

UNIVERSITI TEKNOLOGI MALAYSIA

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS ♦

MENKAJI HUBUNGAN HUJAN DAN AIRLARIAN MENGGUNAKAN PERISIAN HEC-HMS

SESI PENGAJIAN: 2002 / 2003

Saya SHAMALA A/P SAMBASIVAM

(HURUF BESAR)

mengaku membenarkan tesis (PSM/sarjana/Doktor Falsafah)* ini disimpan di Perpustakaan Universiti Teknologi Malaysia dengan syarat-syarat kegunaan berikut:

1. Tesis ini adalah hakmilik Universiti Teknologi Malaysia.
2. Perpustakaan Universiti Teknologi Malaysia dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.
4. ** Sila tanda (√)

SULIT

(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam AKTA

RAHSIA

RASMI 1972)

TERHAD

(Mengandungi maklumat yang TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

TIDAK TERHAD

Disahkan Oleh

(TANDATANGAN PENULIS)

(TANDATANGAN PENYELIA)

Alamat Tetap:
No 24, Jalan Lurah 5, Kempas Baru,
81200, Johor Bahru,
Johor.

Dr. Sobri Harun
Nama Penyelia

Tarikh: 5 Mac 2003

Tarikh: 5 Mac 2003

- CATATAN:
- * Potong yang tidak berkenaan.
 - ** Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT atau TERHAD.
 - ♦ Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan, atau disertai bagi pengajian secara kerja kursus dan penyelidikan, atau Laporan Projek Sarjana Muda (PSM).

“Saya akui bahawa karya ini adalah hasil saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang tiap-tiap satunya saya jelaskan sumbernya.”

Tandatangan : _____
Nama : SHAMALA A/P SMBASIVAM
No Kad Matrik : AA990492
No Kad pengenalan : 801003-01-5428
Nama Penyelia : Dr. Sobri Harun
Date : 3 Mac 2003

**MENKKAJI HUBUNGAN HUJAN AIRLARIAN MENGGUNAKAN PERISIAN
HEC-HMS**

SHAMALA A/P SAMBASIVAM

**Thesis Projek Ini Dikemukakan
Sebagai Memenuhi Sebahagian Daripada Syarat
Penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Awam**

**Fakulti Kejuruteraan Awam
Universiti Teknologi Malaysia**

Mac 2003

“Saya akui bahawa karya ini adalah hasil saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang tiap-tiap satunya saya jelaskan sumbernya.”

Tandatangan : _____
Nama : SHAMALA A/P SAMBASIVAM
No Kad Matrik : AA990492
No Kad pengenalan : 801003-01-5428
Nama Penyelia : Dr. Sobri Harun
Date : 3 Mac 2003

TERISTIMEWA BUAT

**Ayahanda dan bond serta ahli keluarga sekalian
Dan tidak lupa juga sahabat seperjuangan sekalian**

PENGHARGAAN

Ribuan terima kasih saya ucapkan kepada Dr.Sobri Harun selaku penyelia projek yang telah banyak menolong, memberikan cadangan dan sokongan. Beliau telah banyak meluangkan masa untuk mengadakan perjumpaan dan perbincangan bagi tujuan membantu pelajar.

Juga, pihak Jabatan JPS dan DID negeri Kedah yang telah banyak memberikan kemudahan dan tunjuk ajar. Saya ucapkan ribuan terima kasih.

Di samping itu juga saya ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada ahli-ahli keluarga yang selama ini memberikan sokongan padu dari segi pembelajaran dan moral. Tidak kurang juga kepada sesiapa yang secara langsung atau tidak langsung melibatkan diri dalam persiapan projek ini. Terima Kasih!

ABSTRAK

Objektif utama projek ini dijalankan adalah untuk mewujudkan sebuah model hujan airlarian untuk mengenalpasti masalah dan memberikan panduan untuk masa hadapan. Model yang diramal akan diaplikasikan di kawasan tadahan Sungai Ketil untuk menganggar airlarian. Projek ini juga bertujuan untuk menilai ketepatan perisian HEC-HMS untuk melakukan analisis hidrologi. Guna tanah, tanah, airlarian dan data curahan telah digunakan mengira *Curve Number*, kecerunan dan aliran airbumi yang diperlukan untuk mewujudkan model airlarian tersebut. Data yang diperolehi daripada pemerhatian di tapak diguna untuk mewujudkan model untuk keadaan masa kini dan boleh digunakan untuk mengira data hidrologi pada masa akan datang. Perisian HEC-HMS mampu simulasi aliran puncak untuk legeh di kawasan tadahan. Penggunaan model HEC-HMS untuk menghasilkan kajian mengenai legeh membolehkan Stesen Hidrologi di kawasan sungai Ketil menghasilkan keputusan dan mengemaskinikannya apabila berlaku pembangunan.

ABSTRACT

The objective of this project is to create a rainfall runoff model to address existing problems and to provide guidance for future development. The forecasted model will be applied to Sungai Ketil catchment area to predict runoff. The main purpose of this study is to evaluate the accuracy of HEC-HMS software to analysis hydrological modeling. Land use, soils, runoff and rainfall data will be used to calculate curve numbers, slope and overland flow paths needed to run the hydrologic HEC-HMS model. The existing data will be used to run the model for present conditions and will also be a guide to calculate hydrologic data for future growth. The data will be inputted to the HEC-HMS modeling software manually. HEC-HMS will simulate peak discharge flows for the watershed basins of the catchment area. Using HEC-HMS to produce a watershed study will allow the Sungai Ketil hydrological Station to reproduce the results and update them as development occurs.

KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
	Muka Tajuk	I
	Pengakuan Pelajar	ii
	Dedikasi	iii
	Penghargaan	iv
	Abstrak	v
	Abstract	vi
	Halaman kandungan	vii
	Senarai Rajah	viii
	Senarai Jadual	ix
	Senarai Lampiran	x
BAB I	PENDAHULUAN	1
	1.1 Pengenalan	1
	1.2 Kenyataan masalah	2
	1.3 Objektif kajian	3
	1.4 Skop kajian	3
	1.5 Kepentingan kajian	4
BAB II	KAJIAN LITERATUR	5
	2.1 Pengenalan	5
	2.2 Sistem Air Larian	5
	2.2.1 Hubungan Antara Hujan dan Air Larian	6
	2.3 Klasifikasi model hidrologi	7

2.3.1	Model dalam Hidrologi	9
	2.3.1.1 Model Material	10
	2.3.1.2 Model Formal	11
2.3.2	Model-model yang digunakan dalam perisian Hidrologi	14
	2.3.3 Jenis-jenis perisian model Hidrologi	17
	2.3.4 Program Hidrologic Modeling System	19
BAB III	METODOLOGI	22
3.1	Pengenalan	22
3.2	Kawasan Kajian	23
3.3	Program Hydrologic Modeling System	24
	3.3.1 Permodelan	25
	3.3.2 Kajian menggunakan Program Hec-Hms	26
3.4	Mengadakan Projek baru	29
3.5	Membina Model Tadahan	29
	3.5.1 Elemen-elemen Hidrologi	
	3.5.2 Kaedah-kaedah Dalam Subbasin	31
	3.5.2.1 Kaedah-kaedah mengira kehilangan dalam subbasin	37
	3.5.2.2 Kaedah Ubahan Kawasan Tadahan	38
	3.5.2.3 Kaedah Aliran Dasar bagi subbasin	38
	3.5.3 Hidrograf Kajian Lepas	39

3.6	Model Meteorologi	40
	3.6.1 Zon Penyejatan	40
	3.6.2 Kaedah Curahan	41
	3.6.3 Kaedah Sejat Peluhan	43
	3.6.3.1 Kaedah Purata Bulanan	44
3.7	Kawalan Spesifikasi	44
	3.7.1 Tarikh dan Masa	45
	3.7.2 Sela masa	45
	3.7.3 Menjalankan Simulasi	45
	3.7.4 Konfigurasi dan pilihan Aturcara	45
	3.7.5 Melihat Keputusan	45
3.8	Menggunakan Hec-Hms	46
	3.8.1 Cara mewujudkan Projek Baru	47
	3.8.2 Masukkan Komponen	47
	3.8.2.1 Model Basin	48
	3.8.2.1 Spesifikasi kawalan	48
	3.8.2.3 Model Mateorologi	48
	3.8.3 Memasukkan Data	49
	3.8.4 Data Curahan	49
	3.8.5 Data Kadaralir	49
	3.8.6 Memasukkan Parameter	50
	3.8.7 Data Yang Dicerap	50
	3.8.8 Analisa dan Simulasi	50
	3.8.9 Kepentingan Analisa dan simulasi	50
3.9	Peringkat Kalibrasi	51
3.10	Peringkat Vadilasi	52
3.11	Pengiraan Parameter	54
	3.11.1 Pengiraan T_c	54
3.12	Senarai Parameter	54
3.13	Penilaian	55

BAB IV	ANALISA DAN PERBINCANGAN	
4.1	Parameter penting semasa pengendalian	56
	4.1.1 Model isipadu air larian	56
	4.1.2 Model air larian terus	59
	4.1.3 Baseflow	60
4.2	Keputusan	60
	4.2.1 Graf	61
	4.2.2 Parameter	63
	4.2.3 Penilaian Model	64
BAB V	KEPUTUSAN DAN CADANGAN	
5.1	Kesimpulan	68
5.2	Cadangan untuk meningkatkan Ketepatan Output	69
6.1	Rujukan	70
7.1	Lampiran	71

SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Hubungan hujan airlarian	7
2.2	Klasifikasi model airlarian permukaan	14
3.1	Konsep model <i>Defisit and constant</i>	33
3.2	Konsep Model Kelembapan Tanah (<i>Soil Moisture Accounting SMA</i>)	36
3.3	Konsep model <i>Inverse distance Gage Weight</i>	43
3.4	<i>Splashscreen</i> HEC-HMS 2.1.3	47
3.5	Menu utama HEC-HMS 2.1.3	47
3.6	Model <i>Basin</i>	49
3.7	Menu <i>Control Specification</i>	50
3.8	<i>Data editor</i> untuk curahan	52
3.9	<i>Subbasin editor</i>	53
3.10	Melakukan analisa atau simulasi	54
3.13	Jadual Ringkasan Keputusan	56
3.14	<i>Time Series Table</i>	56
3.15	Ringkasan	57
4.1	Graf tentukan model (Januari 2000 hingga Disember 2000)	61
4.2	Graf Uji model (November 1996)	62
4.3	Graf tentukan model (Jun 2000 hingga Disember 2000)	62
4.4	Graf uji model (Mei 2000)	63
4.5	Keputusan tentukan model (Januari 2000 hingga Disember 2000)	65
4.6	Keputusan uji model (November 1996)	65

4.7	Keputusan tentukuran model (Jun 2000 hingga Ogos 2000)	66
4.8	Keputusan uji model (Mei 1996)	66

SENARAI JADUAL

NO. JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
3.1	Peratus keluasan kawasan kajian mengikut Nilai Nombor SCS dan guna Tanah	58

SENARAI SIMBOL

Q	-	Kadaralir
CN	-	Curve Number
t_l	-	Time lag
L	-	Panjang aliran
Y	-	Purata kecerunan legeh
s	-	Tahanan maksimum
$Q_{s(t)}$	-	Output simulasi
$Q_{o(t)}$	-	Output pemerhatian
$\bar{Q}_{s(t)}$	-	Purata Output simulasi
$\bar{Q}_{o(t)}$	-	Purata Output pemerhatian
A	-	Luas
g	-	Graviti

SENARAI LAMPIRAN

LAMPIRAN	TAJUK	MUKA SURAT
A1	Jadual <i>Curve Number</i> kawasan Bandar	70
A2	Jadual <i>Curve Number</i> kawasan Pertanian	71
B1	Data keputusan tentukan model (Januari 2000 hingga Disember 2000)	74
B2	Data keputusan uji model (November 1996)	82
B3	Data keputusan tentukan model (Jun 2000 hingga Ogos 2000)	83
B4	Data keputusan uji model (Mei 1996)	86

BAB I

PENGENALAN

1.1 Permodelan

Sejak era saintifik hidrologi bermula banyak pendekatan telah digunakan untuk menyelesaikan masalah hidrologi. Pendekatan tersebut dapat dibahagikan kepada pendekatan sistem dan pendekatan fizikal. Pendekatan sistem terdiri daripada pendekatan *operational, applied, empirical, black box* yang dikategorikan sebagai sistem hidrologi. Manakala hidrologi fizikal terdiri daripada pendekatan *basic, pure, causal*, dan *dynamic*.

Pemilihan kaedah yang sesuai untuk melakukan kajian hidrologi dibuat berdasarkan ketepatan, *simplicity*, jumlah maklumat yang diperlukan oleh pengguna, masalah, *availability of data* dan *computational facility*.

Banyak perbincangan mengenai pembangunan model telah wujud dalam kajian saintifik tetapi rasional bagi pembangunan model telah diperlihatkan oleh Rosenblueth and Wieher (pada tahun 1945). Kebanyakan sistem adalah sangat kompleks dan kita tidak boleh berharap untuk memahaminya secara terperinci. Oleh itu, abstrak adalah penting untuk mengawal sedikit aspek kelakuan. Abstrak mengandungi pengertian sistem dengan model yang serupa tetapi dengan struktur yang mudah. Tujuan utama model adalah untuk simulasi dan meramal operasi untuk sistem yang kompleks. Penggunaan model hidrologi untuk tujuan meramal telah bermula disebabkan kekurangan data hidrologi (Dooge pada tahun

1.2 Kenyataan masalah

Masalah mengenal pasti adalah antara masalah yang paling rumit dalam hidrologi (V. Vemuri, 1970) dan biasanya timbul akibat keperluan pengawalan kelakuan sistem fizikal. Pembangunan model hujan air larian untuk legeh adalah contoh masalah mengenal pasti. Tujuan pemerhatian hujan dan air larian untuk legeh adalah untuk mengenal pasti *system function*. Penerbitan unit hidrograf dengan menggunakan data hujan air larian adalah satu cara menspefikasikan fungsi sistem. Biasanya input bagi sesuatu model tidak dapat dikawal. Tempoh pemerhatian adalah biasanya terhad dan *validity* model adalah juga terhad pada lingkungan *variation* data input yang digunakan untuk mengenal pasti model. Adalah perlu untuk membandingkan ketepatan aplikasi praktik iaitu hidrograf yang diperhatikan dengan keputusan model komputer.

1.3 Objektif Kajian

Objektif kajian bagi Projek Sarjana Muda ini adalah bertumpu kepada penggunaan perisian Komputer HEC-HMS untuk mengkaji hubungan hujan air larian permukaan bagi Sungai Ketil. Kajian ini bermatlamat untuk menilai ketepatan HEC-HMS untuk melakukan analisis model hidrologi.

1.4 Skop Kajian

Bagi projek sarjana muda bertajuk “Model hujan air larian” skop kajian saya termasuk seperti di bawah:

- i) Memahirkan diri dengan program model HEC-HMS
- ii) Memodelkan data harian dan sela harian bagi Sungai Ketil
- iii) Membincangkan dan merumuskan keputusan model.

1.5 Kepentingan kajian

Kajian mengenai perisian hidrologi perlu untuk mengatasi pelbagai masalah yang timbul berkaitan dengan kejadian-kejadian hidrologi bagi sesebuah kawasan tadahan. Hasil daripada kajian ini sebuah hidrograf dapat dihasilkan. Hidrograf tersebut dapat digunakan untuk tujuan penganggaran banjir, aliran keluarair sungai yang berlebihan, kajian kesediaan air, saliran bandar, penghalaan banjir, kesan pembangunanyang akan datang, pengurangan kesan banjir dan operasi sistem.

BAB II

KAJIAN LITERATUR

2.1 Pengenalan

Model hidrologi adalah pernyataan kuantitatif termudah untuk mewakili kitaran hidrologi. Model hidrologi juga sering difahami dan dianggap sebagai model matematik berasaskan komputer. Pembangunan perisian dan aplikasi bagi model hidrologi telah berkembang pesat sejak kebelakangan ini. Model dapat dibahagikan kepada beberapa jenis mengikut penerangan proses hidrologi antaranya ialah model *Deterministic*, model bergumpal, model agihan, model *Black Box*, model *conceptual* dan model berdasarkan keadaan fizikal. Model-model yang dibangunkan oleh para hidrologis ini pula di gabungkan menjadi perisian hidrologi bagi memudahkan para jurutera melakukan analisis bagi reka bentuk dan perancangan. Di antara model yang digunakan adalah HEC-1, TR-20, USGS, SWMM, RORB, MIKE-11. Dalam penggunaan model, tujuan utamanya adalah untuk mempermudah kejadian sebenar yang kompleks dengan mengutamakan aspek asas bagi sesuatu sistem bentuk maklumat sampingan. Maka model yang dipraktikkan hendaklah mudah difahami dan dipraktikkan.

2.2 Sistem Air larian

Dalam air larian hujan dibahagikan kepada hujan berlebihan, penyusupan, pintasan, penyejatan dan perpeluhan dan storan tahanan dan lekukkan. Hujan berlebihan

menghasilkan air larian permukaan. Penyusupan menambahkan kelembapan tanah yang di ekstrak oleh proses sejatpeluhan. Apabila tempoh hujan yang kecil diberi, pintasan, sejatpeluhan dan storan lekukan biasanya menyebabkan isi padu hujan yang kecil. Maka biasanya ia diabaikan atau digumpalkan menjadi satu. Air larian pula dapat dibahagikan kepada air larian permukaan dan aliran bawah tanah dan aliran perantaraan. Ini kerana adalah mustahil untuk memisahkan ketiga-tiga komponen tersebut dengan tepat. Ia adalah lebih praktik untuk membahagikan air larian kepada air larian terus dan aliran dasar.

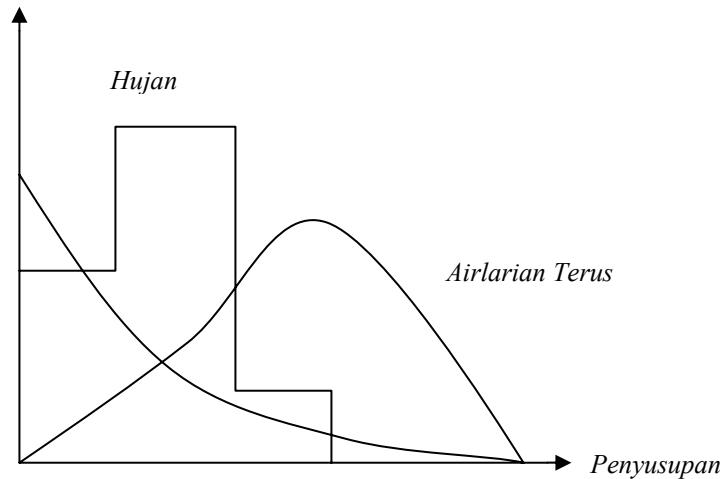
2.2.1 Hubungan antara Hujan dan Air larian

Hubungan antara hujan dan air larian memerlukan spesifikasi agihan hujan ruang-masa, agihan penyusupan dalam ruang-masa, ciri-ciri fisiologi legeh, hukum fizik termasuk persamaan sambungan dan momentum dan hukum pecahan, keadaan kelembapan tanah sebenar dan syarat permulaan dan sempadan. Di sini evaporasi, pintasan dan abstrak lain dianggap kecil. Kemudian masalah untuk menentukan airlarian terus boleh diselesaikan. Kajian Wodhiser (pada tahun 1982) dijadikan sebagai contoh. Untuk menganalisis masalah hujan air larian dari pandangan sistem, legeh dianggap sebagai sebuah sistem. Kemudian ia diwakilkan sebagai elemen storan iaitu resevoir atau saluran. Ini boleh menjadi linear atau bukan linear. Hujan dan penyusupan digabungkan dan hujan efektif dicari; ini adalah input untuk sistem tersebut. Output bagi sistem ini adalah hidrograf air larian terus. Parameter dalam cara ini diperoleh daripada rekod terdahulu. Model Nash (pada tahun 1958) dan Dooge (pada tahun 1959) adalah contoh tersebut. Walaupun penyusupan dan air larian berlaku secara serentak dalam masa hujan tertentu, kita akan menggunakan penyusupan dan dengan hujan efektif. Tidak perlu

bimbang tentang hidraulik bagi air larian terus dan perubahan ruang masanya. Oleh itu penekan lebih diberikan kepada penyelesaian masalah dan tidak pada cara ia diperolehi.

