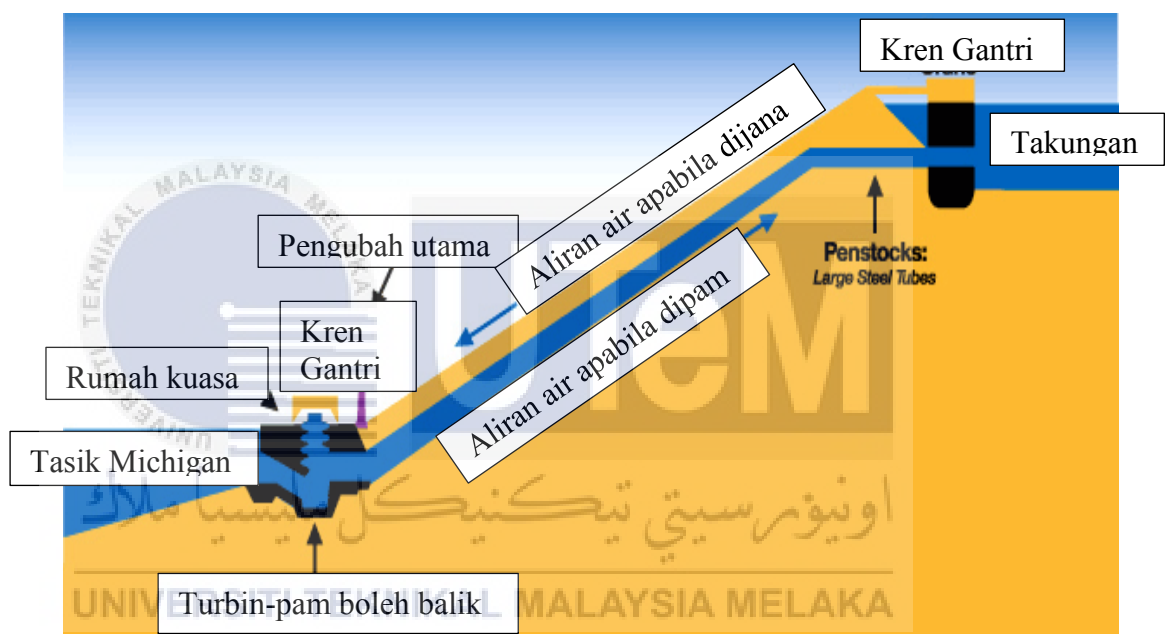
II. **Sistem Tenaga Kuasa Simpanan :** Biasanya sistem yang besar yang menggunakan empangan untuk menyimpan air dalam kolam takungan. Elektrik dihasilkan melalui pelepasan air dari kolam takungan melalui turbin akan mengaktifkan penjana. Tenaga kuasa simpanan menyediakan beban asas serta keupayaan untuk “shut-down” dan “start-up” dalam masa yang singkat mengikut permintaan sistem (puncak beban). Ia boleh menawarkan kapasiti simpanan yang cukup untuk beroperasi secara bebas melalui aliran masuk hidrologi selama beberapa minggu atau bulan bergantung kepada takat penyimpanan air. (Rujukan 2)



Rajah 2.2 : Sistem Tenaga Kuasa Hidro Simpanan

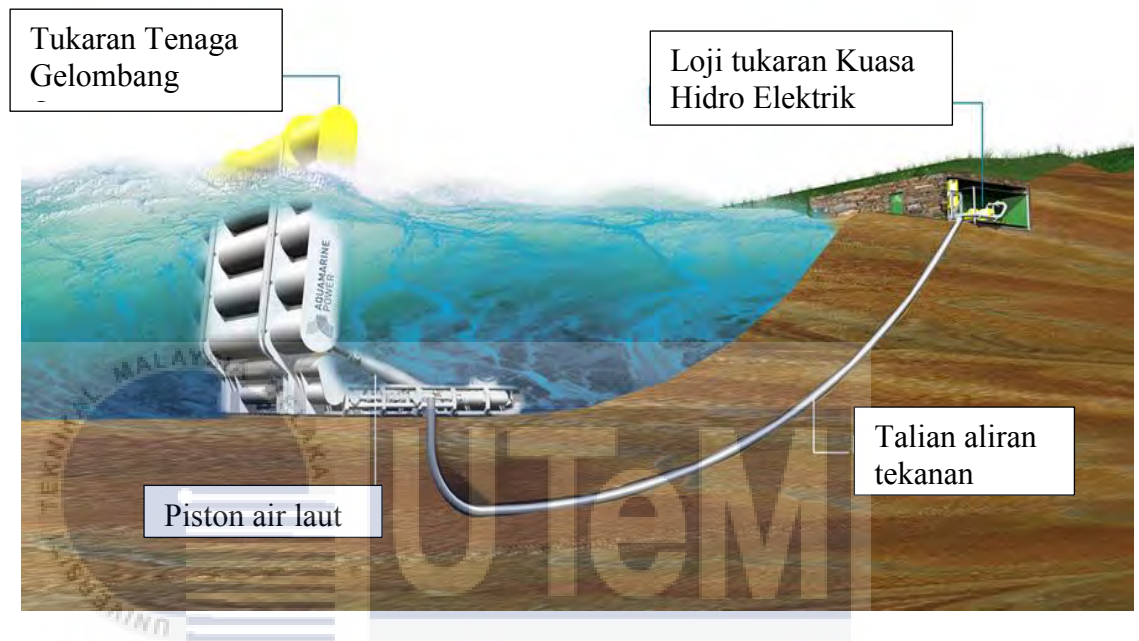
(Sumber: <http://circabook.com/pumped-hydroelectric-energy-storage-energy-exemplar/>)

- III. **Sistem Tenaga Kuasa Simpanan-di pam** : Menyediakan bekalan puncak-beban, memanfaatkan air yang dikitar antara takungan yang lebih rendah dan takungan yang lebih tinggi melalui pam yang menggunakan tenaga lebih daripada sistem semasa permintaan tenaga elektrik yang rendah. Apabila permintaan tenaga elektrik tinggi, air dilepaskan kembali kepada tangki bawah melalui turbin untuk menghasilkan tenaga elektrik. (Rujukan 2)



Rajah 2.3 : Sistem Tenaga Kuasa Simpanan-di pam
(Sumber: <http://www.eclipsol.com/about-4-1/>)

- IV. **Sistem Tenaga Kuasa Luar Pesisir :** Kumpulan tenaga kuasa yang kurang dibina tetapi menggunakan teknologi melalui arus pasang surut air laut atau kuasa gelombang (ombak) untuk menjana tenaga elektrik. (Rujukan 2)



Rajah 2.4 : Sistem Tenaga Kuasa Luar Pesisir
(Sumber: <http://thefutureofthings.com/4040-from-waves-to-electricity/>)

2.1.2 Ciri-ciri Tenaga Kuasa Hidro Kecil

Sekarang ini masih lagi tiada definisi yang boleh diterima di peringkat global tentang tenaga kuasa hidro kecil. Kriteria yang digunakan buat masa sekarang adalah mengikut kapasiti, dan mempunyai nilai yang berbeza mengikut negara masing-masing. Di Malaysia, tenaga kuasa hidro kecil merujuk kepada skema Sungai Aliran-terus (Run-of-River) yang boleh mencapai kapasiti sehingga 30 MW.

Tenaga kuasa hidro kecil biasanya dibahagikan kepada tiga saiz iaitu ; Skala Penuh, Mini dan Mikro. Tenaga kuasa hidro kecil berskema penuh mempunyai keupayaan melebihi 10 MW, iaitu suatu jumlah tenaga elektrik yang cukup untuk kawasan yang besar dan bekalan grid yang besar (sehingga 30 MW). Skema tenaga kuasa hidro kecil mini membuat sumbangan yang lebih kecil untuk bekalan grid kebangsaan, biasanya dalam lingkungan 500 kW kepada 10 MW. Skema tenaga kuasa hidro kecil mikro pula biasanya bermula daripada 5 kW kepada 500 kW dan ianya tidak membekalkan untuk grid kebangsaan dan hanya menghasilkan kuasa yang cukup untuk menyediakan lampu domestik kepada sekumpulan rumah melalui pengecesan bateri.

Kuasa tenaga hidro kecil dapat menawarkan lebih banyak peluang untuk menyokong pengembangan bekalan elektrik luar bandar dan juga menyumbang kepada sumber tenaga serta menyokong kapasiti bekalan grid. Potensi untuk tenaga kuasa hidro kecil di Malaysia adalah besar, tetapi tenaga yang sedia ada dari sungai-sungai telah menyumbang dengan ketara kepada bekalan elektrik di kawasan luar bandar. Salah satu contoh projek tenaga hidro kecil yang berjaya di Malaysia ialah Loji Tenaga Kuasa Hidro Mini Perting di Bentong, Pahang.

(Rajah 3.1). Ia merupakan skema aliran sungai yang mula beroperasi pada tahun 2009 dengan kapasiti sebanyak 4.2 MW dan kapasiti eksport bersih 4 MW ke stesen kuasa Tenaga Nasional Berhad (TNB). Loji ini dimiliki oleh Amcorp Perring Hydro Sdn. Bhd.

Dan telah dinaik taraf kepada 6 MW pada tahun 2015. Ia telah mendapat pengiktirafan global dengan menerima Anugerah Tenaga ASEAN pada tahun 2012 dan Persatuan Anugerah Perak Consulting Engineers Malaysia Merit pada tahun 2013 dalam bidang Tenaga Boleh Diperbaharui.

Kebanyakan skim sistem tenaga kuasa hidro kecil Sungai Aliran-terus, tidak memerlukan takungan simpanan yang besar. Penjanaan tenaga daripada sistem tenaga kuasa hidro kecil Sungai Aliran-terus bebas daripada karbon dioksida (CO_2) dan sistem ini adalah salah satu sistem teknologi yang mesra alam yang tertua. Potensi projek sistem tenaga hidro kecil di Malaysia adalah besar kerana menyediakan jumlah kapasiti penjanaan kira-kira 500 MW untuk jangka masa panjang terutama melalui sistem jenis Sungai Aliran-terus (Rujukan 5)

2.2 Analisis Kebolehpercayaan

Kebolehpercayaan biasanya dimaksudkan dengan keupayaan sesuatu item atau benda untuk menjayakan fungsinya dalam sesuatu masa (Billinton dan Allan 1992, Rausand dan Hoyland 2004, Pham 2006). Lebih khusus untuk sistem tenaga kuasa hidro, kebolehpercayaan adalah keberangkalian bahawa sistem berjaya akan beroperasi dalam tempoh masa tertentu di bawah keadaan operasi yang diberikan tanpa kegagalan. Secara matematikanya, kebolehpercayaan boleh dinyatakan sebagai ;

$$R(t) = (T > t) \quad (2.1)$$

Dimana T adalah pembolehubah rawak bukan negatif yang menandakan masa kegagalan, dan t adalah tempoh masa yang ditetapkan yang melibatkan keadaan operasi. Dengan mengandaikan bahawa $f(t)$ adalah fungsi ketumpatan keberangkalian (PDF) bagi kegagalan masa T. Fungsi kebolehpercayaan boleh dikira melalui ;

$$R(t) = \int_t^{\infty} f(u)du \quad (2.2)$$

Fungsi kebolehpercayaan $R(t)$ juga boleh dimaksudkan sebagai pelengkap fungsi taburan terkumpul (Cumulative Distribution Function), $F(t)$ bersamaan dengan $f(t)$:

$$R(t) = 1 - F(t) = 1 - \int_0^t f(u)du \quad (2.3)$$

2.2.1 Taburan Sepanjang Hayat

Seksyen ini membentangkan dua taburan keberangkalian yang berterusan yang boleh digunakan untuk model ketidaktentuan kuasa hidro. Taburan Weibull dipilih untuk pemodelan perkalian kegagalan komponen dan pengedaran lognormal digunakan untuk model penyelenggaraan dan pembaikan masa.

2.2.2 Taburan Weibull

Taburan Weibull adalah salah satu taburan yang paling terkenal dalam analisis kebolehpercayaan. Ia digunakan secara meluas kerana fleksibilitinya untuk model tingkah laku kegagalan dengan kadar perubahan secara berbahaya. Taburan Weibull dapat menggambarkan dengan sepenuhnya kali kegagalan melalui perbezaan pelbagai jenis peralatan dan fenomena. Fungsi Taburan Terkumpul (CDF) Weibull dapat dirumuskan melalui formula berikut :

$$F(t) = P(T \leq t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\tau}{a}\right)^\beta}, \alpha > 0, \beta > 0, t \geq \tau, \geq 0 \quad (2.4)$$

Di mana α adalah parameter skala, β adalah parameter bentuk yang menentukan bentuk taburan dan τ adalah parameter lokasi. Untuk $\tau = 0$, Persamaan (2.4) menjadi dua-parameter taburan Weibull (Murthy, Xie dan Jiang 2004, Pham 2006). Fungsi kebolehpercayaan Dua-parameter Taburan Weibull adalah seperti berikut :

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{a}\right)^\beta}, \alpha > 0, \beta > 0 \quad (2.5)$$

Dalam kes yang tertentu, apabila $\beta = 1$, taburan Weibull akan bersamaan dengan taburan eksponen. Taburan Eksponen mempunyai kadar kegagalan yang tetap yang dikenali sebagai “memoryless property” (Bedford dan Cooke 2001). Ini bermakna, komponen yang

digunakan yang tidak gagal mempunyai persamaan seperti komponen baru – ianya satu andaian yang agak ketat yang menghadkan penggunaan taburan eksponen.

2.2.3 Taburan Lognormal

Taburan Lognormal adalah berdasarkan kepada taburan normal dan ianya adalah pengagihan yang serba boleh daripada taburan normal kerana ianya mempunyai pelbagai bentuk. O'Connor dan Kleyner (2012) menganalisis data masa pembaikpulihan sistem kekal dan mendapati bahawa kadar pembaikpulihan cenderung untuk taburan lognormal. Fungsi Ketumpatan Kemungkinan (PDF) bagi taburan lognormal dirumuskan sebagai :

$$f_{LN}(t) = \frac{1}{\sigma t \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln(t) - \mu}{\sigma} \right)^2}, -\infty < \mu < \infty, \sigma > 0 \quad (2.6)$$

Dimana parameter μ dan σ adalah min dan sisihan piawai bagi taburan lognormal.

2.2.4 Taburan Normal

Taburan Normal merujuk kepada keluarga taburan keberangkalian yang berterusan yang digambarkan oleh persamaan normal.

$$y = f(x|\mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, \quad (2.7)$$

Dimana parameter x ialah pembolehubah rawak normal, μ adalah Min, σ adalah sisihan piawai, π adalah Pai yang bersamaan nilai 3.14159, dan e adalah eksponen yang bersamaan nilai 2.71828. Pemboleh ubah rawak x dalam persamaan normal dipanggil pembolehubah rawak normal. Persamaan normal adalah fungsi ketumpatan keberangkalian bagi taburan normal. (Rujukan 24)

2.2.5 Sistem Taburan Monte Carlo

Kaedah Simulasi Monte Carlo juga dikenali sebagai simulasi rawak atau teknologi persampelan rawak. Prinsip asas Monte Carlo boleh dinyatakan seperti berikut: untuk menyelesaikan masalah-masalah matematik, fizik, teknologi kejuruteraan dan pengurusan pengeluaran, yang pertama sekali adalah model keberangkatan atau proses rawak perlu diwujudkan terlebih dahulu dan menjadikan parameternya persamaan serentak dengan penyelesaian masalah. Kemudian, berdasarkan kepada model atau proses ini, melalui ujian persampelan untuk mengira ciri statistik parameter.

Akhir sekali, cuba nyatakan nilai yang hampir sama atau hampir tepat kepada masalah, dan penyelesaian ketepatan boleh dinyatakan dalam bentuk anggaran ralat piawai atau ciri-ciri lain statistik.

