

PENGANGGARAN DALAM ANALISIS KEUPAYAAN TENAGA KUASA HIDRO MENGGUNAKAN  
KAEDAH MONTE CARLO

MUHAMAD AZIM BIN ZAIDI

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 : .....

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

Tandatangan : .....

Nama Penulis : MUHAMAD AZIM BIN ZAIDI

Tarikh : 21 MEI 2017

*Teristimewa untuk mak, Badrunnisha binti Ayoob dan abah, Zaidi bin Abu Bakar tercinta  
serta keluarga.....*

## 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 Perring, 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

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



<b>BAB</b>	<b>KANDUNGAN</b>	<b>MUKA SURAT</b>
<b>BAB 1</b>	<b>Pengenalan</b>	<b>1</b>
	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
<b>BAB 2</b>	<b>Kajian Literatur</b>	<b>8</b>
	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

<b>BAB</b>	<b>KANDUNGAN</b>	<b>MUKA SURAT</b>
<b>BAB 3</b>	<b>METODOLOGI</b>	<b>20</b>
	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
<b>BAB 4</b>	<b>DATA DAN KEPUTUSAN</b>	<b>32</b>
	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

<b>BAB</b>	<b>KANDUNGAN</b>	<b>MUKA SURAT</b>
<b>BAB 4</b>		
	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
<b>BAB 5</b>	<b>KESIMPULAN DAN CADANGAN</b>	<b>49</b>
	5.1 Pengenalan	49
	5.2 Kesimpulan	50
	5.3 Cadangan	52
	<b>RUJUKAN</b>	<b>53</b>
	<b>LAMPIRAN</b>	<b>56</b>

## 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 keberangkalanian 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 keberangkalanian	71
6.5	Graf Taburan Weibull yang mewakili tenaga kuasa hidro dalam kaedah fungsi ketumpatan keberangkalanian 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 keberangkalian	73
6.7	Graf Taburan Normal yang mewakili kadar aliran air dihasilkan melalui simulasi perisian ReliaSoft Weibull ++7	74

## SENARAI JADUAL

<b>NO.</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
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 Tenaga Kuasa Hidro	47
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 keberangkalanian 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)
$\alpha$	=	parameter skala
$\beta$	=	parameter bentuk yang menentukan bentuk taburan
$\tau$	=	parameter lokasi
$\mu$	=	min taburan log normal dan normal
$\sigma$	=	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 ketidakpastian 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 berkelayakan, 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 keberangkalan 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)