Hubungan antara air larian terus dan hujan dapat dikatakan mempunyai 3 aspek :

- 1) Hubungan antara isipadu hujan pada sesuatu ribut dan isipadu hasil isipadu airlarian terus.
- 2) Hubungan antara agihan masa atau hidrograf air larian terus dan agihan masa atau hidrograf hujan efektif.
- 3) Hubungan diantara frekuensi hujan dan frekuensi *discharge*.



Rajah 2.1 : Hubungan Hujan Airlarian

2.3 Klasifikasi Model Hidrologi

Model-model hidrologi dapat dibahagikan kepada dua kategori iaitu model fizikal dan model abstrak. Model fizikal dapat dibahagikan kepada model *scale* yang mewakili sistem pada skala yang kecil seperti model hidraulik bagi laluan limpah (spillway) empangan; dan model analog iaitu sistem fizik yang mempunyai ciri-ciri yang seakan kepada prototaip tersebut. Contohnya, Model Hele-Shaw iaitu model analog yang menggunakan pergerakan cecair likat di antara dua plat berdekatan yang selari untuk model peresapan di akuifer dan tambak.

Model abstrak mewakili sistem dalam bentuk matematik. Operasi sistem ini dijelaskan dengan satu set persamaan yang menghubungkan pembolehubah input dan output. Pembolehubah ini mungkin fungsi ruang atau masa dan mungkin pembolehubah kebarangkalian atau rawak di mana ia tidak mempunyai nilai tetap pada sebarang titik di ruang atau masa tetapi diterangkan oleh agihan kebarangkalian. Contohnya, hujan pada keesokan hari di sesuatu tempat tidak dapat diramal dengan tepat tetapi dapat diketahui kebarangkalian berlaku hujan. Cara penjelasan pembolehubah tersebut adalah *random field*, ruang dan masa di mana nilai pembolehubah di setiap titik didefinisikan oleh agihan kebarangkalian (oleh Vanmarcke pada tahun 1983). Contohnya, pemendakan disebabkan ribut petir berubah secara mendadak dengan masa dan berbeza dari satu tempat ke tempat lain. Maka pemendakan tidak dapat diramal dengan tepat. Maka ia lebih sesuai diramal sebagai *random field*.

Pembangunan model dengan pembolehubah rawak yang bergantung kepada 3 dimensi ruang dan masa adalah sukar. Bagi kebarangkalian, tujuan praktik adalah penting untuk mempermudah model dengan mengabaikan punca-punca yang berubah. Model-model hidrologi dapat diklasifikasikan dengan cara model tersebut dipermudah. Tiga perkara asas yang perlu dititikberatkan adalah adakah pembolehubah adalah rawak

atau tidak; berubah-ubah atau seragam di ruang dan adakah pembolehubah model adalah berubah-ubah atau seragam.

Model deterministic tidak mempertimbangkan kerawakan dan input yang diberikan dan akan menghasilkan output yang sama. Model stochastic mempunyai output dimana sekurang-kurangnya separuh daripadanya adalah rawak. Dapat di katakan bahawa model deterministic dapat meramal (*forecast*) manakala model stochastic dapat memberikan jangkaan (*prediction*). Walaupun semua fenomena hidrologi melibatkan sedikit kerawakan tetapi hasil keberubahan pada output mungkin agak kecil apabila dibandingkan dengan keberubahan akibat daripada faktor yang diketahui. Dalam kes tersebut model deterministic adalah lebih sesuai. Jika ke berbezaan rawak adalah besar maka model stochastic adalah lebih sesuai. Ini kerana output sebenar mungkin agak berbeza daripada nilai yang diberikan oleh model diterministic. Contohnya, model deterministic bagi penyejatan harian pada sesuatu kawasan tertentu boleh dibangunkan dengan data sumber tenaga dan pergerakan wap tetapi data tersebut tidak dapat digunakan untuk membuat model bagi pemendakan harian pada kawasan tersebut. Ini kerana pemendakan adalah sangat rawak. Maka hampir kesemua model pemendakan adalah sochastic.

Fenomena hidrologi berbeza dalam ketiga-tiga dimensi ruang tetapi pengambil kiraan semua pembolehubah akan menjadikan model tersebut dan tidak sesuai bagi tujuan praktik. Dalam model *deterministic lumped*, sistem adalah purata secara ruang (*spatially average*) atau dipertimbangkan sebagai satu titik pada ruang tanpa dimensi. Contohnya, banyak model untuk air larian permukaan menggunakan input pemendakan sebagai seragam di legeh dan abaikan perubahan ruang dalaman (*internal spatial variation*) bagi aliran pada legeh. Model *deterministic distributed* mempertimbangkan proses hidrologi yang berlaku di pelbagai kawasan di ruang dan mendefinisikan pembolehubah model sebagai sebagai fungsi bagi dimensi ruang. Model sochastic

diklasifikasikan sebagai tidak bergantung kepada ruang (*space-inindependant*) atau berhubung kait dengan ruang (*space-correlated*) mengikut pembolehubah rawak atau tidak, pada titik berlainan.

Model *deterministic* diklasifikasikan sebagai aliran tetap atau aliran tidak tetap. Model *stochastic* biasanya mempunyai output yang berubah mengikut masa. Ia boleh diklasifikasikan sebagai tidak bergantung kepada masa atau bergantung kepada masa.

2.3.1 Model Dalam Hidrologi

Banyak perbincangan mengenai pembangunan model telah wujud dalam kajian saintifik tetapi rasional bagi pembangunan model telah diperlihatkan oleh Rosenblueth and Wieher (pada tahun 1945).

Kebanyakan sistem adalah sangat kompleks dan kita tidak boleh berharap untuk memahami kesemuanya secara terperinci. Oleh itu, abstrak adalah penting untuk mengawal sedikit aspek kelakuan. Abstrak mengandungi pengertian sistem dengan model yang serupa tetapi dengan struktur yang mudah. Tujuan utama model adalah untuk simulasi dan meramal operasi untuk sistem yang kompleks. Penggunaan model hidrologi untuk tujuan meramal telah bermula disebabkan kekurangan data hidrologi (Dooge, 1972). Walaupun data yang dikutip dapat dikembangkan tetapi ia masih tidak dapat memberikan maklumat yang cukup mengenai pembolehubah hidrologi kerana rekod tidak merangkumi semua set samada keadaan ekstrem atau kelakuan jangka

panjang bagi model hidrologi selain daripada kekurangan data, peningkatan aktiviti manusia dalam elemen kitar hidrologi untuk meramal kelakuan telah dihadkan.

2.3.1.1 Model *Material*

Model material mewakili sistem dengan sistem yang lain di mana ia mempunyai ciri-ciri yang serupa tetapi lebih mudah untuk digunakan. Model material dapat diklasifikasikan sebagai ikonik atau “*look alike*” dan model analog. Model ikonik adalah serupa dengan prototaip sistem. Contoh dalam kelas ini adalah termasuk simulasi hujan, legeh makmal (*laboratory watersheds*), lysimeter dan model fenomena hidraulik. Model analog tidak mempunyai prototaip secara fizikal tetapi bergantung pada perhubungan antara model untuk akuifer pantai dan analog elektrik untuk respons legeh. Model *material* adalah berguna dalam keadaan berikut:

- 1) Model material dapat membantu penyelidik dalam menggantikan fenomena dalam bidang tidak biasa. Maka mereka mempunyai kelebihan didaktik yang penting contohnya, model elektrik digunakan untuk menyelesaikan masalah hidraulik dan mekanik.

- 2) Model material membenarkan eksperimen dijalankan di bawah keadaan yang lebih sesuai daripada yang biasa yang terdapat dengan prototaip sistem.

Model material perlu berkongsi ciri-ciri penting sistem prototaip yang kompleks maka ia tidak boleh terlampaui dipermudah atau terlalu kecil untuk menunjukkan *scale-dependent behavior*. Pada keadaan tertentu hubungan antara model material dan prototaip mungkin hanya melibatkan perubahan skala dalam ruang atau masa.

Dalam hidrologi, saiz fizikal sistem adalah penting. Adalah penting juga sifat semula jadi input. Walaupun model scale adalah berguna pada keadaan tertentu dan tidak memberikan *viable tool*, segelintir model hidrologi boleh dimodelkan dengan perubahan skala. Saiz model prototaip *scale* model adalah penting. Harga model yang lebih besar dan susah untuk berfungsi. Perkara penting adalah model material mesti mampu meniru ciri-ciri penting model kompleks. Oleh itu, model yang besar mampu menunjukkan *scale dependent behavior*.