Dalam kebelakangan ini, dengan perkembangan teknologi komputer, kaedah Monte Carlo ini telah berkembang dan membangun dengan pesat serta telah digunakan secara meluas. Pada masa kini, Simulasi Monte Carlo telah digunakan untuk sains fizik, sains perubatan, bahan-bahan pertanian, pengangkutan, sains pengurusan, sains sosial dan pelbagai lagi skop tertentu. (Rujukan 12)

BAB 3

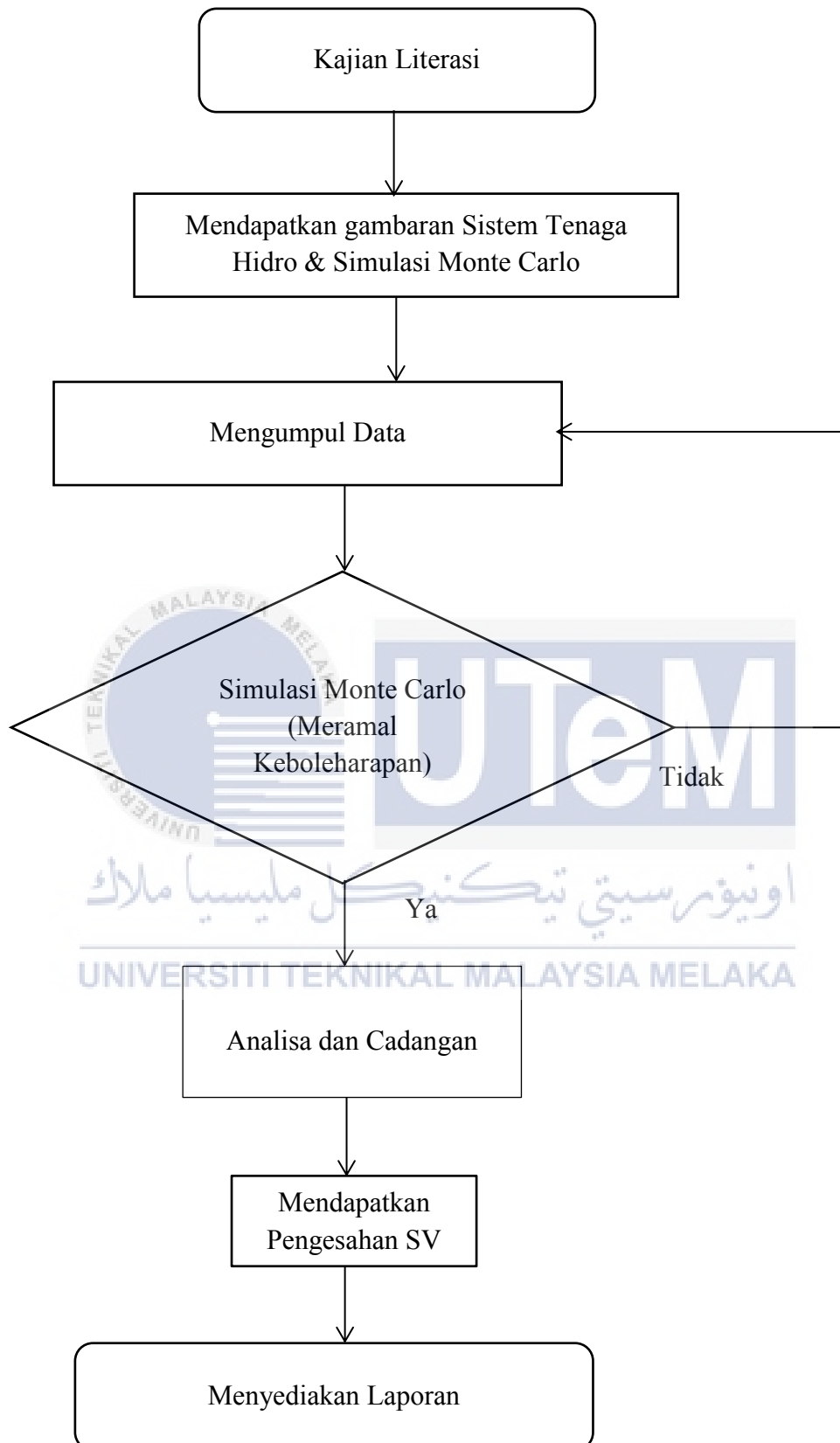
METODOLOGI

3.1 Pengenalan

Bab ini menerangkan metodologi yang digunakan dalam projek ini untuk mendapatkan data masukan daripada Sistem Tenaga Kuasa Hidro Kecil untuk Sistem Taburan Monte Carlo. Carta alir projek ditunjukkan semula dalam Rajah 3.1 . Projek ini dimulakan dengan mengkaji dan mencari artikel-artikel dan jurnal yang berkaitan dengan sistem taburan Monte Carlo dan sistem tenaga kuasa hidro kecil. Seterusnya mencari perisian yang sesuai untuk Sistem Taburan Weibull melalui simulasi Sistem Taburan Monte Carlo.

Melalui beberapa pertemuan dengan pensyarah yang mengendalikan projek tenaga kuasa hidro kecil ini, banyak pencerahan dapat difahami tentang bagaimana proses pengumpulan data dilakukan. Proses pengumpulan data dimulakan dengan beberapa proses yang telah dijalankan di Sungai Perting, Bentong, Pahang. Alat-alat yang digunakan telah dibeli sendiri oleh pihak UTeM untuk tujuan kajian.

Metodologi kajian ini bertujuan untuk mencapai objektif serta matlamat seperti yang telah dinyatakan. Ianya merupakan kaedah-kaedah yang dipilih untuk melaksanakan kajian ini. Metodologi juga merupakan salah satu komponen penting dalam melaksanakan Projek Sarjana Muda.



Rajah 3.1 : Carta Alir Metodologi

3.2 Kaedah Pengumpulan Data

3.2.1 Persediaan Umum Eksperimen

Alat-alat untuk mengumpul semua data aliran air sungai telah dibeli daripada syarikat Bioclear yang terletak di Puchong, Selangor dan kesemua alatan tersebut adalah barangan import dari syarikat luar negara . Antara alatan yang dibeli adalah :

- Meter Aliran Signature®



Rajah 3.2 : Meter Aliran Signature

(Sumber: <http://www.teledyneisco.com/waterandwastewater/Pages/Signature.aspx>)

Meter Aliran Signature® direka khas untuk aplikasi pemantauan aliran aliran terbuka. Ia menyokong teknologi pengukuran aliran air termasuk aliran yang berbuih, kawasan laser halaju tidak-sentuh, dan ultrasonik. Meter ini boleh mengira aliran menggunakan piawai saluran terbuka paras aliran dan penukaran halaju kawasan, serta persamaan yang telah ditetapkan oleh pengguna, atau data tahap titik aliran dan kesemuanya bergantung kepada keperluan pengguna. (Rujukan 7)

Meter Aliran Signature® mempunyai ciri-ciri unik untuk mengesahkan integriti sesuatu data. Ia mencatatkan peristiwa penting seperti perubahan dalam penentukuran dan gangguan kuasa untuk mengesahkan ketepatan data. Mesin ini sangat membantu dalam proses pengumpulan data aliran air sungai dari Rumah Pam ke Loji Janakuasa di kawasan projek Tenaga Kuasa Hidro Kecil yang telah dijalankan di Sungai Perting.

- Laser Flow™ Sensor Halaju Bukan-sentuh.



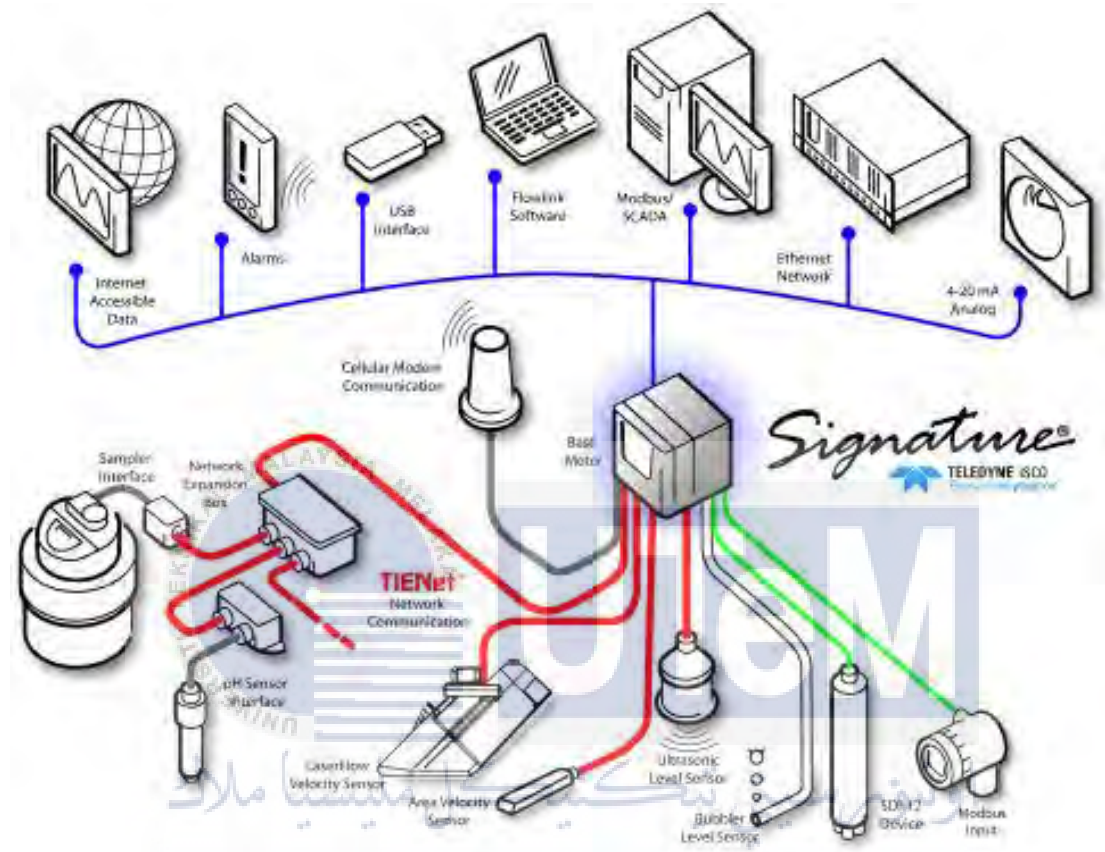
Rajah 3.3 : Laser Flow™ Sensor Halaju Bukan-sentuh

(Sumber: <http://www.teledyneisco.com/waterandwastewater/Pages/LaserFlow.aspx>)

Laser Flow™ sensor halaju mengukur aliran dalam saluran terbuka dengan teknologi bukan-sentuh Laser Halaju Doppler dan bukan sentuh Ultrasonik dari jauh. Sensor ini menggunakan teknologi canggih untuk mengukur halaju dengan sinaran laser pada titik tunggal atau titik berbilang bawah permukaan aliran air.

Sensor ini menggunakan sensor tahap ultrasonik untuk mengukur tahap dan menentukan titik bawah-permukaan untuk mengukur halaju. Sensor ini kemudiannya memfokuskan sinaran laser pada titik tersebut dan mengukur anjakan frekuensi cahaya yang dikembalikan.

Laser Flow™ ini sesuai untuk pelbagai aplikasi pemantauan air sisa. Ianya sangat serasi dengan meter ukur aliran, Meter Aliran Signature® . (Rujukan 8)



Rajah 3.4 Sambungan Meter Aliran Signature dan pilihan penyambungan antara peranti

(Sumber: <http://www.technoaqua.cz/produkty/prutokomery/signature-1/>)

Bagi projek tenaga kuasa hidro kecil ini, Meter Aliran Signature® disambungkan kepada pemacu kilat USB untuk menyimpan segala data aliran air yang melalui Rumah Pam. Meter ini juga memudahkan pemantauan terhadap data yang dikumpul semasa pelepasan air. Pada masa yang sama, ia mengumpul data dari pelbagai aliran dan kualiti air serta menjana data ringkas yang diperlukan secara automatik. Yang paling penting, Meter Aliran Signature®

secara elektronik akan mengesahkan data laporan itu adalah sah dan tidak boleh diubah.
(Rujukan 9)

3.2.2 Rumah Pam dan Rumah Kuasa (Turbin)

Kesemua alatan tersebut telah dipasang di Rumah Pam, di atas bukit, di Sungai Perting, Bentong Pahang. Dek kerana kawasan yang terlalu tinggi dan sukar untuk mendapatkan tenaga elektrik, pihak Amcorp Perting Hydro dan UniKL telah memasang panel solar untuk tujuan menyimpan tenaga dan membekal tenaga elektrik kepada peranti-peranti yang digunakan di rumah pam tersebut.



Rajah 3.5 : Lokasi pemasangan Laser Flow Sensor Halaju Bukan-sentuh dan Meter Aliran Signature di Rumah Pam di atas bukit di Sungai Perting.

(Sumber: Persendirian)



Rajah 3.6 : Laser Flow Sensor Halaju Bukan-sentuh telah siap dipasang
(Sumber: Persendirian)

Alat-alat yang telah dipasang di Rumah Pam tersebut (Rajah 3.5) akan merekod setiap data aliran air yang melalui sekatan sebelum dan selepas air dilepaskan ke Loji Janakuasa di bawah yang akan melalui paip berdiameter 750 mm. Sensor tersebut akan mengambil sampel kadar air selama sebulan dan Meter Aliran akan menyimpan data yang telah direkodkan dan menghantar kepada pemacu kilat USB.

Ianya merupakan skema Sungai Aliran-terus yang tidak berhenti aliran sungai tersebut tetapi sebahagiannya di alirkan melalui sekatan yang telah dibuat. Melalui sekatan itu, segala pasir-pasir serta daun-daun kering yang jatuh ke dalam air dan mengalir mengikut arus air akan disekat dan hanya air sahaja yang akan melalui sekatan itu terus ke penstock dan mengalir turun ke turbin seterusnya dilepaskan semula ke sungai.



Rajah 3.7 : 2 Nos berkuasa 2.1 MW Turgo Turbin yang dipasang di Rumah Kuasa

(Sumber:Rujukan 10)

UNIVERSITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA

2 nos berkembar Turgo Turbin yang telah dipasang di Rumah Kuasa, di kawasan bawah Sungai Perting. Air yang melalui sekatan daripada Rumah Pam akan turun mengikut paip (penstock) yang telah ditanam terus ke Rumah Kuasa dan akan melanggar bilah turbin. Setelah pelanggaran berlaku, bilah turbin akan mula berpusing dan akan menghasilkan tenaga mekanikal seterusnya menukarkannya kepada tenaga elektrik mengikut kadar kelajuan dan isipadu air yang di alirkan. Ketinggian air jatuh juga mempengaruhi kadar tenaga elektrik yang dapat dihasilkan. Kecekapan keseluruhan kuasa yang dihasilkan bergantung kepada keseluruhan sistem, yang dikira dengan mengambil kira kerugian pada saluran, penstock, turbin dan penghantaran air.

Akhir sekali, data daripada tenaga elektrik yang dihasilkan melalui turbin tadi akan dikumpulkan dan akan di analisa menggunakan kaedah Simulasi Monte Carlo.