2.3.1.2 Model Formal

Formal model adalah simbol pernyataan dalam bentuk logik dan berbanding keadaan mudah yang berkongsi ciri-ciri sebenar struktur sistem sebenar. Model matematik menyatakan kelakuan sistem dalam bentuk persamaan matematik dan bersama pernyataan logik di mana ia menyatakan hubungan antara pembolehubah dan pemalar. Apabila sistem yang perlu di model adalah kompleks, ia adalah mencukupi untuk banyak kegunaan. Model matematik (oleh Dooge pada 1979) adalah dibahagikan kepada model matematik atau teori, model *conceptual* dan model empirikal. Model empirikal dan model konseptual adalah model yang agak popular dalam sistem hidrologi. Pembahagian model matematik adalah sebarangan kerana empirilisme seseorang adalah berlainan dengan teori orang lain. Lebih lagi apabila model di model tanpa mengambi kira proses fizikal yang mempunyai parameter yang mempunyai kepentingan fizikal. Selain itu, model yang berdasarkan pertimbangan fizikalnya mempunyai komponen empirik.

Model empirik adalah tidak berdasarkan hukum fizik. Ia hanya memberikan fakta di mana ia mempersembahkan data. Jika berlaku perubahan dalam syarat, ia tidak akan

mempunyai keupayaan predikat. Oleh itu, semua model empirikal mempunyai sedikit peluang untuk berfungsi kebetulan dan dalam prinsipnya, ia tidak dapat digunakan di luar julat data di mana ia telah diterbitkan. Contoh model empirikal adalah seperti kaedah rational, model Amorocho (pada tahun 1963), Bidwell (pada tahun 1971), model unit Hydrograf berdasarkan analisis Harmonic (O'Donnell pada tahun 1960), kaedah least square (snyder pada tahun 1955) dan polinomial Laguerre (Doode pada tahun 1965). Model frekuensi adalah berdasarkan konsep entropy (Sonuga pada tahun 1972: Singh, Rajagopal and Singh pada tahun 1986). Model teoritikal mungkin adalah akibat daripada hukum yang mempengaruhi fenomena. Model teoritikal mempunyai struktur logik yang serupa dengan sistem dunia sebenar dan agak berguna di bawah keadaan yang berubah. Semua model ini telah dipermudahkan. Tiada sebarang model matematik yang unggul kerana kuantiti yang abstrak tidak dapat diwakilkan dengan entiti fizik. Contoh model theoretical termasuk model air larian permukaan legeh berdasarkan persamaan St. Venant.

Model *conceptual* adalah perantaraan diantara model theoretical dan model emperical. Ia boleh digunakan secara umum untuk meliputi kedua-dua model tersebut. Umumnya, model *conceptual* mempertimbangkan hukum fizik tetapi dalam bentuk yang amat dipermudahkan. Contoh model *conceptual* termasuk *rainfall-runoff model* yang berdasarkan bentuk *spatially lumped* bagi persamaan *continuity* dan hubungan *storage-discharge*. Model Nash (pada tahun 1958) dan Dooge (pada tahun 1959) adalah model *conceptual*. Selain it, model *conceptual* juga termasuk persamaan St. Vernant yang telah dipermudahkan.

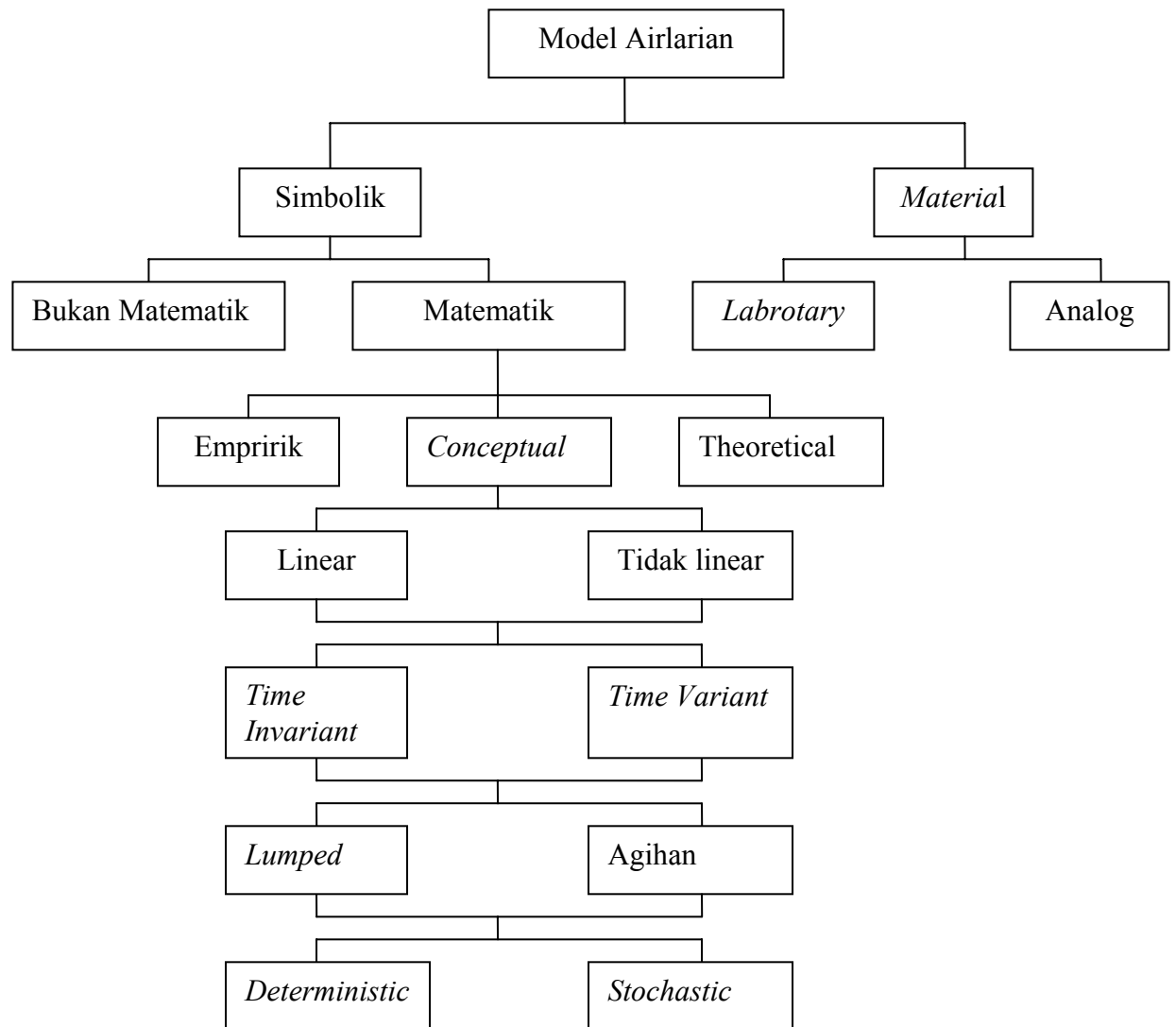
Ketiga-tiga model mathematical adalah berguna tetapi dalam keadaan yang berlainan. Setiap satu mempunyai tahap keberkesanan yang tersendiri bergantung pada tujuan, tahap kerumitan masalah dan tahap ketepatan yang dikehendaki. Contohnya

model *theoretical* membantu dalam memahami sesuatu proses dan biasanya hasil maklumat adalah terperinci dalam ruang dan masa.

Model empirik tidak membantu dalam memahami sifat fizik. Ia mempunyai parameter yang mempunyai sedikit kepentingan fizikal dan boleh di anggar menggunakan pengukuran serentak bagi input dan output. Pada kebanyakan keadaan model empirik menghasilkan jawapan yang tepat dan membantu dalam tujuan membuat keputusan.

Model *conceptual* memberikan keputusan yang berguna secara efisien dan ekonomi untuk masalah tertentu. Ia mempunyai parameter dimana mempunyai kepentingan fizikal dan dengan itu boleh dianggar dengan pemerhatian pada input dan output.

Model *theoretical* dapat memberikan lebih banyak maklumat daripada model *empirical*. Walaubagaimanapun tiada konflik diantara kedua-duanya. saling mewakili tahap anggaran realiti yang berlainan.



Rajah 2.2 : Klasifikasi Model Air larian permukaan

2.3.2 Model-model yang digunakan dalam perisian hidrologi

Model-model yang digunakan dalam perisian hidrologi adalah seperti berikut :

a) Model Zoch

Model Zoch (Zoch, pada tahun 1934, 1936, 1937) mewakili legeh dengan lengkung TAC dan kemudian menyalurkannya melalui persamaan linear resevoir. Zoch telah mengandaikan bahawa hujan efektif berlaku secara seragam untuk suatu masa tertentu. Empat bentuk lengkung TAC telah dipertimbangkan iaitu segi empat, segi tiga, elips dan sembarangan. Beliau telah menerbitkan ekspresi analitik unit hidro graf untuk setiap kes.

b) Model Clark

Clark (pada tahun 1945) telah mencadangkan bahawa UH untuk legeh yang mengalami hujan serta merta boleh dikenal pasti dengan melayurkannya pada lengkung TAC melalui persamaan *single linear resevoir*. Secara fizikal model ini adalah serupa dengan model Zoch tetapi konsep UH telah diganti dengan konsep IUH. Clark menggunakan kaedah ini pada legeh yang hipotetikal yang bersegi empat dengan hujan seragam yang berlaku serta-merta. Model ini telah digunakan dalam perisian seperti HEC-HMS 1 dan USGS.