3.3 Perisian Simulasi Sistem Taburan Monte Carlo

Reka bentuk keberangkalian adalah suatu kaedah yang bertujuan untuk menghasilkan produk yang kukuh dan boleh dipercayai. Simulasi dalam analisis sistem kebolehpercayaan adalah berdasarkan kepada kaedah Monte Carlo yang menjana kali kegagalan rawak daripada kegagalan setiap komponen. Kebolehpercayaan sistem keseluruhan diperoleh dengan simulasi operasi sistem dan berdasarkan pemerhatian dalam mengira nilai kebolehpercayaan bagi satu siri nilai masa. Melalui penggunaan komputer, simulasi telah menjadi alat yang sangat popular. Simulasi sangat mudah untuk digunakan dan ia boleh menghasilkan keputusan yang tidak boleh dihasilkan melalui analisis. (Rujukan 11)

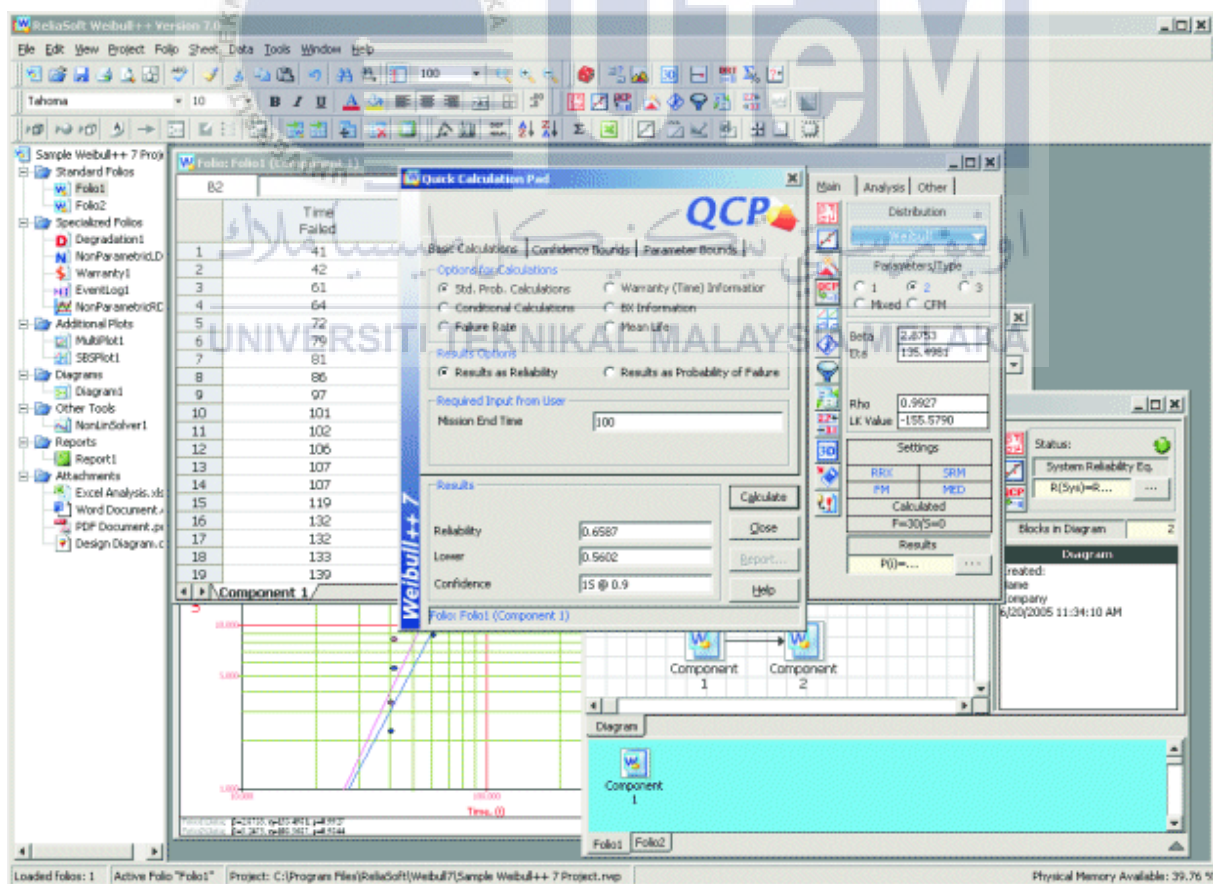


3.3.1 Perisian ReliaSoft Weibull++7

Perisian ReliaSoft Weibull++7 ini merupakan standard industri dalam menganalisis data hidup (analisis Weibull) untuk beribu-ribu syarikat di seluruh dunia. Perisian ini menjana analisis data hidup menggunakan pelbagai taburan hidup (termasuk segala bentuk taburan Weibull), dengan antara muka yang jelas dan ringkas yang menjurus ke arah kejuruteraan kebolehpercayaan. Perisian ini dibina oleh jurutera kebolehpercayaan untuk jurutera kebolehpercayaan. Pakej ini terus meningkatkan tahap perisian analisis statistik untuk aplikasi kebolehpercayaan.

Ciri-ciri perisian.

Weibull++ menyediakan set alat yang paling komprehensif yang disediakan untuk analisis keboleharapan data hidup, mengira keputusan, membuat plot dan laporan. Perisian ini menyokong semua jenis data dan semua pengagihan jangka hayat produk yang biasa digunakan (termasuk model Weibull dan model Weibull campuran seperti Eksponen, Lognormal, Normal, Gamma Umum, Logistik, Loglogistik, Gumbel, Bayesian-Weibull dan Mod Kegagalan Bersaing). Perisian ini juga penuh dengan alat-alat keboleharapan yang berkaitan dengan analisis, seperti analisis data jaminan, analisis data degradasi, analisis data bukan parametrik, berulang analisis data acara, reka bentuk ujian keboleharapan dan reka bentuk eksperimen dan analisis (DOE).



Rajah 3.8 : Antara muka perisian ReliaSoft Weibull++7 versi 7.

3.3.2 Fungsi Ketumpatan Keberangskalian

Fungsi ketumpatan keberangskalian digunakan untuk menggambarkan julat nilai yang boleh mendapatkan pemboleh ubah rawak dan kemungkinan sampel yang berlaku pada selang tertentu. Untuk taburan yang berterusan, keberangskalian bahawa X mempunyai nilai dalam selang (a,b) adalah tepat kawasan di bawah PDF dalam selang (a,b) . Untuk taburan berasingan, keberangskalian bahawa X mempunyai nilai dalam selang (a,b) adalah betul-betul jumlah PDF (juga dikenali sebagai fungsi jisim keberangskalian) daripada nilai berasingan yang berkemungkinan X di (a,b) .

3.3.3 Kajian Simulasi Taburan Monte Carlo terhadap Taburan Weibull

Kaedah analisis dibandingkan untuk model sistem yang sama komponen atau unit menggunakan teknik simulasi Monte Carlo. Simulasi Monte Carlo adalah berdasarkan kepercayaan yang diterima umum bahawa parameter taburan keberangskalian yang diperolehi daripada simulasi lebih kurang dengan nilai sebenar amat baik jika ujian tersebut dilakukan berulang-ulang kali.

Kaedah simulasi taburan Monte Carlo boleh digunakan untuk menjana sampel saiz yang berbeza dari model campuran sistem taburan Weibull dengan parameter awal diberikan. Tetapi sebelum mempertimbangkan teknik simulasi Monte Carlo, konsep-konsep yang berkaitan dengan anggaran perlu ditakrifkan dan bagaimana seseorang itu boleh memilih anggaran yang baik.

Anggaran adalah pemetaan atau fungsi dari ruang data ke ruang paramater, di mana ruang data adalah set semua nilai yang mungkin untuk sampel rambang dengan saiz yang tertentu, dan ruang parameter adalah set semua nilai yang mungkin bagi parameter. Anggaran ini di ambil

kira sebagai sampel statistik kerana ianya bergantung kepada sampel yang diberikan. Ia juga boleh dikatakan sebagai pemboleh ubah rawak bagi sampel rawak, dan dengan itu, nilai berbeza di kalangan sampel mengikut taburan pensampelan itu. Selalunya empat kriteria utama yang digunakan untuk menilai prestasi anggaran adalah; kecondongan, sisihan piawai, min ralat kuasa dua, dan kecekapan. (Rujukan 13)



BAB 4

DATA DAN KEPUTUSAN

4.1 Data Kadar Alir Air.

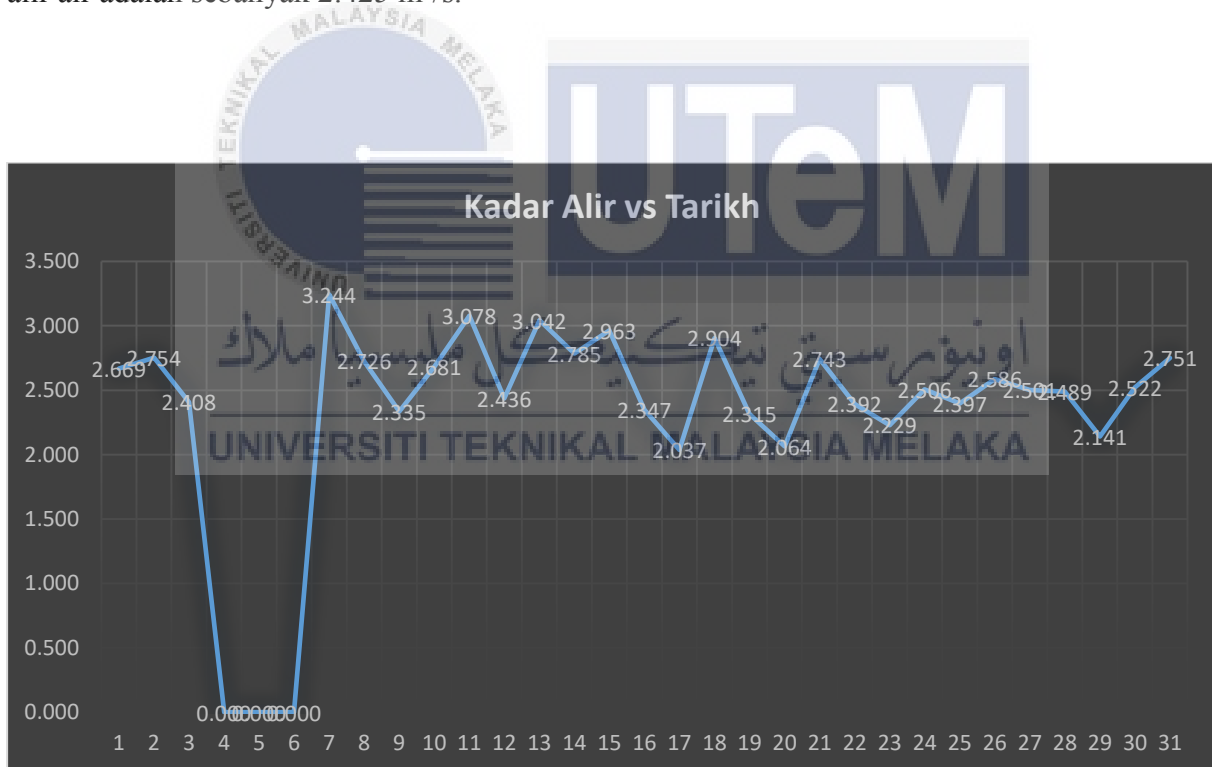
Data adalah berdasarkan pada bulan Mei, 2016.

Tarikh	Kadar Alir (m ³ /s)	Tarikh	Kadar Alir (m ³ /s)
1	2.669	17	2.037
2	2.754	18	2.904
3	2.408	19	2.315
4	0.000	20	2.064
5	0.000	21	2.743
6	0.000	22	2.392
7	3.244	23	2.229
8	2.726	24	2.506
9	2.335	25	2.397
10	2.681	26	2.586
11	3.078	27	2.501
12	2.436	28	2.489
13	3.042	29	2.141
14	2.785	30	2.522
15	2.963	31	2.751
16	2.347		

Jadual 4.1: Kadar Alir air di Rumah Pam selama sebulan.

4.1.1 Graf Pola Kadar Alir

Daripada Rajah 4.2, pola kadar alir air dari Rumah Pam ke Rumah Kuasa tidak sekata. Selama sebulan data ini direkodkan, kadar alir pada hari ketujuh merupakan kadar alir yang paling tinggi pada bulan Mei. Hanya 3 hari sahaja kadar alir melepasi 3.000 iaitu pada hari ketujuh, kesebelas dan ketigabelas dengan masing-masing sebanyak 3.244, 3.078 dan 3.042 m^3/s . Manakala terdapat tiga hari dimana kadar alir air tidak mempunyai sebarang bacaan iaitu pada hari keempat, kelima dan keenam. Pada hari selain daripada yang dinyatakan, purata kadar alir air adalah sebanyak 2.425 m^3/s .



Rajah 4.1: Carta Kadar Alir selama sebulan pada bulan Mei.

4.1.2 Jumlah Kadar Alir Air selama Sebulan dan Purata Kadar Alir serta Tenaga Kuasa Hidro pada bulan Mei 2016.

Jumlah keseluruhan kadar alir air dari Rumah Pam ke Rumah Kuasa selama sebulan pada bulan Mei melalui simulasi yang dilakukan dalam Microsoft Excel adalah 72.046 m³/s. Manakala bagi purata kadar alir air pada bulan Mei 2016 adalah 2.324 m³/s. Jumlah purata bagi tenaga kuasa hidro pada bulan Mei 2016 melalui formula 4.1 pula adalah sebanyak 1.882 MW.



4.2 Penjanaan Simulasi Sistem Monte Carlo terhadap Kadar Alir Air.

Penjanaan simulasi sistem Monte Carlo dalam meramal data Kadar Alir sebanyak 365 kali dilakukan melalui perisian Weibull ++7 melalui kaedah Taburan Weibull dan Normal. Melalui nilai kadar alir yang diramal tersebut, Tenaga Kuasa Hidro dapat dikira melalui formula Kuasa seperti di bawah ;

$$P = \rho g H Q \eta \quad 4.1$$

dimana; P = Kuasa (W)

ρ = isipadu air (1000 kg/m³)

g = graviti (9.81 m²/s)

H = ketinggian paip dari saluran masuk ke turbin (165.1 m)

Q = kadar alir (Jumlah purata = 2.5595 m³/s)

η = keseluruhan kecekapan penukaran tenaga (50%)

$$P = \rho g H Q \eta$$

$$P = (1000 \text{ kg/m}^3) \times (9.81 \text{ m}^2/\text{s}) \times (165.1 \text{ m}) \times (2.5595 \text{ m}^3/\text{s})$$

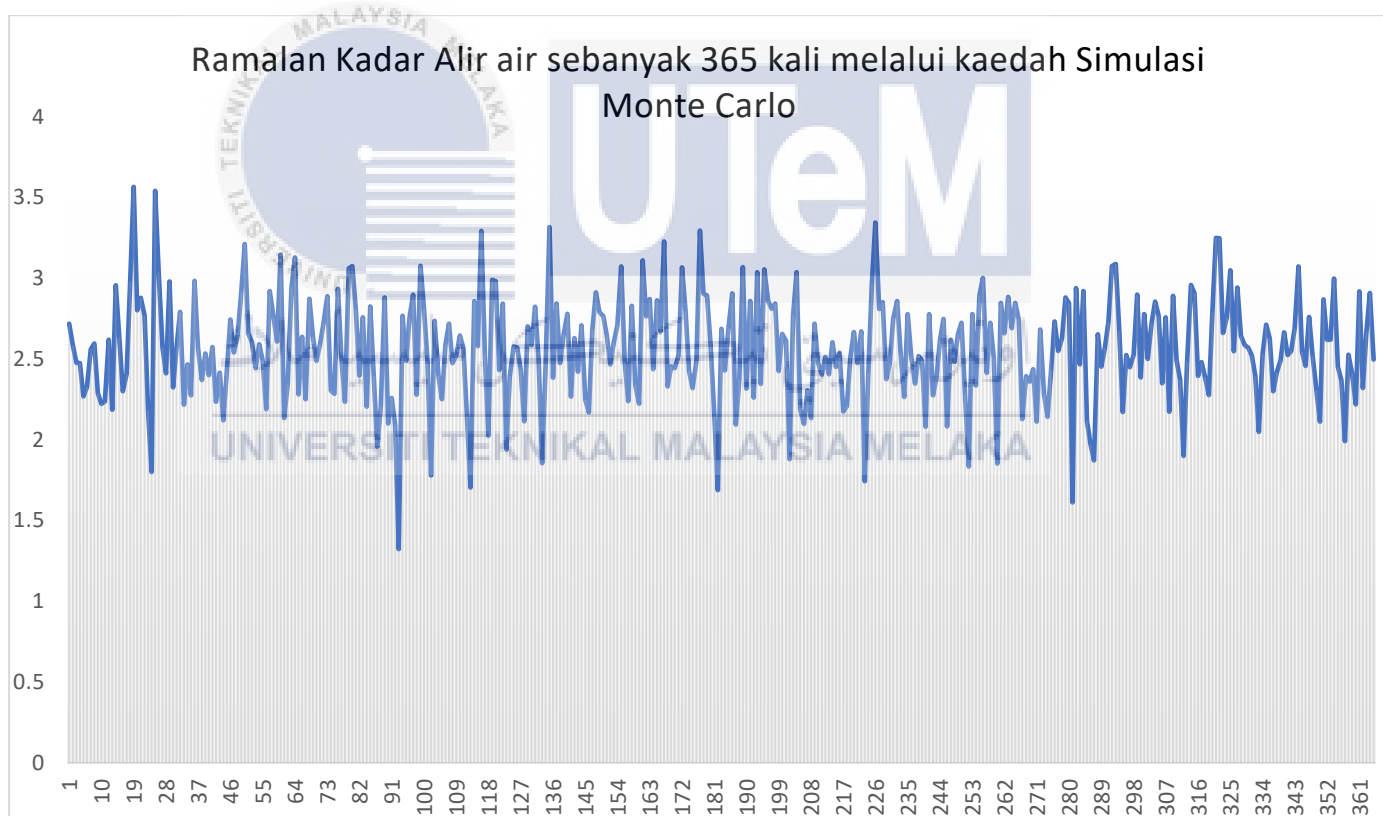
$$P = 2.073 \times 10^6 \text{ W}$$

$$P = 2.073 \text{ MW.}$$

Selepas data dihasilkan, kesemua data tersebut dimasukkan kedalam Microsoft Excel. Melalui formula 4.1 yang dimasukkan kedalam Microsoft Excel, jumlah tenaga kuasa hidro bagi setiap nilai kadar alir dapat dikira. Kesemua nilai tersebut terdapat pada lampiran C.

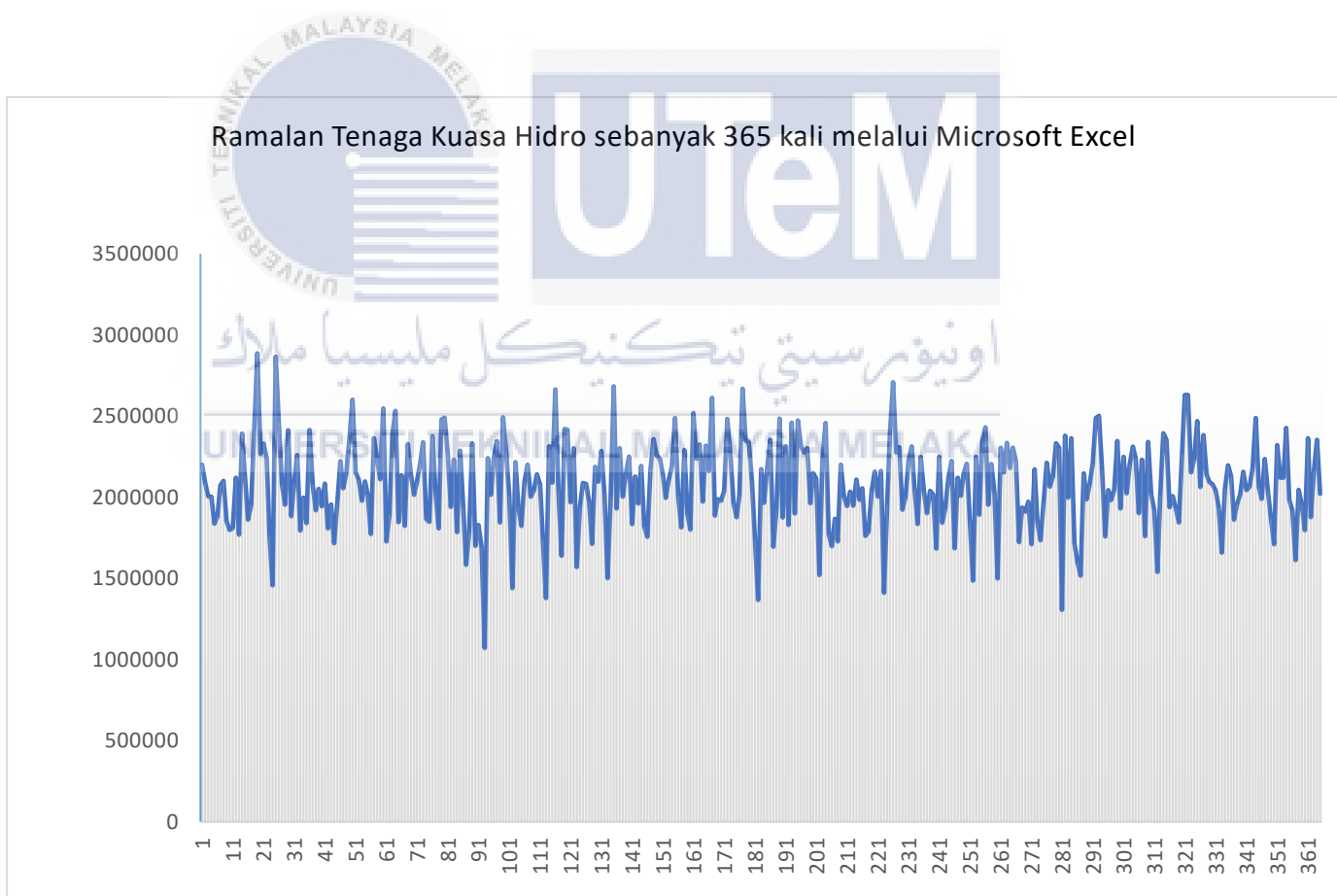
4.2.1 Graf ramalan Kadar Alir air dan Tenaga Kuasa Hidro.

Graf di atas menunjukkan pola kadar alir air yang direkodkan selepas dihasilkan melalui simulasi Monte Carlo dalam perisian Weibull++7. Data tersebut dihasilkan daripada data kadar alir air yang direkodkan pada bulan May 2016 sepanjang sebulan (Jadual 4.1). Daripada graf tersebut, kadar alir yang paling tinggi yang dapat diramal bagi mewakili bulan May adalah $3.5654 \text{ m}^3/\text{s}$. Manakala bacaan yang paling rendah yang tercatat adalah sebanyak $1.323 \text{ m}^3/\text{s}$.



Rajah 4.2 : Ramalan Kadar Alir sebanyak 365 kali.

Graf ramalan Tenaga Kuasa Hidro di atas dihasilkan daripada data kadar alir air yang di simulasikan melalui Sistem Simulasi Monte Carlo dalam perisian ReliaSoft Weibull++7. Daripada hasil simulasi kadar alir air itu, formula Kuasa (formula 4.1) dimasukkan kedalam Microsoft Excel (Lampiran 6..). Seperti apa yang dapat dilihat pada graf di atas, ramalan tenaga kuasa hidro yang paling tinggi adalah 2.8873 MW manakala tenaga yang paling rendah yang dapat dihasilkan ialah 1.0714 MW.

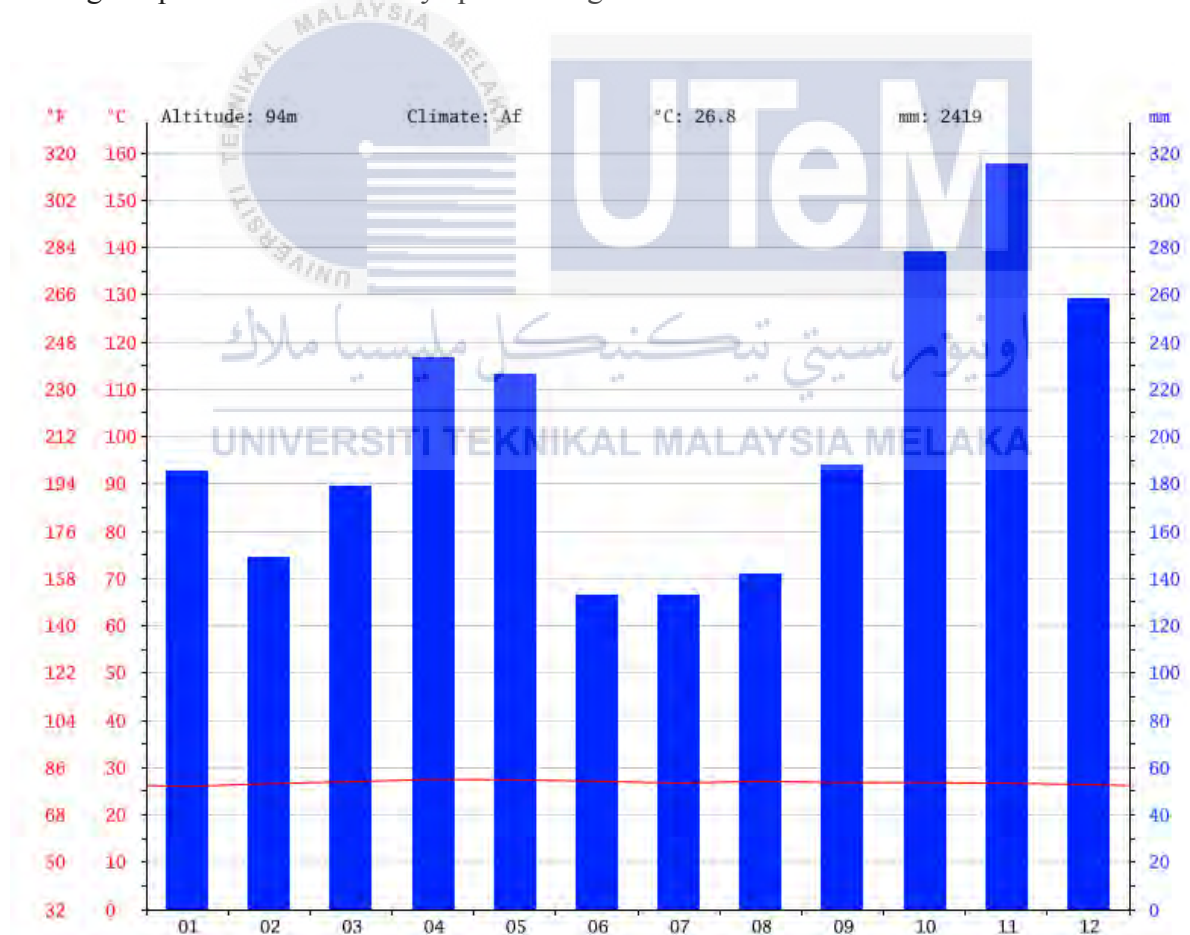


Rajah 4.3 : Jumlah ramalan Tenaga Hidro Elektrik sebanyak 365 kali.

4.3 Iklim di Sungai Perring, Bentong, Pahang.

Iklim di kawasan Sungai Perring, Bentong boleh diklasifikasikan sebagai kawasan yang beriklim tropika. Iklim ini terdapat hujan sepanjang tahun di kawasan Bentong. Walaupun pada bulan kering iaitu pada bulan April, May, Jun, Julai, Ogos dan September, tetapi masih ada hujan. Purata suhu di kawasan Bentong adalah 26.8 °C manakala purata hujan adalah 2419 mm.

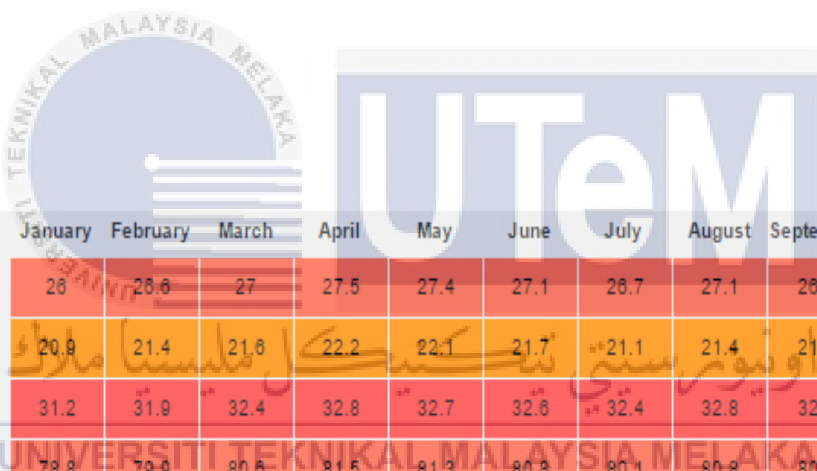
Pemendakan paling sedikit adalah pada bulan Jun, dengan purata 133 mm. Kebanyakan air hujan akan turun di bulan November, dengan purata 315 mm. Garisan merah yang terdapat pada graf iklim tersebut adalah purata suhu tahunan di kawasan Bentong yang meliputi Sungai Perring tempat dimana terletaknya pusat tenaga kuasa hidro kecil.



Rajah 4.4 : Graf Iklim (Suhu melawan Taburan Hujan dan Bulan) di kawasan Bentong

(Sumber: <https://ms.climate-data.org/location/25945/>)

Pada suhu purata 27.5 °C, April bulan yang paling panas dalam setahun. Dengan meningkatnya suhu, paras air akan berkurang dan seterusnya memberi kesan kepada sungai untuk mengalirkan air memandangkan pada bulan berikutnya iaitu Mei juga merupakan bulan yang sedikit kadar air hujan turun. Hal ini menyebabkan jumlah kadar alir air pada bulan Mei berkurang dengan purata 2.5595 m³/s. Akibat daripada berkurangnya kadar alir air, tenaga kuasa hidro yang dapat dihasilkan pada bulan tersebut tidak melepasi 4 MW seperti yang dicatatkan pada bulan November dan Disember dimana kadar alir air pada bulan-bulan tersebut sangat tinggi dan membuatkan tenaga kuasa hidro yang dapat dijana mencecah 4 MW dan ke atas. Pada bulan Januari, purata suhu ialah 26.0 °C. Ini adalah purata suhu terendah dalam setahun.



	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
Avg. Temperature (°C)	26	26.6	27	27.5	27.4	27.1	26.7	27.1	26.8	26.8	26.7	26.4
Min. Temperature (°C)	20.9	21.4	21.6	22.2	22.1	21.7	21.1	21.4	21.2	21.4	21.3	21
Max. Temperature (°C)	31.2	31.9	32.4	32.8	32.7	32.6	32.4	32.8	32.4	32.2	32.2	31.9
Avg. Temperature (°F)	78.8	79.9	80.6	81.5	81.3	80.8	80.1	80.8	80.2	80.2	80.1	79.5
Min. Temperature (°F)	69.6	70.5	70.9	72.0	71.8	71.1	70.0	70.5	70.2	70.5	70.3	69.8
Max. Temperature (°F)	88.2	89.4	90.3	91.0	90.9	90.7	90.3	91.0	90.3	90.0	90.0	89.4
Precipitation / Rainfall (mm)	185	149	179	233	226	133	133	142	188	278	315	258

Rajah 4.5 : Jadual Iklim di Bentong selama 12 bulan.

(Sumber: <https://ms.climate-data.org/location/25945/>)

Jadual iklim tersebut menunjukkan kadar penurunan hujan mengikut bulan serta jumlah minima dan maksima suhu di daerah Bentong. Seperti yang dapat dilihat, pada bulan Oktober, November dan Disember, kadar penurunan hujan lebih tinggi daripada bulan-bulan biasa. Kadar penurunan hujan yang paling rendah yang dapat dilihat adalah pada bulan Jun dan Julai.



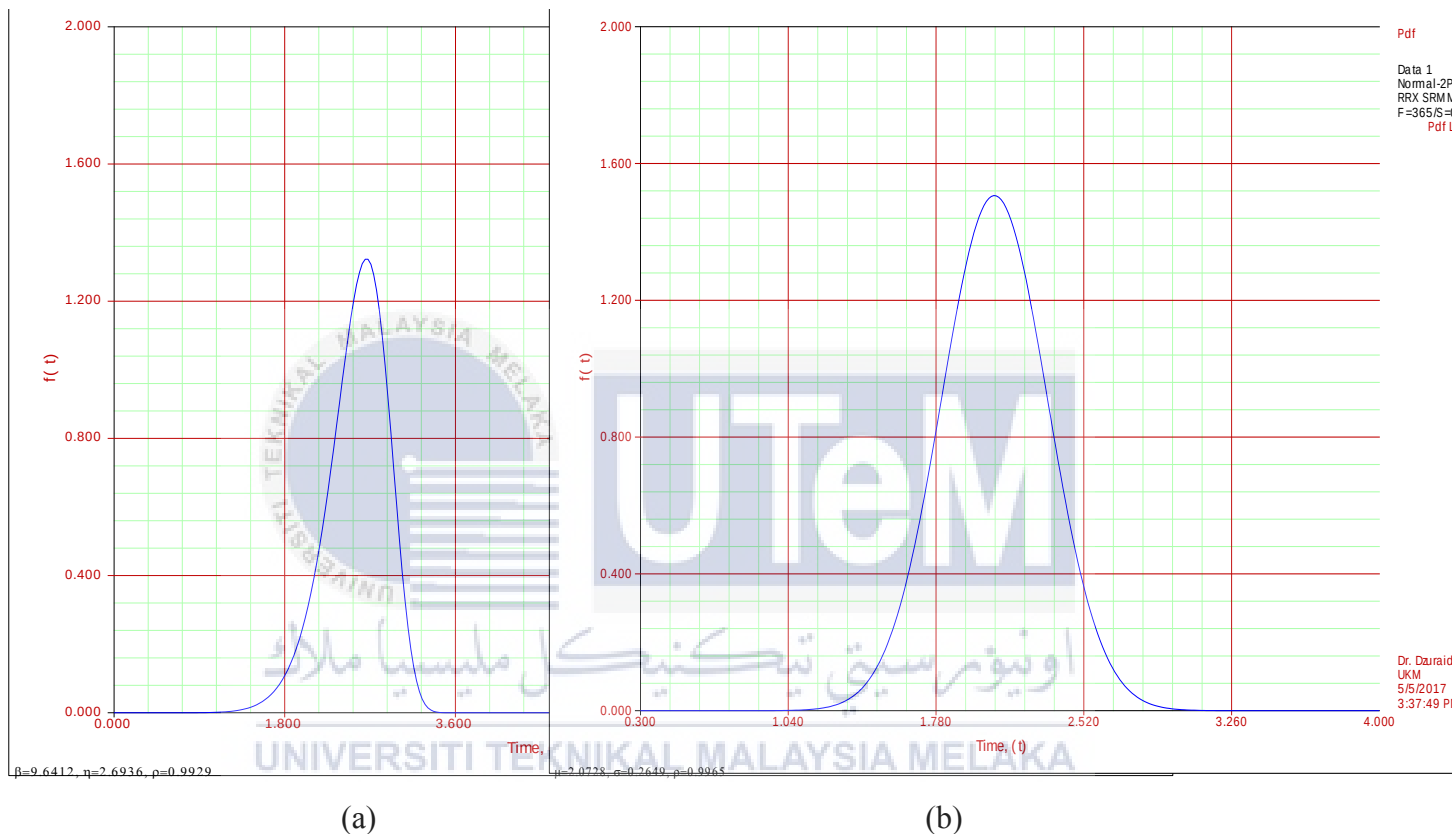
4.4 Penjanaaan Simulasi Monte Carlo melalui Kaedah Taburan Weibull dan Taburan Normal.