c) Model Nash

Nash (pada tahun 1957, 1958, 1959, 1960) telah membangunkan sebuah model yang berdasarkan pada lara *equal linear resevoirs* untuk penerbitan IUH untuk legeh semulajadi. Kalinin dan Milyukov (pada tahun 1958) telah menerbitkan model yang serupa untuk aliran di saluran terbuka. Ini adalah salah satu model yang popular dan biasa digunakan dalam analisa hidrologi. Ia digunakan dalam model Wang and WU (pada tahun 1972), V.P. Singh (pada tahun 1976), Corely (pada tahun 1980) Dan Aron and White (pada tahun 1982).

d) Model Dooge

Dooge (pada tahun 1959) telah menghasilkan teori Unit Hidrograf yang umum yang merangkumi semua model dan kes-kes khas model-model tersebut. tiga elemen lengkung TAC, saluran linear dan linear resevoir telah dimasukkan dalam teori ini. Premis asas bagi teori ini adalah legeh boleh diwakilkan dengan gabungan saluran linear dan resevoir. Pertimbangkan satu luas elemen legeh. Disebabkan legeh dianggap sebagai linear maka agihan setiap bahagian dianggap individual.

e) Model Synder

Snyder (1938) adalah yang pertama untuk menerbitkan satu set formula yang menghubungkan geometri fizik legeh bagi tiga parameter asas unit hidrograf. Formula ini adalah berdasarkan 20 legeh yang terletak di tanah tinggi Appalachian. Model Synder telah digunakan dengan meluas. (Laden,

Reilly dan Minnotte, 1940; R.A Clarke 1969, Cordery 1968). Model ini digunakan dalam perisian HEC-1.

f) Model SCS

Kaedah sintesis hidrograf telah dihasilkan oleh Soil Conservation Service (SCS) U.S Department of Agricultural. Mereka telah menggunakan hidrograf yang tidak berdimensi yang diterbitkan daripada analisis banyak UH bagi legeh yang berbeza dari segi saiz dan lokasi geografi. Model SCS adalah model terbaik untuk meramal kadar air larian puncak. Model ini telah digunakan dalam perisian seperti HYMO, TR-20, HEC-1, SWRRB dan STORM.

g) Model Laurensen

Model ini dibangunkan oleh Laurensen pada 1962. Ia membahagikan legeh kepada 10 bahagian keluasan dengan melukis *isochrones* pada luangan masa yang serupa. Sebuah nod akan diletakkan pada setiap keluasan di mana aliran masuk bertumpu. dalam cara ini legeh diwakilkan dengan 10 elemen storan yang disambung secara bersiri. Setiap elemen akan menerima hujan efektif yang berlaku di keluasan sendiri dan air larian terus dari elemen *upstream*.

2.3.3 Jenis- jenis perisian model hidrologi.

Di dalam pasaran kini terdapat pelbagai model hidrologi bagi memudahkan para jurutera melakukan analisa bagi rekabentuk dan perancangan. Berikut adalah antara perisian yang digunakan dalam hidrology:

1) HEC-1

Dikenali sebagai HEC-1 Flood Hydrograph Package. Model tersebut telah dibangunkan oleh U.S. Army Corps of Engineers pada tahun 1973. HEC-1 bertujuan untuk menentukan penghalaan dalam saluran sungai. Ia melibatkan lengkung SCS, *variable loss rate*, Clark, Snyder, Gelombang Kinematik dan Muskingum & plus

2) Mike-11

Model tersebut dikenali sebagai *Microcomputer-Based Modeling System-River and Channels*. Ia telah dibangunkan oleh Danish Hydraulic Institute pada tahun 1990. Mike -11 merupakan satu sistem model permodelan yang digunakan untuk mensimulasi model secara satu dimensi. Mike-11 boleh digunakan untuk hidraulik, pengangkutan enapan, morfologi dan kualiti air. Model tersebut melibatkan persamaan *Nonlinear 1-D unsteady flow, General purpose model for runoff, flow, sediment and water quality*

3) TR-20

Model ini dikenali sebagai *Computer Program for Project Formulation Hydrologi* dan telah dibangunkan pada tahun 1973 oleh US Soil Conservation

Service. Model ini membantu dalam penilaian hidrologi bagi banjir yang digunakan dalam analisis air bagi projek sumber air. Ia adalah model yang berdasarkan peristiwa fizikal yang dapat mengira air larian akibat hujan ribut semula jadi atau sintetik. Model ini melibatkan persamaan *SCS curve*, *Channel-modified Attkin method*, *Reservoir-Plus method*.

4) RORB

Model ini dikenali sebagai *Runoff Routing Program*. Program ini telah dibangunkan pada tahun 1983 oleh Laurenson & Mein. Model ini adalah contoh model hujan airlarian dan aliran sungai dari Australia. Ia adalah sesuai untuk saliran urban sehingga kawasan tadahan yang luas. Ia termasuk *channel routing* dan *storage routing* untuk empangan atau kolam. Sebagai alternatif, model ini juga boleh digunakan dengan kombinasi model hidraulik. Model ini melibatkan persamaan *Constant and variable loss rate*, *UH* dan *Channel-nonlinear storage routing*

5) HSPF

Model ini dikenali sebagai *Hydrologic Simulation Program-Fortran*. Program ini telah dibangunkan oleh Johanson, et al., US EPA pada tahun 1980. Program ini digunakan untuk simulasi hidrologi dan kualiti air pada permukaan tanah, sungai dan takungan. HSPF biasanya digunakan untuk mengetahui kesan *land-use change*, operasi resevoir, alternatif rawatan bagi punca tidak atau berpusat dan pengubahan arah aliran.

6) SWMM

Model ini dikenali sebagai *Storm Water Management Model*. Model asal telah dibangunkan oleh Metcalf & Eddy, Inc., US EPA pada tahun 1971 yang merupakan satu peristiwa digunakan untuk menganalisis gabungan aliran saluran. Daripada sokongan berterusan perisian tersebut, kini ia diubahsuai menjadi sesuai untuk semua jenis pengurusan air ribut dari saluran urban ke analisis banjir dan analisis *floodplain*. Versi 4 (Huber and Dickinson pada tahun 1988; Roesner et al. pada tahun 1988) dapat melakukan kedua-dua simulasi iaitu bersambungan dan satu peristiwa. Model ini melibatkan persamaan *Holtan eq.*, *UH*, *Routing by hydraulic method*, *runoff* dan *water quality*

2.3.4 Program Hidrologic Modeling System (HEC-HMS)

Perisian HEC-HMS telah direka bentuk untuk mensimulasikan kejadian-kejadian hidrologi seperti airlarian, airbumi dan banyak lagi bagi sesebuah kawasan tadahan. Ianya direkabentuk agar boleh digunakan untuk pelbagai kawasan dengan pelbagai bentuk geografi bagi menyelesaikan banyak permasalahan yang timbul berkaitan dengan kejadian-kejadian hidrologi bagi sesebuah kawasan tadahan. Kepelbagaian penggunaan perisian ini termasuklah pengiraan bagi sumber air bagi suatu kawasan yang besar, hidrologi banjir dan pengiraan airlarian bagi kawasan bandar. Ianya boleh digunakan sama ada di kawasan tadahan luar bandar, bandar atau separuh bandar dan juga untuk penganggaran banjir.

Hidrograf yang dihasilkan boleh digunakan secara terus oleh program lain atau pun berhubung dengan program lain untuk tujuan penganggaran banjir, aliran keluar air sungai yang berlebihan, kajian ketersediaan air, saluran bandar, penghalaan banjir, kesan pembangunan yang akan datang, pengurangan kesan banjir dan operasi sistem.

Konsep program ini ialah dengan memasukkan data yang diperolehi dari elemen-elemen kawasan tadahan seperti sub kawasan tadahan dan sungai ataupun mensimulasi terus untuk elemen yang hampir sama. Terdapat banyak kemampuan pada HEC-HMS yang telah diperbaiki dari HEC-1. Antaranya ialah simulasi hidrograf untuk jangka masa yang panjang ; pengiraan agihan separuh air larian dengan menggunakan *grid-cel* yang menggambarkan legeh. HEC-HMS dijangka mempunyai beberapa kelebihan seperti seperti pengantaramuka grafik pengguna (GUI), integrasi komponen analisis hidrologi, kemampuan menyimpan dan mengurus data dan kemudahan membuat report. Ia adalah satu perisian yang dapat berfungsi pada banyak platform.

Berikut adalah beberapa contoh penggunaan HEC-HMS di beberapa projek di seluruh pelusuk dunia. Pertamanya suatu model hidrologi sebesar 325 batu persegi di sebuah legeh sungai di East Fork San Jacinto berdekatan CleverLand, telah disediakan oleh Dodson & Associates Inc. Houston, Texas USA. Hidrograf yang telah diperhatikan dari Oktober 17-19, 1998 telah digunakan sebagai perbandingan dengan keputusan model berkomputer. Tujuan kajian kes tersebut dijalankan adalah untuk menilai aplikasi praktik dengan menggunakan HEC-HMS untuk melakukan analisis model hidrologi. Hasil daripada kajian kes tersebut didapati hasil dari analisis model, keputusan adalah agak sama dengan hasil semula discas puncak (4%) yang diperhatikan dan jumlah isipadu air larian adalah (7%). Walau bagaimanapun terdapat sedikit perbezaan bentuk diantara kedua-dua hidrograf

Projek kedua adalah yang telah dijalankan oleh D.A. Stedfast U.S. Geological Survey, Albany, New York untuk menguji enam kaedah untuk menganggar magnitud dan frekuensi kadar alir puncak di sungai di pinggir bandar New York. Pada mulanya, nilai discas dan frekuensi diperolehi daripada rekod banjir tahunan yang disisntesis dibandingkan dengan nilai yang diperolehi dengan enam kaedah. Rekod yang disisntesis itu telah dikira daripada model hujan air larian 11 buah

lembangan di tiga buah negara di US. Analisis grafik tiga buah analisis matematik dijalankan untuk mendapatkan *bias* kaedah tersebut. Didapati hasil penggunaan model menunjukkan standard kesilapan anggaran yang terkecil dan *bias* berbanding enam kaedah. Kesilapan standard bagi cara ini adalah diantara 44-57 peratus dan *bias* adalah diantara 28-53 peratus.