Penjanaaan simulasi sistem Monte Carlo melalui kaedah Taburan Weibull dan Taburan Normal telah dilakukan dalam perisian Weibull ++7. Seperti yang dapat dilihat pada graf Taburan Weibull pada Rajah 4.7(a) tersebut, lengkung graf Weibull untuk data kadar alir air lebih kecil dan meruncing. Taburan ini menjadi simetri dan berbentuk loceng seperti keluk Taburan Normal tetapi sedikit condong ke kanan dan ia adalah pecongan negatif kerana permulaan graf (kaki graf) lebih panjang di sebelah kiri berbanding pengakhiran graf dimana kaki graf tersebut terdapat lekuk kecil. Bentuk model taburan Weibull ini dipengaruhi oleh nilai β dan α . Sekiranya nilai $\beta > 3$ atau 4, maka graf yang dihasilkan akan mencondong ke kanan dan taburan Weibull tersebut adalah sama dengan pengagihan nilai kurtosis. Bentuk taburan ini boleh menjadi model tempoh akhir hayat bagi kadar alir air.

Graf taburan Normal bergantung kepada dua faktor – min dan sisihan piawai. Nilai purata taburan menentukan lokasi pusat graf, dan sisihan piawai menentukan ketinggian graf. Apabila nilai sisihan piawai adalah besar, maka graf bentuk lengkung akan menjadi pendek dan lebar. Manakala apabila nilai sisihan piawai adalah kecil, maka keluk adalah tinggi dan sempit. Semua taburan Normal kelihatan seperti lengkung simetri dan berbentuk loceng seperti dalam Rajah 4.7(b). Perkara yang perlu diambil perhatian tentang Taburan Normal adalah pencong yang tertumpu di bahagian tengah graf dan menurun di kedua-dua belah kanan dan kiri graf. Hal ini kerana data kadar alir mempunyai kurang kecenderungan untuk menghasilkan nilai ‘extreme value’ yang dipanggil data terpencil. Bentuk loceng juga bermaksud bahawa data adalah simetri dan dengan itu kita boleh membuat jangkaan yang munasabah tentang

kemungkinan bahawa hasil akan berada di antara julat sebelah kiri atau kanan pusat selepas mengetahui nilai sisihan piawai yang terdapat dalam data.

Graf Taburan bagi data Kadar Alir Air.



(Graf PDF melawan Masa, rujuk Lampiran D3 & D5)

Rajah 4.6 : Graf Taburan Weibull (a) dan Taburan Normal (b) yang menggunakan data kadar alir air yang dihasilkan melalui simulasi Monte Carlo dengan kaedah fungsi ketumpatan keberangskalian dalam perisian Weibull++7.

Analisis Graf Taburan Weibull dan Graf Taburan Normal bagi Kadar Alir Air.

Penyesuaian Taburan Weibull ini menjadikannya popular bagi penggunaan analisis statistik bagi data eksperimen dan kehidupan. Taburan mungkin mempunyai nilai yang semakin meningkat, menurun atau nilai kadar kegagalan yang sama. Taburan Weibull mempunyai tiga parameter iaitu : bentuk, skala dan parameter lokasi. Pengagihan yang paling kerap digunakan adalah bentuk dan parameter skala. Lokasi parameter mengubah titik permulaan taburan melalui pengalihan walaupun pada paksi-x. Parameter bagi Taburan Weibull dan sempadan diberi :

- Beta (β) adalah parameter bentuk yang juga dikenali sebagai cerun ($\beta > 0$)
 - o $\beta < 1$ mewakili kadar pengurangan kadar kegagalan
 - o $\beta = 1$ mewakili kadar nilai kegagalan yang sama
 - o $\beta > 1$ mewakili kadar kenaikan kadar kegagalan.
- Alpha (α) adalah parameter skala, juga dikenali sebagai parameter hidup ($\alpha > 1$)
- Gamma (γ) adalah parameter lokasi ($-\infty < \gamma < \infty$)
- t adalah pemboleh ubah yang mewakili masa.

Graf dalam Rajah 4.6(a), Taburan Weibull mempunyai nilai fungsi ketumpatan kebarangkalian yang tinggi dan lebih mencondong ke kanan daripada graf Taburan Normal. Nilai fungsi ketumpatan kebarangkalian bagi kurtosis adalah (lebih kurang) 1.32 dan 2.70 bagi nilai masa (PDF melawan Masa). Graf Taburan Weibull mula terbentuk pada masa (lebih kurang) 1.08 s dan berakhir pada minit ke 3.42 s.

Taburan Normal adalah salah satu taburan yang paling banyak diketahui umum dan selalu digunakan dalam fungsi kepadatan kebarangkalian. Ia ditakrifkan daripada nilai negatif infiniti kepada positif infiniti dan simetri. Taburan ini berbentuk loceng dan Min, Mod dan Median semua mempunyai nilai yang sama di tengah-tengah taburan. Taburan Normal ini tidak mempunyai faktor bentuk, yang membawa maksud bahawa bentuk adalah sentiasa sama iaitu berbentuk loceng. Parameter taburan dan sempadan diberi sebagai :

- Mu (μ) digunakan sebagai mean dan parameter lokasi ($\mu \in R$)
- Sigma (σ) digunakan untuk sisihan piawai atau skala parameter ($\sigma > 0$)
- t adalah mewakili masa.

Graf dalam Rajah 4.6(b) pula mempunyai nilai fungsi ketumpatan kebarangkalian yang lebih rendah daripada graf Taburan Weibull, simetri dan berbentuk loceng yang sempurna. Nilai fungsi ketumpatan kebarangkalian bagi kurtosis adalah (lebih kurang) 1.23 dan 2.60 bagi nilai masa (PDF melawan Masa). Graf bagi Taburan Normal pula mula terbentuk pada masa (lebih kurang) 1.36 s dan berakhir pada 3.84 s.

Parameter Taburan Weibull & Normal untuk Kadar Alir Air.

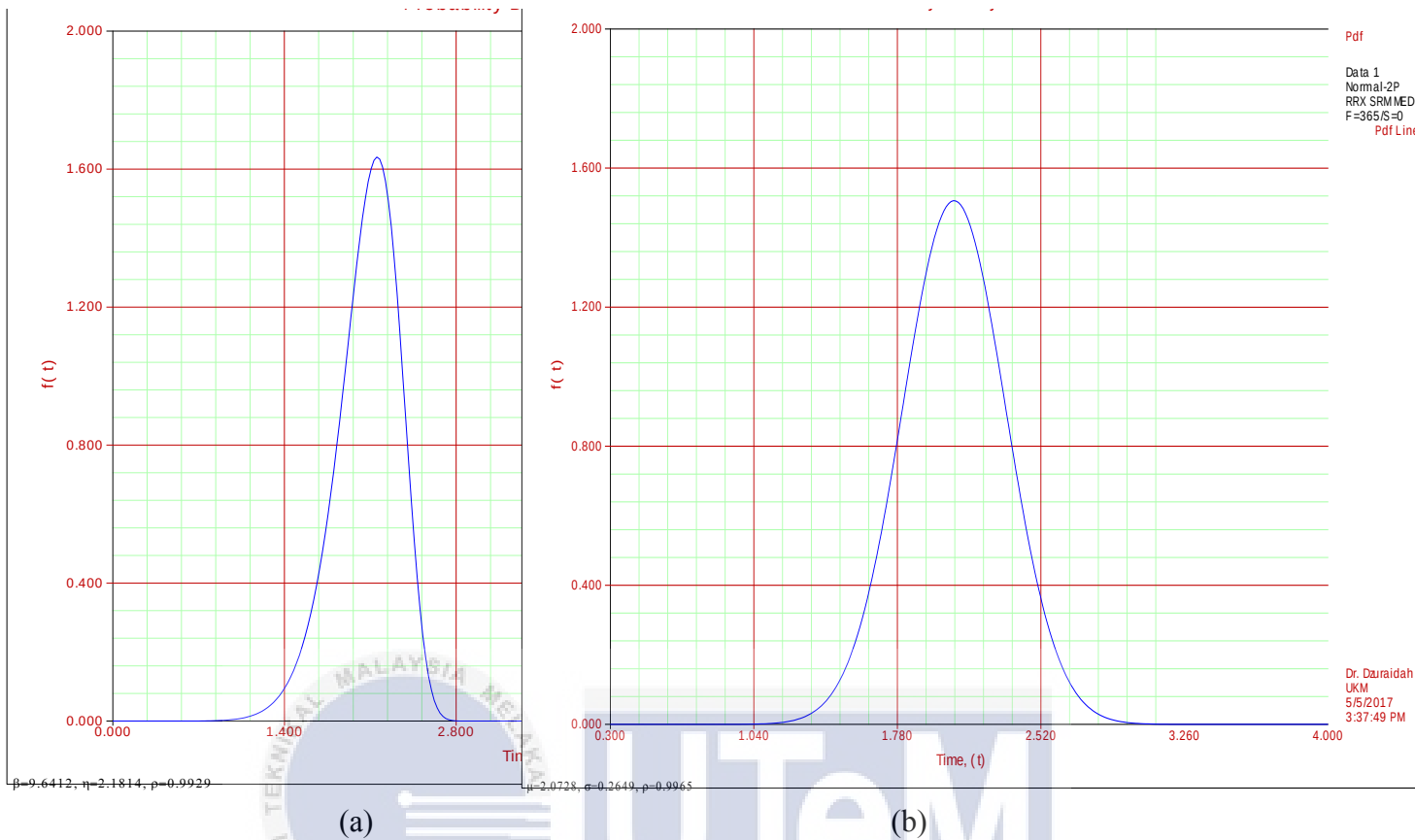
Taburan	Parameter	Nilai
Weibull	Beta (β)	9.6412
	Eta (η) atau Alpha (α)	2.6936
Normal	Min (μ)	2.5595
	Sisihan Piawai (σ)	0.3271

Jadual 4.2 : Parameter setiap taburan beserta nilai.

Graf Taburan bagi data Tenaga Kuasa Hidro.

Graf Taburan Weibull dengan kaedah Fungsi Ketumpatan Kebarangkalian. Graf dalam Rajah 4.7(a), Taburan Weibull bagi tenaga kuasa hidro mempunyai nilai fungsi ketumpatan kebarangkalian yang lebih tinggi daripada graf Taburan Normal dan mencondong ke kanan serta berbentuk loceng. Nilai fungsi ketumpatan kebarangkalian bagi kurtosis adalah (lebih kurang) 1.65 dan 2.20 bagi nilai masa (PDF melawan Masa). Graf tersebut mula menaik pada masa ke 0.90 s dan tamat pada 2.76 s.

Graf dalam Rajah 4.7(b), Taburan Normal bagi tenaga kuasa hidro mempunyai nilai fungsi ketumpatan kebarangkalian yang rendah berbanding Taburan Weibull, simetri dan berbentuk loceng yang sempurna. Nilai fungsi ketumpatan bagi kurtosis adalah (lebih kurang) 1.50 dan 2.08 bagi nilai masa (PDF melawan Masa). Graf bagi Taburan Normal mula menaik pada masa ke 0.95 s dan berakhir pada 3.01 s.



Rajah 4.7 : Graf Taburan Weibull (a) dan Taburan Normal (b) yang dihasilkan melalui data simulasi Monte Carlo untuk Tenaga Kuasa Hidro dengan kaedah fungsi ketumpatan kebarangkalian dengan menggunakan perisian Weibull ++7.

Analisis Graf Taburan Weibull dan Graf Taburan Normal bagi Tenaga Kuasa Hidro.

Parameter Taburan Weibull & Normal untuk Tenaga Kuasa Hidro.

Taburan	Parameter	Nilai
Weibull	Beta (β)	9.6412
	Eta (η) atau Alpha (α)	2.1814
Normal	Min (μ)	2.0728
	Sisihan Piawai (σ)	0.2649

Jadual 4.3 : Parameter setiap taburan beserta nilai.

Berdasarkan pengiraan dengan menggunakan persamaan (4.1), keluaran kuasa purata yang dijana dengan hasil ramalan simulasi Monte Carlo berdasarkan data pada bulan May 2016 adalah 2.073 MW. Rajah 4.4 menunjukkan plot yang bertaburan untuk kuasa dieksploitasi dalam sistem tenaga kuasa hidro kecil. Berdasarkan graf, data diedarkan secara rawak. Nilai maksimum dan minimum telah dikesan iaitu sebanyak 2.887 MW dan 1.071 MW. Pada dasarnya, turun naik kuasa tenaga hidro ini adalah berkadar terus dengan kadar aliran air seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4.3. Turun naik nilai dalam graf adalah disebabkan oleh cuaca yang tidak menentu seperti hujan dan panas yang turut mempengaruhi kadar alir air. Tahap air akan menjadi sedikit berkurang dan lemah dalam cuaca kering berbanding dengan musim dimana hujan kerap turun.

Rajah 4.6 dan 4.7 menunjukkan fungsi ketumpatan kebarangkalian untuk keluaran kuasa yang dijana oleh simulasi Monte Carlo melalui perisian ReliaSoft Weibull++7. Fungsi ketumpatan kebarangkalian ialah keluk yang mewakili taburan kebarangkalian bagi kaedah Taburan Weibull dan Normal bagi satu pemboleh ubah rawak tenaga kuasa yang dihasilkan secara berterusan. Keluk menunjukkan kawasan kebarangkalian yang lebih tinggi dan lebih

rendah untuk nilai-nilai pemboleh ubah rawak. Daripada graf taburan Weibull dan Normal, ia menunjukkan bahawa kebarangkalian kuasa yang dapat dihasilkan adalah lebih padat antara 2.0 – 2.8 MW. Ini bermaksud, kawasan taburan ini mempunyai kebarangkalian tenaga kuasa dapat dihasilkan pada bulan May ini merupakan nilai kuasa yang paling tinggi yang dapat dijana dalam MW oleh sistem. Graf taburan Weibull itu lebih condong ke kiri dan nilai Min terletak disebelah kanan nilai puncak. Nilai puncak graf taburan Weibull menunjukkan Min yang dapat dihasilkan daripada sistem tenaga kuasa hidro kecil adalah sebanyak 2.181 MW.

Manakala bagi graf taburan Normal pula, berbentuk simetri dan loceng yang sempurna. Nilai Min terletak pada puncak graf iaitu sebanyak 2.076 MW dimana nilai ini lebih hampir dengan nilai purata yang dikira melalui Microsoft Excel melalui formula 4.1.



BAB 5

KESIMPULAN DAN CADANGAN

5.1 Pengenalan

Ancaman perubahan iklim yang disebabkan oleh bahan api fosil dan peningkatan harga bahan api fosil membuatkan sumber tenaga yang boleh diperbaharui membangun dengan lebih pesat. Sumber tenaga bersih yang terbesar yang boleh diperbaharui adalah Kuasa Tenaga Hidro, telah memainkan peranan penting dalam campuran tenaga global. Tenaga yang dihasilkan oleh kuasa hidro kecil dianggap sebagai alternatif yang boleh diperbaharui yang memenuhi keperluan untuk mengurangkan pergantungan kepada bahan api fosil di samping mengurangkan pelepasan gas rumah hijau. Tambahan pula, kuasa tenaga hidro kecil dianggap sebagai salah satu cara yang berkesan dalam memastikan penjagaan alam sekitar terus dipelihara serta merupakan teknologi yang paling menjimatkan kos.

UNIVERSITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA

5.2 Kesimpulan

Laporan ini memberikan maklumat tentang hasil ramalan pengeluaran kuasa tenaga hidro kecil berdasarkan kadar aliran air di kawasan Sungai Perting, Bentong. Selain itu, ramalan pengeluaran kuasa untuk sistem tenaga kuasa hidro kecil itu adalah satu kaedah untuk memastikan bekalan tenaga elektrik dapat dihasilkan secara berterusan untuk permintaan penduduk setempat serta merancang untuk bekalan kuasa simpanan apabila berlaku sebarang kecemasan. Pengeluaran tenaga kuasa hidro kecil boleh didapati daripada beberapa ratus kW sehingga 10 MW. Dalam kajian ini, nilai Min kadar aliran air yang dijana pada bulan Mei 2016 adalah 2.324 m³/s. Manakala purata jumlah tenaga kuasa hidro yang dijana pada bulan ini melalui 50% kecekapan adalah 1.882 MW

Taburan Weibull digunakan secara meluas dalam analisis keboleharapan dan analisis data hayat. Bergantung kepada nilai parameter, taburan Weibull boleh digunakan untuk model pelbagai tingkah laku kehidupan seharian seperti pengiraan kadar aliran air dan tenaga kuasa hidro. Salah satu aspek penting dalam taburan Weibull adalah bagaimana nilai-nilai parameter bentuk, β , dan parameter skala, η , memberi kesan kepada ciri-ciri pengagihan seperti bentuk pencong fungsi ketumpatan kebarangkalian, keboleharapan dan kadar kegagalan.

Taburan Normal mempunyai ciri-ciri yang mudah, jadi dalam banyak kes, terutamanya dalam tenaga kuasa hidro, perubahan secara rawak dalam taburan sering dianggap normal yang membolehkan kebarangkalian dapat dikira. Walaupun ianya boleh menjadi andaian yang salah, namun kaedah taburan ini selalunya meramal sesuatu data dengan penghampiran yang baik kerana hasil daripada teorem had pusat.

Hasil daripada simulasi Monte Carlo yang dilakukan melalui data kadar aliran air yang direkodkan pada bulan Mei 2016 telah menghasilkan data sebanyak 365 kali seterusnya dapat meramal jumlah kadar alir air dan tenaga kuasa hidro pada bulan tersebut. Data kadar alir air dan tenaga kuasa hidro boleh dilihat pada Lampiran C. Jumlah purata kadar alir bagi 365 data tersebut $2.5595 \text{ m}^3/\text{s}$, manakala purata bagi tenaga kuasa hidro pula adalah 2.073 MW.

Bagi ramalan data kadar alir air yang dijana oleh simulasi Monte Carlo, data yang paling tinggi diantara 365 data itu adalah sebanyak $3.5654 \text{ m}^3/\text{s}$ manakala data paling rendah yang direkodkan ialah sebanyak $1.323 \text{ m}^3/\text{s}$. Manakala bagi ramalan data tenaga kuasa hidro yang dijana oleh simulasi Monte Carlo, daripada data kadar alir yang paling tinggi dan paling rendah terhasilnya data tenaga kuasa yang paling tinggi dan paling rendah iaitu, sebanyak 2.8873 MW dan 1.0714 MW.

Bagi situasi kadar aliran air dan tenaga kuasa hidro yang diramal oleh Simulasi Monte Carlo ini, masih lagi tidak dapat menepati kehendak sebenar projek iaitu untuk mendapatkan ramalan tenaga kuasa yang melebihi 4 MW. Hal ini disebabkan oleh faktor iklim dan cuaca yang tidak menentu. Bagi jenis taburan yang sesuai dengan ramalan yang dilakukan ini untuk mencari keboleharapan ialah Taburan Normal. Nilai yang dihasilkan oleh taburan Normal dengan menggunakan kaedah Fungsi Ketumpatan Kebarangkalian lebih tepat dengan kadar aliran air dan tenaga kuasa hidro yang dijana oleh simulasi Monte Carlo berbanding dengan Taburan Weibull yang menggunakan kaedah yang sama.

5.3 Cadangan.

Senarai berikut meringkaskan untuk meningkatkan potensi dan kemungkinan masa depan untuk penyelidikan yang akan datang :

- i. Meningkatkan kualiti data.
 - Melakukan penyelidikan dengan lebih mendalam tentang sub-sistem data dan komponen yang terlibat dalam Sistem Tenaga Kuasa Hidro Kecil.
- ii. Menambah gambarajah fasa untuk membezakan antara kebarangkalian kegagalan dan kebarangkalian keboleharapan terhadap data kadar alir dan tenaga kuasa hidro.
- iii. Graf hasil daripada taburan yang dilakukan perlu dibandingkan didalam satu muka graf melalui pengkodan perisian MatLab supaya mudah kerja untuk perbandingan di antara taburan.
- iv. Turbin
 - Untuk mendapatkan tenaga kuasa yang lebih besar, keadaan turbin perlu sentiasa diselenggara. Hal ini kerana mungkin air yang dibawa melalui saluran paip mempunyai batu-batu kecil atau daun-daun kering yang terlepas dari proses penapisan dari Rumah Pam ke Rumah Kuasa lalu terkena turbin dan menyebabkan pusingan turbin lemah dan tidak mampu untuk menjana tenaga kuasa dengan lebih kuat.
- v. Penstock/ Saluran paip
 - Saluran ini yang membawa air ke Rumah Kuasa perlu sentiasa di cuci kerana mungkin lumut akan mula tumbuh di sekeliling permukaan dalam paip yang boleh menyebabkan kurangnya kecekapan tenaga daripada tenaga hidro.

RUJUKAN

- 1) Zhou, Jiyi., Ziad K. Shawwash, Daniel Archila, Paul Vassilev, Gillian Kong, Vladmir Plesa, Alaa Abdalla. "Reliability Analysis Approach for Operations Planning of Hydropower Systems." Informatics and the Environment: Data and Model Integration in a Heterogeneous Hydro World. New York: HIC2014, 2014.
- 2) IHA Central Office, Chancery House, St Nicholas Way, Sutton, London SM1 1JB, United Kingdom, retrieve from "<https://www.hydropower.org/types-of-hydropower> "
- 3) Diambil_daripada_ "<https://web.stanford.edu/group/efmh/jacobson/Articles/I/.../HartJacRenEnMar11.pdf> by MZ Jacobson - 2011".
- 4) Diambil_daripada_ "<http://www.hydroworld.com/articles/print/volume-24/issue-4/features/exploring-malaysia-s-small-hydro-potential.html> (By Samizee Abdullah, Engku Ahmad Azrulhisham, Mohd Juhari Mat Basri and Jamel Othman)"
- 5) Diperoleh dari "<http://www.bioclear.com.my/>"
- 6) Meter_Aliran_Signature_diambil_daripada_ "<http://www.isco.com/products/products3.asp?PL=2022510>"
- 7) Laser_Flow_Sensor_Halaju_tidaksentuh_diperoleh_daripada_ "<http://www.isco.com/products/products3.asp?PL=2022720>"
- 8) Sambungan_Meter_Aliran_Signature_diperoleh_daripada_ "<http://www.isco.com/signature/>."
- 9) Turgo_Turbin_2.1_MW_ "<http://www.gilkes.com/case-studies/SG-PERTING>"
- 10) Perisian_Simulasi_Monte_Carlo_ "<http://weibull.com/hotwire/issue3/hottopics3.htm>"

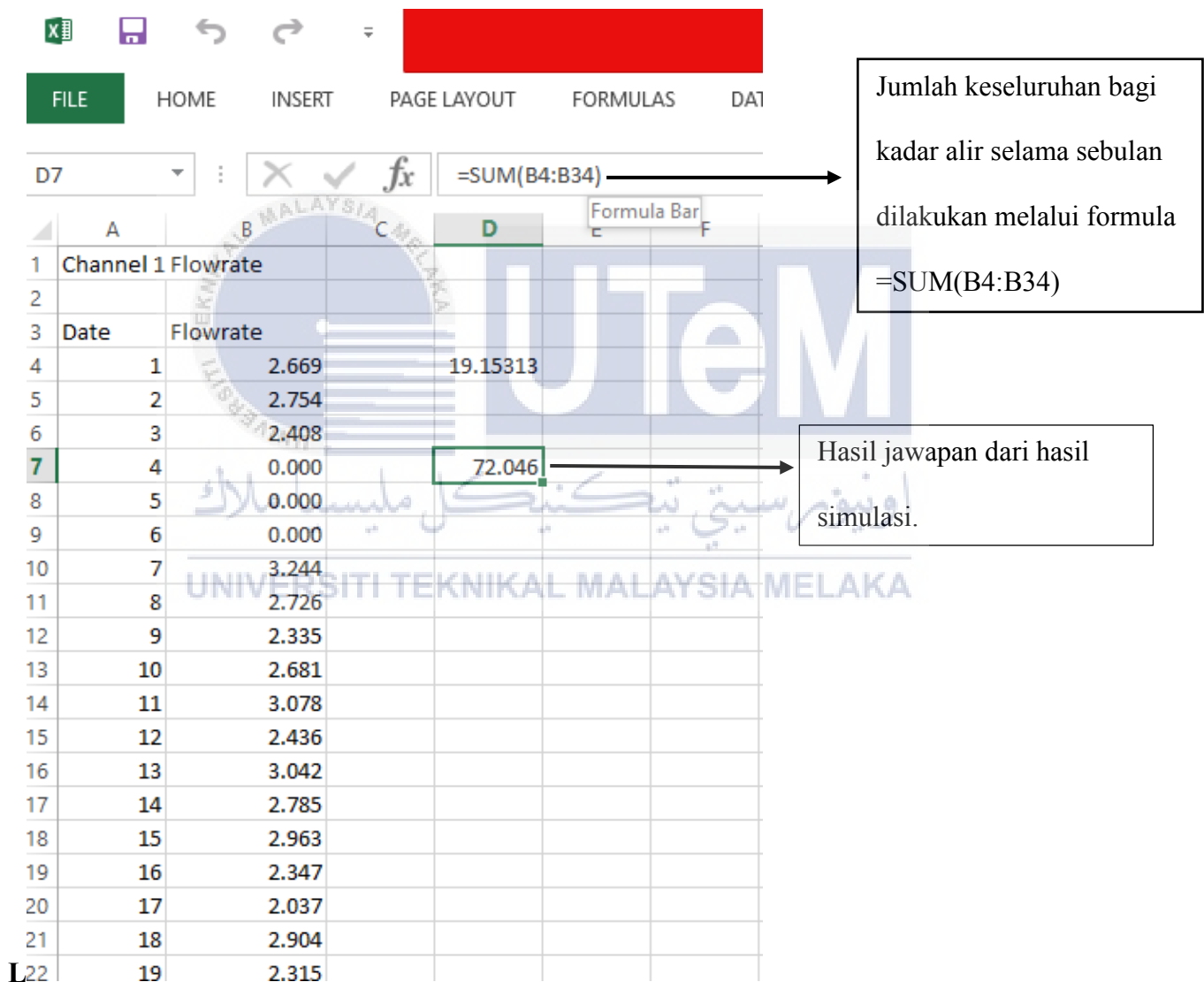
- 11) Monte-Carlo simulation of information system project performance Weihua Yanga*, Cong Tiana, Systems Engineering Procedia 3 (2012) 340 – 345, 2011 a School of Management, Dalian Polytechnic University, Dalian 116034, China
- 12) Emad E. Elmahdy (2016) Reliability Analysis for Monte Carlo Simulation Using the Expectation-Maximization Algorithm for a Weibull Mixture Distribution Model. J Appl Computat Math 5:310. doi:10.4172/2168-9679.1000310
- 13) Determination of the optimal installation capacity of small hydro-power plants through the use of technical, economic and reliability indices. (S.M.H. Hosseinia,*, F. Forouzbakhshb, M. Rahimpoura) Electrical Engineering Department, Faculty of Engineering, Islamic Azad University, Tehran South Unit, Mahallati Expway, Tehran, Iran.
 - a. Electrical Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Tehran,
 - b. Campus No.2, North Kargar Ave., Tehran, Iran
- 14) Small Hydropower System (DOE/GO-102001-1173FS217 July 2001)
- 15) Diambil_daripada_ <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211381911001925>
- 16) Diperoleh_daripada_ <http://www.omicsgroup.org/journals/reliability-analysis-for-monte-carlo-simulation-using-the-expectationmaximization-algorithm-for-a-weibull-mixture-distribution-mod-2168-9679-1000310.php?aid=75797>
- 17) By D Sapkota – availability_conference.ioe.edu.np/ioegc2014/papers/IOE-CONF-2014-24.pdf
- 18) Simulasi_Monte_Carlo_ http://www.palisade.com/risk/monte_carlo_simulation.asp

- 19) Penerangan_Taburan_Weibull_ <http://www.real-statistics.com/other-key-distributions/weibull-distribution/>
- 20) Diambil_daripada_ <http://keisan.casio.com/has10/SpecExec.cgi?id=system/2006/1180573173>
- 21) Artikel_daripada_meih.st.gov.my/.../10620/24e31d05-01fa-4dcf-adeb-eac0452b24cf
- 22) Amcorp_Perting_ www.amcorpproperties.com/html/details.aspx?ID=6&PID=31&NID=78...
- 23) Iklim_di_Bentong_ <https://ms.climate-data.org/location/25945/>
- 24) Fungsi_Ketumpatan_Kebarangkalian_ <http://stattrek.com/probability-distributions/normal.aspx> (2.2.4)
- 25) Perisian_ReliaSoft_ <http://weibull.reliasoft.com/> (3.3.2)
- 26) Diperoleh_daripada_ <https://www.mathworks.com/help/stats/normpdf.html?requestedDomain=www.mathworks.com>(formula 2.7)
- 27) Diambil_daripada_ <http://support.minitab.com/en-us/minitab-express/1/help-and-how-to/basic-statistics/probability-distributions/how-to/probability-density-function-pdf/methods-and-formulas/methods-and-formulas/> (3.3.3)
- 28) Pencong_dan_Kurtosis_ <https://www.spcforexcel.com/knowledge/basic-statistics/are-skewness-and-kurtosis-useful-statistics> April 2008 (Revised February 2016)

LAMPIRAN

LAMPIRAN A

Contoh pengiraan jumlah keseluruhan kadar alir selama sebulan melalui Microsoft Excel.