Projek seterusnya telah dijalankan oleh S.W. Wolcott U.S. Geological Survey, Albany, New York. Sebuah model *flow-routing* untuk lembangan dan anak sungai Schoharie di New York telah dibangunkan dan digunakan untuk simulasi aliran yang tinggi di serokan *reservoir* Blenheim-Gilboa. Data terdahulu daripada lima keadaan banjir digunakan untuk kalibrasi model. Ketepatan model diukur dengan menganalisis perbezaan jumlah aliran dari simulasi dan yang diperhatikan. Maka ketepatan model yang diperolehi adalah 14 peratus. Ini menunjukkan aliran masuk ke *reservoir* Blenheim-Gilboa dapat diramal dengan tepat 2 jam lebih awal. Didapati juga jumlah kesilapan adalah diantara 30.2-9.2 peratus.

Satu lagi projek telah dijalankan oleh R. Lumia dari U.S. Geological Survey, Albany, New York. Discas banjir daripada 10 buah sungai di Rockland Country telah diperolehi. Anggaran frekuensi banjir sintetik telah diterbitkan untuk 9 buah kawasan model hujan air larian dari model kalibrasi; anggaran frekuensi banjir yang diperhatikan diterbitkan daripada 3 buah kawasan yang mempunyai rekod discas jangka panjang. Hasil kajian menunjukkan kaedah analitis termasuk ciri-ciri lembangan di beberapa kawasan sepanjang kawasan kajian dan jadual discas puncak. Profil ini membolehkan discas banjir di semua tempat yang mempunyai sistem saluran yang lebih besar daripada 1 mile persegi untuk 10 buah sungai tersebut.

BAB III

METODOLOGI

3.1 Pengenalan

Bahagian ini akan memberi pengenalan mengenai cara program HEC-HMS digunakan untuk menganalisis elemen hidrologi di sesebuah kawasan tadahan. Program ini terdiri daripada beberapa model yang telah digabungkan di dalam satu perisian. Tujuan perisian ini direka bentuk adalah untuk mensimulasi kejadian-kejadian hidrologi sesebuah kawasan tadahan. Program ini telah direka bentuk agar set-set data boleh digunakan secara berasingan. Namun sesetengah set-set data bergantung kepada definisi-definisi penting sebelum boleh digunakan dalam model tadahan atau model meterologi. Contohnya “gages” hendaklah diadakan dahulu sebelum ia boleh digunakan di dalam model tadahan. Model tadahan mesti wujud sebelum kaedah mencari curahan boleh digunakan.

Model matematik yang terdapat dalam perisian ini menerangkan tentang cara respon legeh kepada curahan yang jatuh pada legeh. Manakala persamaan dan penyelesaian berbeza bagi setiap model di mana kesemua model mempunyai komponen-komponen utama yang sama iaitu parameter, pembolehubah keadaan, keadaan sempadan dan keadaan asal. Parameter adalah kaedah berangka bagi ciri- ciri sistem yang sebenar. Istilah pembolehubah keadaan dalam persamaan model mewakili keadaan sistem pada masa dan tempat tertentu. Keadaan sempadan adalah nilai input bagi sistem iaitu daya- yang bertindak pada system hidrologi yang menyebabkan perubahan. Contoh paling jelas bagi *Boundary condition* adalah precipitation.

Model yang dipilih untuk penyelesaian sesuatu masalah mewakili situasi yang sebenar di mana tujuan permodelan adalah untuk pemahaman keadaan sebenar yang kompleks untuk difahami dengan terperinci. Ia mewakili saling tindakbalas secara intelektual di antara pemikiran, tangan dan mata dengan komputer sebagai medium utama.

3.2 Kawasan Kajian

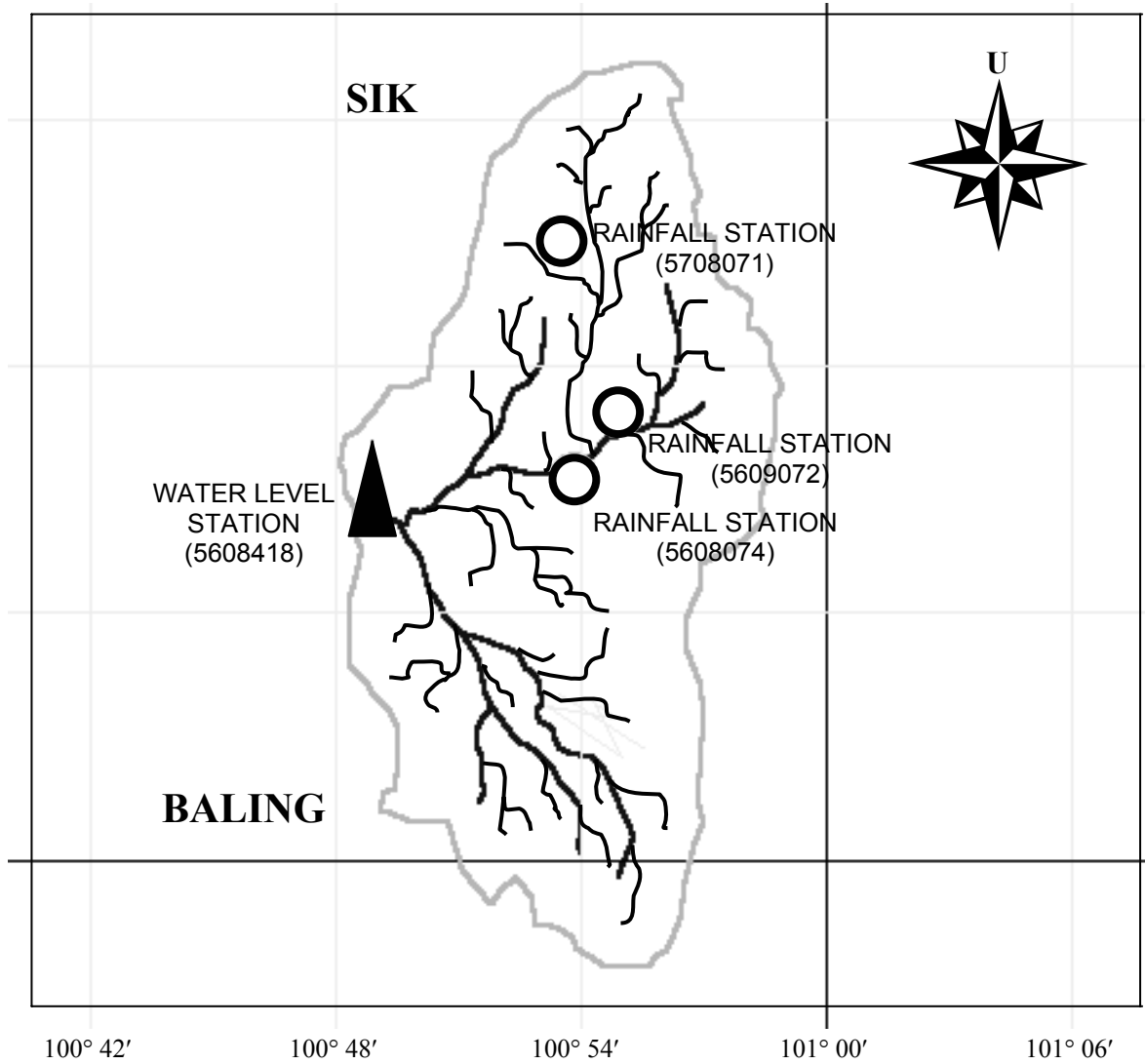
Kawasan kajian yang dipilih bagi menjalankan kajian ini adalah diambil sepanjang sungai Ketil yang terletak di sempadan Sik dan Baling di negeri Kedah Darul Aman. Kawasan tersebut terletak pada latitude $100^{\circ} 42'$ hingga $101^{\circ} 00'$ dan longitit $5^{\circ} 30'$ hingga $50^{\circ} 48'$. Luas keseluruhan kawasan tadahan yang terlibat adalah 704 km^2 . Koawasan tersebut adalah kawasan separa bangun. Berdasarkan peta topografi, jika tanah dikawasan ini diklasifikasikan mengikut kumpulan tanah menurut ses maka tanah maka ia adalah tanah dari jenis A. Dimana tanah tersebut mempunyai kadar penyusupan yang sederhana bila dibasahkan sepenuhnya dan terdiri terutamanya daripda tanah yang mempunyai sederhana dengan tekstur yang sederhana kasar. Tanah ini mempunyai kadar transmisi air yang sederhana.

Hampir 90% daripada kawasan tersebut diliputi oleh kawasan tanah tinggi yang mempunyai kontur dari 62m hingga 1077m. Manakala hampir 80% daripada keseluruhan kawasan ini terdiri daripada tanah jenis laterit yang sesuai untuk penanaman getah. Sebahagian daripada kawasan ini juga diliputi oleh hutan simpanan. Hampir 5 % daripada kawasan tersebut berpaya yang dilitupi dengan pokok bakau. Selain itu terdapat juga penanaman padi di sekitar kawasan yang berhampiran dengan sungai. Kebanyakkan sungai yang berliku-liku di kawasan kajian menunjukkan tanah di kawasan tersebut adalah lembut dan mudah terhakis yang sesuai untuk penanaman padi. Selain itu terdapat belukar, ruing dan huma di kawasan yang diterang dan dibiarkan. Hampir 2% daripada kawasan ini diliputi oleh batuan granit dan batuan yang dilapisi oleh tanah liat yang telah luluhawa.