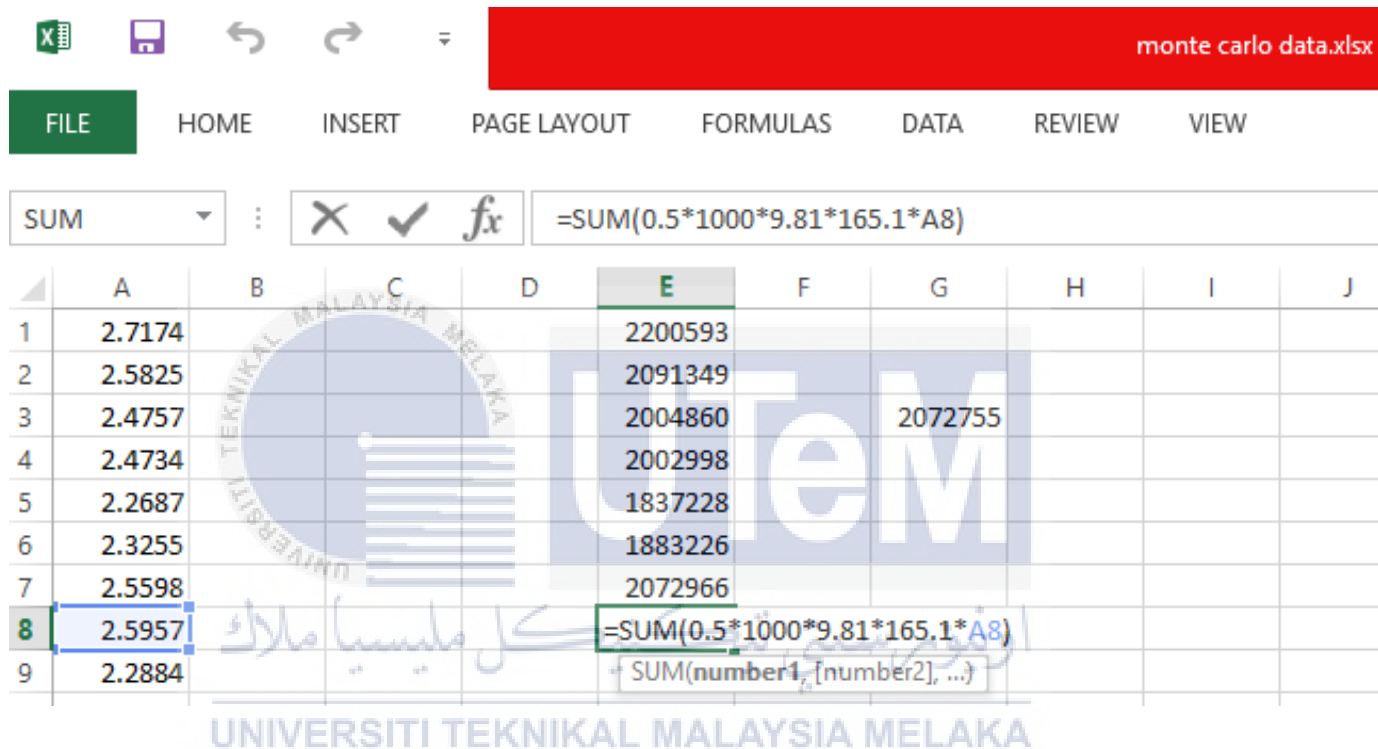


Rajah 6.1 : Hasil jumlah keseluruhan kadar alir melalui simulasi yang dilakukan dalam

Microsoft Excel

LAMPIRAN B

Contoh pengiraan Tenaga Kuasa Hidro yang diramal melalui Microsoft Excel.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	2.7174				2200593					
2	2.5825				2091349					
3	2.4757				2004860		2072755			
4	2.4734				2002998					
5	2.2687				1837228					
6	2.3255				1883226					
7	2.5598				2072966					
8	2.5957				=SUM(0.5*1000*9.81*165.1*A8)					
9	2.2884				SUM(number1, [number2], ...)					

Rajah 6.2 : Formula Kuasa yang dimasukkan kedalam Microsoft Excel untuk mengira jumlah kuasa bagi setiap kadar alir.

LAMPIRAN C

Jadual Kadar Alir dan Tenaga Kuasa Hidro.

Hari	Kadar Alir (m ³ /s)	Tenaga kuasa Hidro (x10 ⁶ W)
1	2.7174	2.200593
2	2.5825	2.091349
3	2.4757	2.004860
4	2.4734	2.002998
5	2.2687	1.837228
6	2.3255	1.883226
7	2.5598	2.072966
8	2.5957	2.102038
9	2.2884	1.853182
10	2.2217	1.799167
11	2.2358	1.810585
12	2.6187	2.120664
13	2.1848	1.769285
14	2.956	2.393815
15	2.6331	2.132325
16	2.2996	1.862252
17	2.4097	1.951412
18	2.9777	2.411388
19	3.5654	2.887316
20	2.8016	2.268779
21	2.8785	2.331054
22	2.7689	2.242298
23	2.181	1.766208
24	1.8005	1.458073
25	3.5398	2.866585

26	3.0399	2.461758
27	2.5713	2.082279
28	2.4117	1.953032
29	2.9802	2.413412
30	2.3241	1.882092
31	2.572	2.082845
32	2.7916	2.260681
33	2.2161	1.794632
34	2.4666	1.997491
35	2.2737	1.841278
36	2.9844	2.416813
37	2.5652	2.077339
38	2.3693	1.918696
39	2.5334	2.051587
40	2.4	1.943557
41	2.5729	2.083574
42	2.2337	1.808885
43	2.4145	1.955300
44	2.1189	1.715918
45	2.4242	1.963155
46	2.7442	2.222296
47	2.5388	2.055960
48	2.6529	2.148360
49	2.9128	2.358831
50	3.2124	2.601451
51	2.6595	2.153704
52	2.6048	2.109407
53	2.4426	1.978055
54	2.5909	2.098151
55	2.4892	2.015793
56	2.1896	1.773172
57	2.9197	2.364418
58	2.7574	2.232985

59	2.607	2.111189
60	3.1456	2.547356
61	2.1325	1.726932
62	2.3406	1.895454
63	2.943	2.383287
64	3.1288	2.533751
65	2.2805	1.846784
66	2.6366	2.135160
67	2.2511	1.822976
68	2.8732	2.326762
69	2.6376	2.135969
70	2.4875	2.014416
71	2.5888	2.096450
72	2.7206	2.203184
73	2.8878	2.338585
74	2.3034	1.865329
75	2.2832	1.848971
76	2.9344	2.376323
77	2.5027	2.026725
78	2.234	1.809128
79	3.0606	2.478521
80	3.0747	2.489940
81	2.8044	2.271047
82	2.3972	1.941290
83	2.7571	2.232742
84	2.2043	1.785076
85	2.8258	2.288377
86	2.3955	1.939913
87	1.9561	1.584080
88	2.2061	1.786534
89	2.8804	2.332593
90	2.0997	1.700370
91	2.258	1.828563

92	2.0884	1.691219
93	1.323	1.071386
94	2.7683	2.241812
95	2.4881	2.014902
96	2.7605	2.235496
97	2.898	2.346845
98	2.2775	1.844355
99	3.0775	2.492207
100	2.81	2.275582
101	2.4819	2.009881
102	1.7786	1.440338
103	2.7366	2.216141
104	2.3987	1.942504
105	2.251	1.822895
106	2.5891	2.096693
107	2.7175	2.200674
108	2.4752	2.004455
109	2.5224	2.042679
110	2.6442	2.141314
111	2.5667	2.078553
112	2.1513	1.742156
113	1.703	1.379116
114	2.8574	2.313967
115	2.5803	2.089567
116	3.2919	2.665832
117	2.531	2.049643
118	2.024	1.639067
119	2.9896	2.421024
120	2.9826	2.415356
121	2.4313	1.968904
122	2.8425	2.301901
123	1.9391	1.570313
124	2.3937	1.938455

125	2.578	2.087704
126	2.5713	2.082279
127	2.4333	1.970524
128	2.1143	1.712193
129	2.7017	2.187879
130	2.587	2.094993
131	2.8232	2.286271
132	2.4955	2.020895
133	1.8546	1.501884
134	2.466	1.997005
135	3.3158	2.685186
136	2.3837	1.930357
137	2.8431	2.302386
138	2.4744	2.003807
139	2.6482	2.144553
140	2.7798	2.251125
141	2.2671	1.835933
142	2.628	2.128195
143	2.4211	1.960644
144	2.709	2.193790
145	2.247	1.819655
146	2.1696	1.756976
147	2.6835	2.173140
148	2.9119	2.358102
149	2.79	2.259385
150	2.7664	2.240274
151	2.6441	2.141233
152	2.4657	1.996762
153	2.604	2.108760
154	2.708	2.192980
155	3.0735	2.488968
156	2.4813	2.009395
157	2.2393	1.813420

158	2.8298	2.291616
159	2.3394	1.894482
160	2.2234	1.800544
161	3.1111	2.519417
162	2.7642	2.238492
163	2.8716	2.325466
164	2.4362	1.972873
165	2.8618	2.317530
166	2.6711	2.163098
167	3.2273	2.613518
168	2.3293	1.886303
169	2.4544	1.987611
170	2.4432	1.978541
171	2.5197	2.040492
172	3.0661	2.482975
173	2.798	2.265864
174	2.4243	1.963236
175	2.3192	1.878124
176	2.4869	2.013930
177	3.2948	2.668180
178	2.9039	2.351623
179	2.892	2.341986
180	2.597	2.103091
181	2.1488	1.740132
182	1.6882	1.367131
183	2.6855	2.174760
184	2.428	1.966232
185	2.6893	2.177837
186	2.9071	2.354215
187	2.0933	1.695187
188	2.3724	1.921206
189	3.0685	2.484919
190	2.3152	1.874885

191	2.8587	2.315020
192	2.2599	1.830102
193	3.0379	2.460139
194	2.3455	1.899422
195	3.0542	2.473339
196	2.8588	2.315101
197	2.8113	2.276634
198	2.8431	2.302386
199	2.4255	1.964207
200	2.654	2.149250
201	2.6108	2.114266
202	1.8789	1.521562
203	2.7693	2.242622
204	3.0362	2.458762
205	2.1907	1.774063
206	2.0968	1.698021
207	2.3061	1.867516
208	2.1327	1.727094
209	2.718	2.201079
210	2.4763	2.005346
211	2.4027	1.945744
212	2.5127	2.034823
213	2.4051	1.947687
214	2.6037	2.108517
215	2.4513	1.985101
216	2.5381	2.055393
217	2.1759	1.762078
218	2.2068	1.787101
219	2.5125	2.034661
220	2.6656	2.158644
221	2.4747	2.004050
222	2.6698	2.162045
223	1.7426	1.411184

224	2.4119	1.953194
225	2.96	2.397054
226	3.3449	2.708752
227	2.8095	2.275177
228	2.8514	2.309108
229	2.376	1.924122
230	2.4724	2.002188
231	2.751	2.227802
232	2.858	2.314453
233	2.532	2.050453
234	2.265	1.834232
235	2.7784	2.249991
236	2.5186	2.039601
237	2.348	1.901447
238	2.5184	2.039439
239	2.4899	2.016360
240	2.0796	1.684092
241	2.7768	2.248696
242	2.2747	1.842087
243	2.3856	1.931896
244	2.6182	2.120259
245	2.7473	2.224806
246	2.0812	1.685388
247	2.6182	2.120259
248	2.4824	2.010286
249	2.6512	2.146983
250	2.7242	2.206099
251	2.2854	1.850752
252	1.8351	1.486092
253	2.7775	2.249263
254	2.3359	1.891648
255	2.8929	2.342715
256	3.0022	2.431228

257	2.4125	1.953680
258	2.7234	2.205452
259	2.5057	2.029155
260	1.8523	1.500021
261	2.8471	2.305626
262	2.6584	2.152814
263	2.8838	2.335346
264	2.6912	2.179375
265	2.8479	2.306274
266	2.7447	2.222701
267	2.1281	1.723368
268	2.3925	1.937484
269	2.36	1.911165
270	2.4373	1.973763
271	2.1119	1.710249
272	2.682	2.171925
273	2.2793	1.845812
274	2.1423	1.734868
275	2.4305	1.968257
276	2.7325	2.212821
277	2.5489	2.064139
278	2.6275	2.127790
279	2.8811	2.333159
280	2.8455	2.304330
281	1.6129	1.306151
282	2.9384	2.379562
283	2.4667	1.997572
284	2.9198	2.364499
285	2.1184	1.715513
286	1.9752	1.599548
287	1.8723	1.516218
288	2.6528	2.148279
289	2.4527	1.986234

290	2.5673	2.079039
291	2.7263	2.207800
292	3.074	2.489373
293	3.089	2.501520
294	2.6772	2.168038
295	2.1703	1.757543
296	2.524	2.043974
297	2.4486	1.982914
298	2.5261	2.045675
299	2.898	2.346845
300	2.3848	1.931248
301	2.7771	2.248939
302	2.5006	2.025025
303	2.7212	2.203670
304	2.8548	2.311861
305	2.7668	2.240598
306	2.3491	1.902338
307	2.7569	2.232580
308	2.1729	1.759648
309	2.8898	2.340205
310	2.4918	2.017898
311	2.3706	1.919749
312	1.9005	1.539054
313	2.4834	2.011096
314	2.9577	2.395191
315	2.9068	2.353972
316	2.3947	1.939265
317	2.4796	2.008019
318	2.3866	1.932706
319	2.2771	1.844031
320	2.7935	2.262220
321	3.2483	2.630524
322	3.2472	2.629633

323	2.6601	2.154190
324	2.758	2.233471
325	3.0499	2.469856
326	2.5469	2.062519
327	2.9419	2.382396
328	2.642	2.139533
329	2.5855	2.093778
330	2.5699	2.081145
331	2.5217	2.042112
332	2.3941	1.938779
333	2.0481	1.658583
334	2.5332	2.051425
335	2.7122	2.196382
336	2.6273	2.127628
337	2.3002	1.862738
338	2.4175	1.957729
339	2.4916	2.017736
340	2.6638	2.157187
341	2.5239	2.043893
342	2.5469	2.062519
343	2.6903	2.178647
344	3.0723	2.487996
345	2.5444	2.060495
346	2.4567	1.989474
347	2.7596	2.234767
348	2.5202	2.040897
349	2.3071	1.868325
350	2.1112	1.709682
351	2.868	2.322551
352	2.6182	2.120259
353	2.6185	2.120502
354	2.998	2.427827
355	2.4515	1.985263

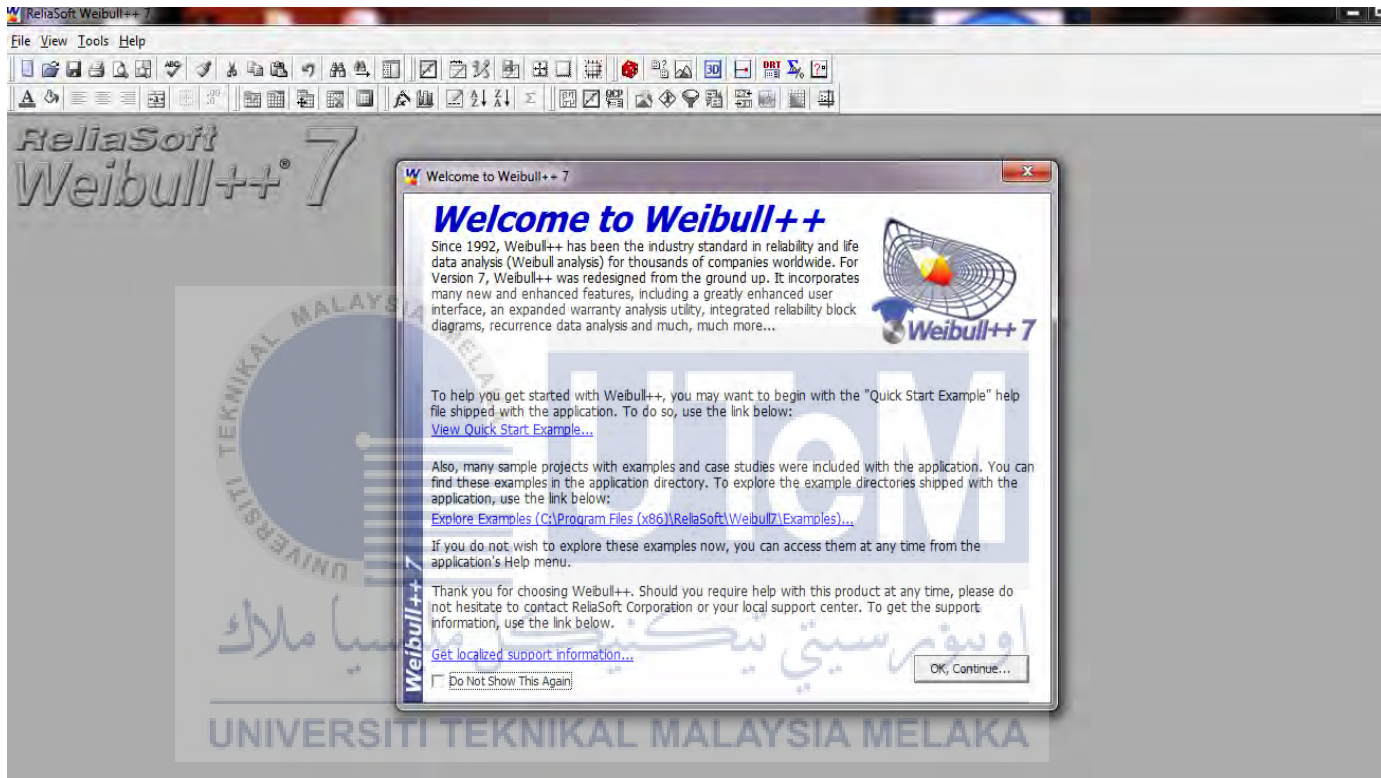
356	2.3676	1.917319
357	1.9915	1.612748
358	2.5256	2.045270
359	2.4128	1.953923
360	2.2177	1.795928
361	2.9191	2.363932
362	2.3188	1.877800
363	2.6668	2.159616
364	2.9086	2.355429
365	2.4962	2.021461

Jadual 6.1 : Hasil ramalan Tenaga Kuasa yang dikira melalui Microsoft Excel.



LAMPIRAN D1

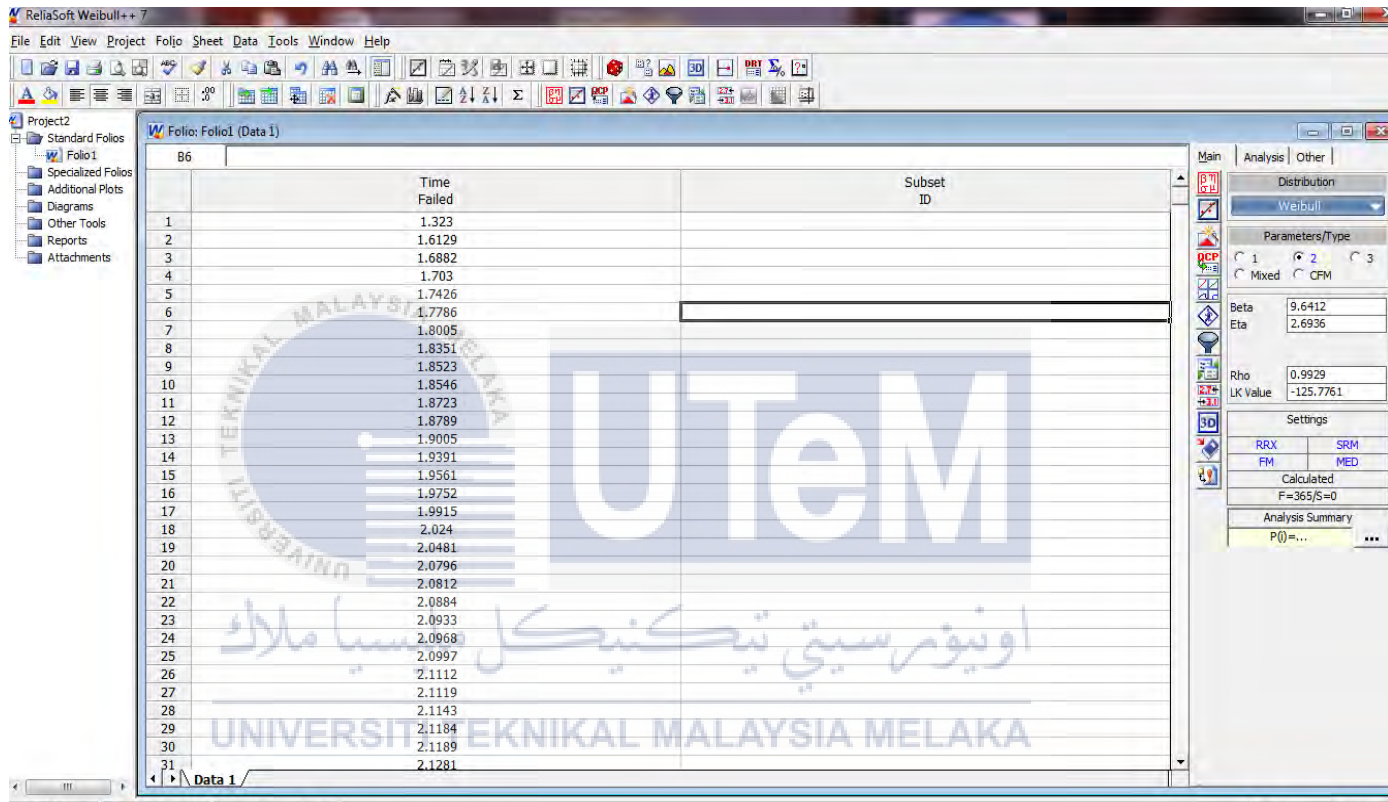
Perisian Weibull++7.



Rajah 6.3 : Perisian ReliaSoft Weibull++7 yang digunakan untuk simulasi Monte Carlo menghasilkan data rawak kadar alir dan tenaga kuasa hidro sebanyak 365 kali seterusnya taburan Weibull dan taburan Normal digunakan untuk menghasilkan graf fungsi ketumpatan keberangkalian untuk mencari ketersediaan tenaga kuasa hidro.

LAMPIRAN D2

Data Kadar Aliran air hasil daripada Simulasi Monte Carlo



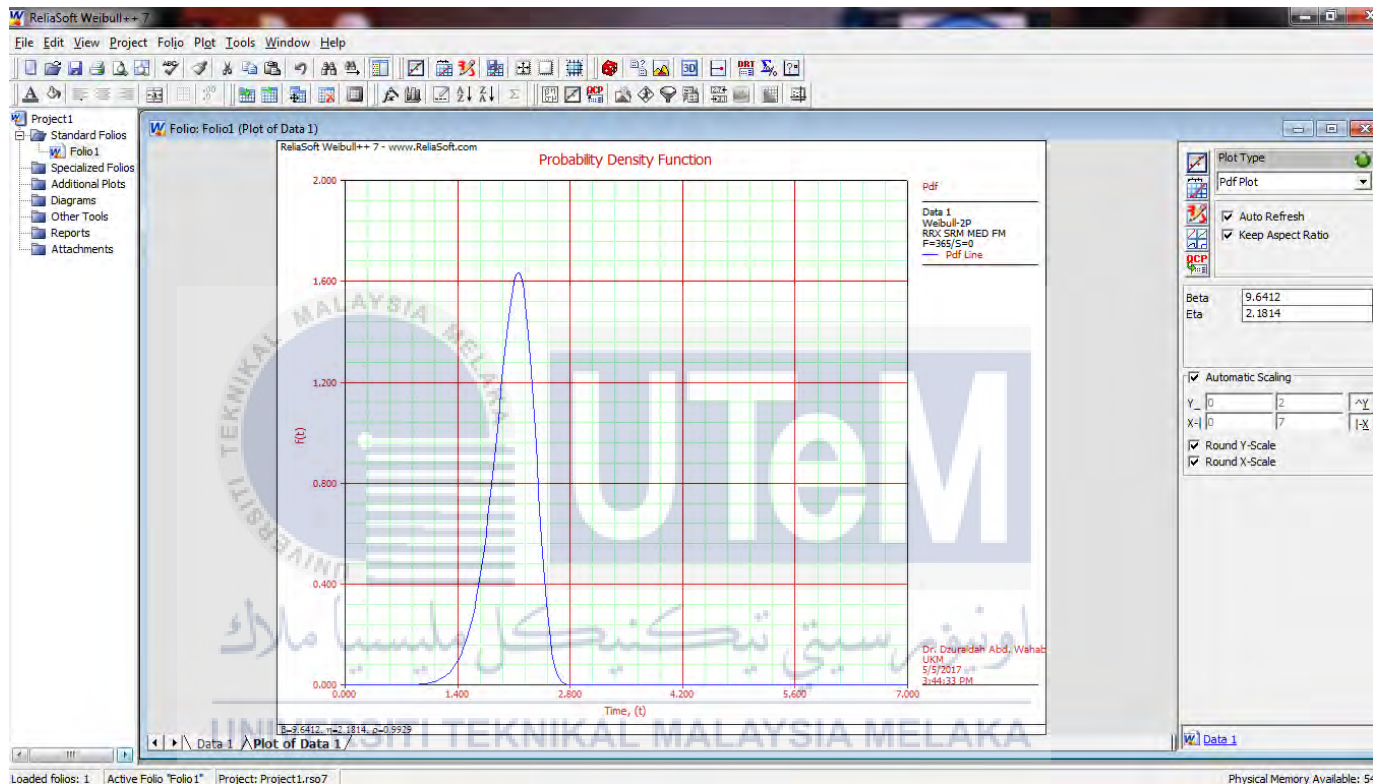
Rajah 6.4 : Data kadar aliran air yang dihasilkan daripada simulasi Monte Carlo sebanyak 365

dimasukkan ke dalam ruangan data sebelum menghasilkan graf taburan Weibull melalui

kaedah fungsi ketumpatan keberangskalian

LAMPIRAN D3

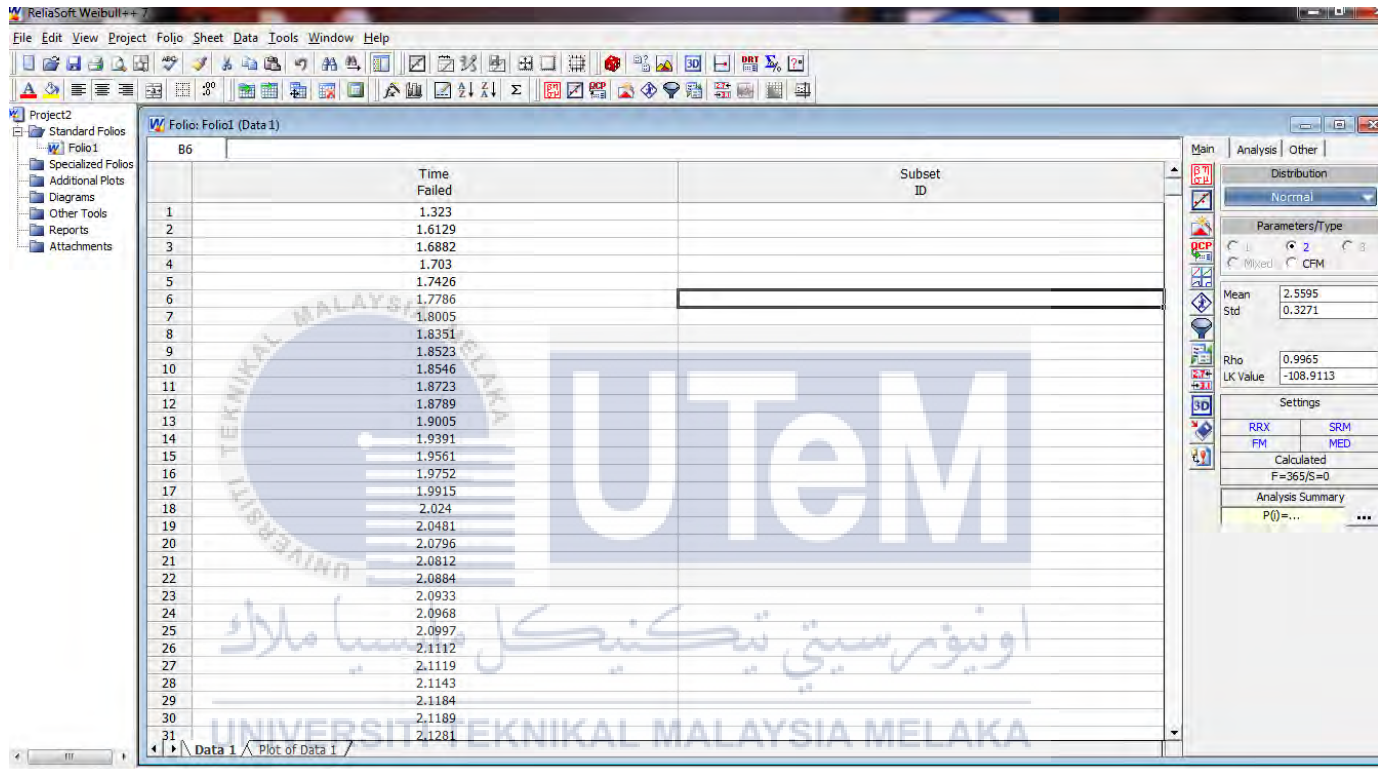
Graf Taburan Weibull



Rajah 6.5: Graf Taburan Weibull yang mewakili tenaga kuasa hidro dalam kaedah fungsi ketumpatan kebarangkalian yang dihasilkan melalui simulasi perisian Reliasoft Weibull++7 selepas data rawak yang dihasilkan daripada simulasi Monte Carlo.

LAMPIRAN D4

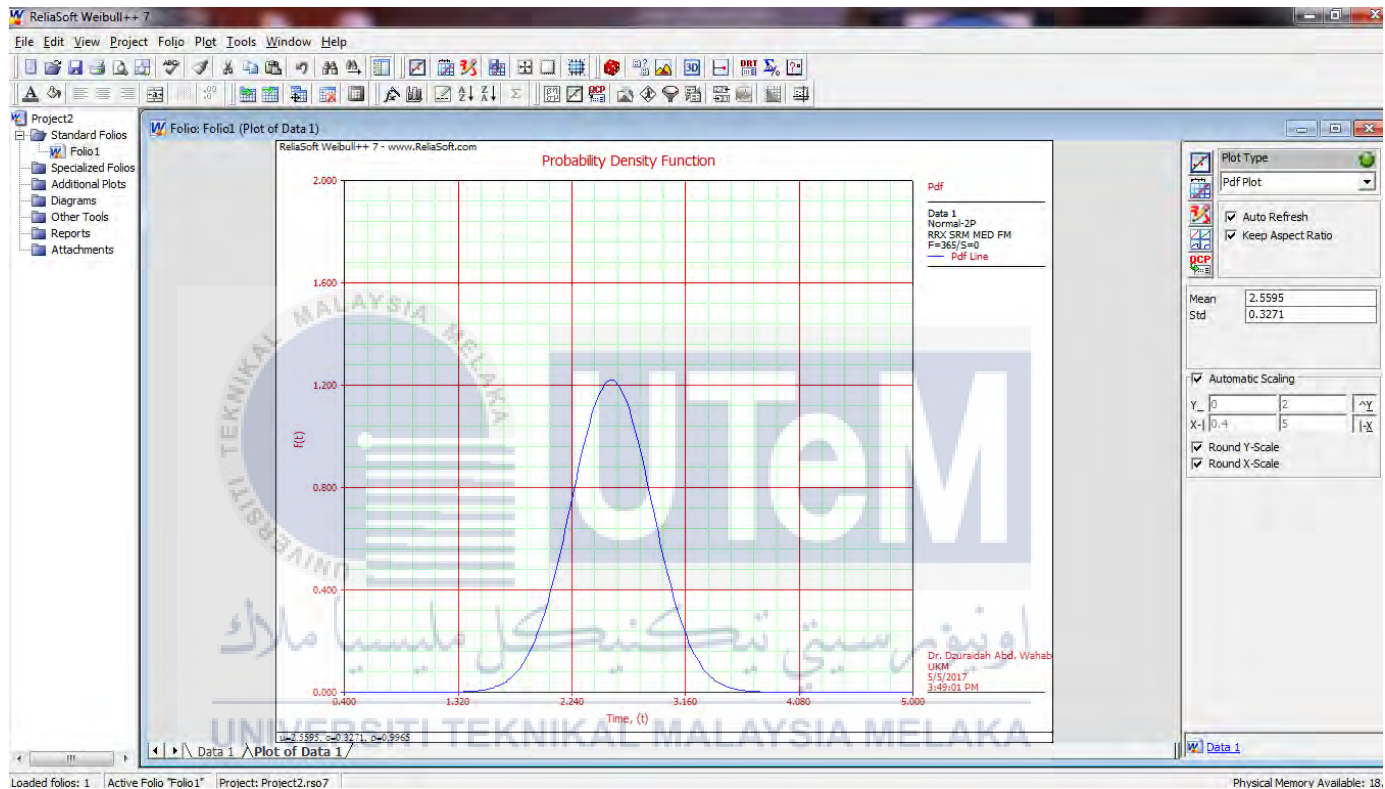
Data Kadar Aliran Air dimasukkan kedalam antara muka perisian



Rajah 6.6 : Data kadar aliran air sebanyak 365 dimasukkan ke dalam ruangan data untuk menghasilkan graf Taburan Normal melalui kaedah fungsi ketumpatan keberangskalian.

LAMPIRAN D5

Graf Taburan Normal.



Rajah 6.7 : Graf Taburan Normal yang mewakili kadar aliran air dihasilkan melalui simulasi perisian ReliaSoft Weibull ++7