Aktiviti utama yang dijalankan oleh penduduk di sini ialah penanaman getah iaitu hampir 90% dan diikuti oleh penanaman getah 7% dan penanaman bakau dan aktiviti perindustrian sebanyak 3%. Kepadatan penduduk di kawasan ini dianggap

sebanyak 5 juta. Sebahagian kecil daripada kawasan tersebut menjadi kawasan bandaran yang berkaitan yang diduduki penduduk. Petempatan penduduk adalah padat di kawasan sekitar jalan utama. Manakala petempatan penduduk adalah jarang di kawasan ladang getah. Hampir 15% daripada kawasan kajian adalah terdiri daripada jalan raya yang berturap.

Di kawasan tadahan ini terdapat 1 stesen aras air, 3 stesen hujan dan 1 stesen penyejatan (evaporation) bagi tujuan mendapatkan data. Berdasarkan sumber daripada jabatan pertanian, hujan maksimum di kawasan kajian tersebut berlaku pada bulan Oktober dan Disember iaitu 200 mm . Manakala hujan minimum berlaku pada bulan Januari dan Februari iaitu 25 mm. Daripada pemerhatian didapati kawasan ini juga mempunyai nilai ketaktelapan lebih kurang 2%. Kesimpulanya jumlah air larian permukaan yang mungkin didapati di kawasan Sungai Ketil adalah kecil. Ini kerana kebanyakan kawasan tersebut masih diliputi oleh tumbuhan dan hutan. Selain itu kepadatan penduduk di kawasan ini juga adalah agak rendah. Maka kawasan perumahan dan pembangunan juga agak kurangan. Ini menyebabkan kebanyakan air meresap ke dalam tanah tanpa sebarang halangan dan menyebabkan jumlah air larian yang diterima agak rendah.



Rajah 3.1: Kawasan kajian (Sg.Ketil)

3.3 Pengumpulan Data hujan dan airlarian

Pengumpulan data bagi tujuan kalibrasi model dibuat berdasarkan maklumat-maklumat yang diperolehi dari stesen-stesen kaji hidrologi yang disediakan oleh Jabatan perparitan dan saliran di kawasan kajian.. Data airlarian diperolehi dari stesen aras air yang terletak di Kuala Pegang (GR: QT 139240). Data curahan pula diperolehi dari 3 stesen hujan yang terletak di Pulau (GR: QT 236260), Hospital Baling (GR: QT 257286) dan Kg Terabak (GR: QT 230365). Data penyejatan bagi tujuan mendapatkan data bersih diperolehi dari stesen penyejatan yang terletak di pintu kawalan Kuala SALA.

Pemerhatian untuk mendapatkan data hujan dan airlarian dibuat berdasarkan pemerhatian pada satu ribut yang sama. Isipadu hidrograf airlarian mestilah hampir sama dengan isipadu *hyetograph* hujan. Jika isipadu airlarian adalah kurang daripada yang sepatutnya maka air telah hilang disebabkan penyusupan. Manakala, jika isipadu airlarian adalah lebih tinggi daripada yang sepatutnya, maka dapat disimpulkan bahawa airbumi menyebabkan jumlah aliran. Walaubagaimanapun, jika isipadu airlarian agak tinggi maka dapat diketahui bahawa air memasuki system dari punca lain atau data hujan tidak dicatat dengan tepat.

3.4 Program Hydrologic Modeling System (HEC-HMS)

Perisian (HEC-HMS) telah direkabentuk untuk mensimulasikan kejadian-kejadian hidrologis seperti air larian, air bumi dan banyak lagi bagi sesebuah kawasan tadahan. Ianya direkabentuk agar boleh digunakan untuk pelbagai kawasan dengan pelbagai bentuk geografi bagi menyelesaikan banyak permasalahan yang timbul berkaitan dengan kejadian-kejadian hidrologi bagi sesebuah kawasan tadahan.

Kepelbagaiaana penggunaan perisian ini termasuklah pengiraan bagi sumber air bagi suatu kawasan yang besar, hidrologi banjir dan pengiraan air larian bagi kawasan Bandar. Ianya boleh digunakan sama ada di kawasan tadahan luar Bandar, Bandar atau separuh bandardan juga untuk penganggaran banjir.

Hidrograf yang dihasilkan boleh digunakan secara terus oleh program lain ataupun berhubung dengan program lain untuk tujuan penganggaran banjir, air larian keluar air sungai yang berlebihan, kajian ketersediaan air, saluran bandar, penghalauan banjir, kesan pembangunan yang akan datang, pengurangan kesan banjir dan operasi sistem. Konsep program ini ialah dengan memasukkan data yang diperolehi dari elemen-elemen kawasan tadahan seperti sub-kawasan tadahan dan sungai ataupun mensimulasikan terus untuk elemen yang hampir sama.

3.3.1 Permodelan

Perkembangan sesebuah model akan melalui satu siri langkah-langkah tertentu yang tersusun bagi membolehkan seseorang pembuat model mengenalpasti fakta-fakta semasa dalam proses permodelan agar dapat imbas semula dan melakukan penyesuaian terhadap pencapaian yang diperolehi kelak. Berikut adalah langkah-langkah dalam proses permodelan:

i) Fenomena

Penaksiran masalah yang ditimbulkan oleh minda. Bergantung kepada pengetahuan bagi menghasilkan model untuk diselesaikan.

ii) Masalah

Masalah yang wujud perlulah dipastikan terlebih dahulu.

iii) Definasi masalah

Masalah yang telah dikenalpasti perlulah diterjemahkan kepada bentuk yang mudah iaitu dengan menukarkan ke dalam bentuk model.

iv) Ringkasan

Meringkas dan mempermudah kerja-kerja penyelesaian masalah.

v) Objektif, Kriteria dan Had Kawalan

Penentuan model yang hendak diadaptasikan pada suatu had kawalan bersama criteria yang tertentu supaya output yang terhasil menepati kehendak.

vi) Penakrifan Model

Definisi khas terhadap *driving variables*, *state variables* dan *intermediate variables* fasa sesuatu model. Parameter yang diperlukan untuk peringkat

simulasi perlu dikenalpasti dahulu. Ia turut dikenalpasti sebagai keadaan awal, keadaan sempadan dan spesifikasi kuantitatif bagi cirian fizikal.

vii) Struktur model

Pembolehubah diwakili dalam bentuk kotak dan proses diwakili dengan bentuk anak panah. Semua input dan output akan ditunjukkan di mana setiap peringkat akan mewakili hubungan antara semua kotak dalam model tersebut.

viii) Perumusan model

Persamaan dalam bentuk matematik atau algoritma akan dipilih bagi menyatakan hubungan yang diwakili oleh anak panah.

ix) Pengesahan parameter

Parameter adalah malar dan pekali eksponen yang wujud dalam persamaan turut diguna.

x) Kalibrasi

Nilai untuk setiap parameter perlu dimasukkan dan perubahan terhadap keadaan awal dan keadaan sempadan juga perlu ditentukan. Model dapat dilaksanakan dengan penentuan semua parameter berkaitan. Kalibrasi

akan memperbaiki keadaan parameter supaya data simulasi seakan sama dengan data yang dicerap. Penyelarasan parameter bertujuan agar aliran sungai hampir sama dengan graf aliran sungai.

xi) Vadilasi

Proses ujian kalibrasi yang telah dibuat, sama ada mencapai objektif atau tidak. Pada tahap ini, satu set data yang lain akan digunakan.

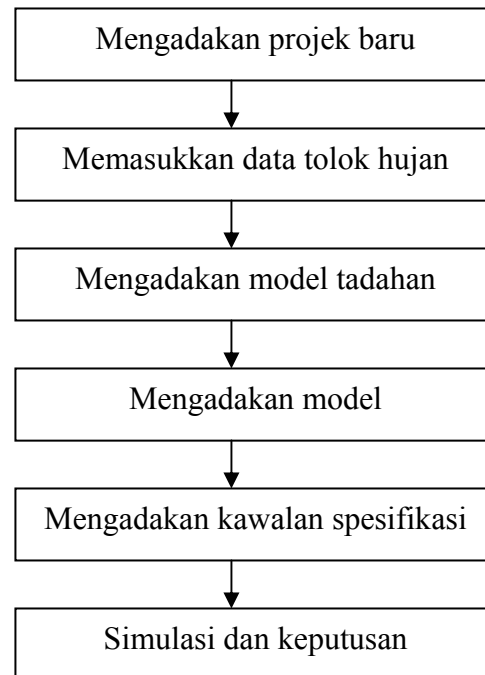
Perlaksanaan suatu model dengan data asing dibuat berdasarkan nilai parameter yang telah dikalibrasi tadi. Objektif pada peringkat ini adalah untuk memastikan bahawa bentuk graf aliran yang diperolehi dengan parameter yang dikalibrasi seiras dengan graf data curahan dan kadar alir bagi suatu tempoh yang lain pula. Perbezaan yang ketara menyebabkan rombakan terhadap kalibrasi perlu dibuat hingga proses validasi memuaskan.

xii) Simulasi

Parameter yang telah ditetapkan semasa proses validasi akan digunakan untuk mensimulasikan data aliran sungai untuk menghasilkan data yang hilang. Apa yang menarik adalah data yang diperolehi lebih tepat berbanding dengan kaedah klasik.

3.3.2 Kajian Menggunakan Program HEC-HMS

Langkah-langkah di dalam menjalankan program HEC-HMS adalah seperti berikut :



3.4 Mengadakan Projek Baru

Bagi memulakan sebuah projek baru bagi program ini kita perlu memberi nama kepada projek ini sebagai langkah pertama kemudian kita perlu menentukan kaedah-kaedah yang akan kita gunakan untuk pengiraan curahan, susupan, air larian dan sebagainya. Selepas itu kita masukkan data-dat curahan yang diambil dari tolok hujan yang akan kita guna di dalam model meteorologi. dengan

3.5 Membina Model Tadahan

Model tadahan adalah salah satu daripada komponen yang diperlukan untuk menggerakkan pengaturcaraan sistem HEC-HMS ini, di samping model meteorologi dan juga kawalan spesifikasi (control specification). Sistem ini bersambungan dan data fizikal akan menyatakan mengenai lembangan yang disimpan dalam model tadahan.

3.5.1 Elemen-Elemen Hidrologi

Elemen-elemen hidrologi adalah perkara asas yang sangat penting dalam model kawasan tadahan. Elemen-elemen ini menunjukkan proses-proses fizikal yang berlaku seperti kuala ataupun jarak aliran sungai. Setiap elemen memberikan sebahagian daripada jumlah reaksi daripada jumlah reaksi kawasan lembangan.

Setiap elemen menggunakan model matematik untuk menyatakan proses-proses fizikalnya. Kadangkala model ini amat berguna untuk menyatakan proses-proses fizikalnya yang melebihi lingkungan keadaan persekitaran. Data yang telah tersedia dan parameter-parameter yang diperlukan oleh model juga boleh menentukan kesesuaiannya dalam penggunaan model ini. Untuk memastikan program ini sesuai untuk pelbagai keadaan, kebanyakan elemen-elemen ini mestilah lebih daripada satu model atau kaedah untuk mentafsirkan proses-proses fizikalnya. Sebagai contoh, terdapat tiga kaedah yang digunakan dalam memasukkan data untuk kawasan takungan.

Setiap satu elemen memainkan peranan penting dan membantu kita mendapat gambaran mengenai kawasan tadahan dalam suasana kawalan. Elemen-elemen yang disertakan dalam program ini ialah :

i) Subbasin

Subbasin adalah elemen yang selalunya tiada aliran masuk dan hanya mempunyai satu aliran keluar. Ia adalah salah satu daripada 2 cara untuk menghasilkan aliran di dalam model tadahan. Aliran keluar dikira dari data metrologi dengan menolak kehilangan dan ubahan curahan kepada air larian dan mencampurkan aliran dasar. Anggapan yang dibuat ialah air di kawasan tadahannya mengalami 3 proses iaitu kehilangan ubahan dan aliran dasar. Sebahagian daripada curahan yang jatuh ke tanah akan menyusup akan menjadi aliran dasar atau air bawah tanah. Air hujan yang tidak menyusup akan menjadi air larian terus dan bergerak merentasi kawasan tadahan dari hulu ke hilir.

ii) Reach

Adalah elemen yang mempunyai satu atau banyak aliran masuk dan hanya satu aliran keluar. Aliran masuk datang dari elemen-elemen lain di dalam model tadahan. Jika terdapat lebih dari satu aliran masuk, kesemua aliran masuk ini dicampurkan sebelum mengira aliran keluar. Aliran keluar adalah dikira daripada kaedah mensimulasikan aliran saluran terbuka.

iii) Reservoir

Reservoir ialah elemen yang mempunyai satu atau banyak aliran masuk tetapi hanya satu aliran keluar yang telah dikira. Aliran masuk datangnya dari

elemen-elemen lain dari model tadahan. Jika terdapat lebih dari satu aliran masuk ianya hendaklah dicampurkan terlebih dahulu sebelum aliran keluaran boleh dikira. Aliran keluar dikira dari kaedah “*user-specified*”. Elemen ini boleh digunakan untuk memodelkan kawasan air simpanan, tasik dalam kolam.

iv) Junction

Junction adalah elemen yang mempunyai satu atau lebih aliran masuk dan menghasilkan hanya satu aliran keluar. Kesemua aliran masuk tadi di campur untuk menghasilkan aliran keluar dengan mengangap simpanan adalah sifat di samping (junction).

v) Diversion

Diversion ialah elemen yang mempunyai 2 aliran masuk dan hanya satu aliran keluar. Ia adalah salah satu daripada dua cara untuk menghasilkan aliran di dalam model tadahan.

vi) Source

Source adalah elemen yang tidak mempunyai aliran masuk dan hanya satu aliran keluar. Ia adalah salah satu daripada dua cara untuk menghasilkan aliran di dalam model tadahan

vii) Sink

Sink ialah elemen yang mempunyai satu atau banyak aliran masuk tetapi tiada aliran keluar. Pelbagai aliran masuk tadi di campur kesemuanya bagi menentukan jumlah air yang memasuki elemen ini.

3.5.2 Kaedah- kaedah Dalam Subbasin

Subbasin menggambarkan keseluruhan kawasan lembangan. Anggapan telah dibuat untuk mengurangkan proses dalam lembangan kepada tiga peringkat iaitu, proses kehilangan (*loss process*), proses perubahan (*transform process*) dan aliran dasar (*base flow*).

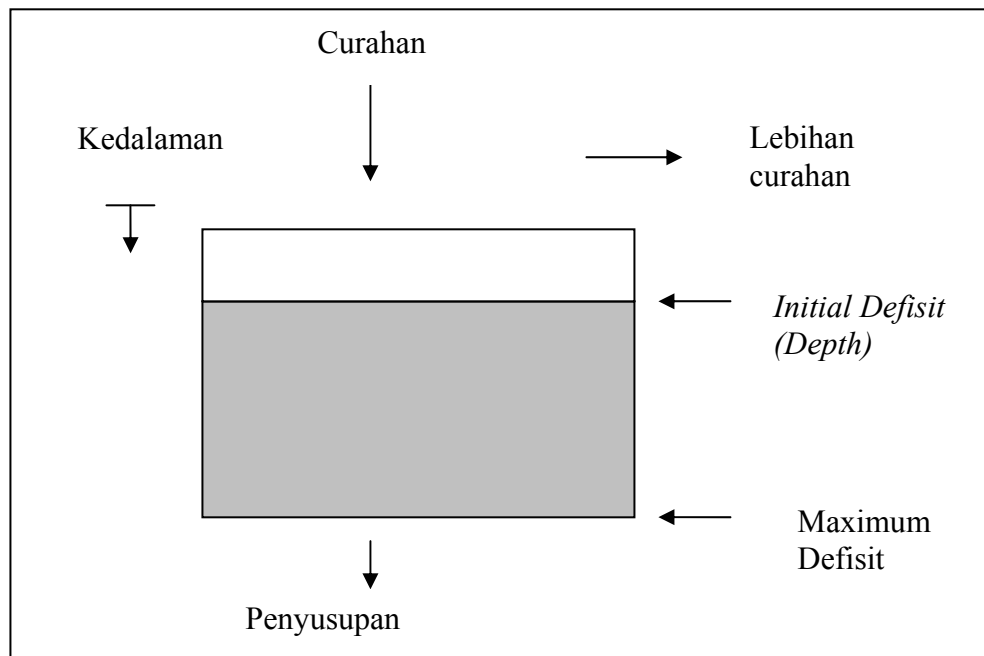
Sebahagian daripada curahan yang jatuh ke permukaan akan menyusup masuk ke dalam tanah dalam dan akhirnya menjadi air bawah tanah dan ini akan berlaku aliran dasar. Keseluruhan proses penyusupan ini akan diwakili oleh satu kaedah iaitu, kaedah kehilangan. Curahan yang tidak menyusup ke dalam tanah akan menjadi air larian permukaan dan bergerak melalui kawasan lembangan hingga keluar dari kawasan ini. Keseluruhan proses ini air larian ini akan digambarkan oleh kaedah perubahan. Manakala untuk air bawah tanah dan pergerakan air bumi pula akan digambarkan melalui kaedah aliran dasar.

3.5.2.1 Kaedah-Kaedah Mengira Kehilangan Dalam Subbasin

Hubungan air dan tanah-tanah di sesebuah kawasan tadahan boleh dikategorikan kepada dua iaitu air mempunyai hubungan secara langsung terhadap permukaan tanah tidak telap atau hubungan secara langsung terhadap permukaan tanah telap air. Sebahagian curahan yang jatuh ke atas tanah tidak telap air tidak akan mengalami sebarang proses kehilangan, sama ada dalam bentuk susupan, pintasan, pengewapan atau lain-lain kehilangan. Manakala curahan yang jatuh ke atas tanah yang telap air pula mengalami proses kehilangan. Terdapat 7 kaedah bagi mengira kehilangan yang terdapat di dalam program ini iaitu:

i) Kaedah Deficit and Constant

Kaedah ini digunakan untuk sistem satu lapis dengan hal mendapatkan kembali model penyusupan iaitu lapisan penyaliran tanah, penyejatan dan proses transpirasi. Kehilangan yang maksimum menunjukkan jumlah kedalaman penyimpanan. Konsep model ini ditunjukkan dalam rajah 3.1. Parameter-parameter yang diperlukan dalam kaedah ini ialah, kehilangan awal, kehilangan maksimum, kadar kehilangan dan kadar pemulihan. Peratus ke tidak telapan mempunyai nilai antara 0 dan boleh bertambah.



Rajah 3.1 :Konsep Model Defisit and Constant

ii) Kaedah Green and Ampt

Kaedah ini mengira kehilangan dengan menggabungkan Hukum Darcy dan hukum keabadian jisim. Kehilangan awal diperlukan untuk model pemintasan dan simpanan lekuk. Lebihan curahan akan dikira menggunakan persamaan Green and Ampt setelah nilai kehilangan awal dipastikan. Parameter-parameter yang diperlukan dalam kaedah ini ialah, nilai kelembapan deficit volumetric yang bernilai antara 0 sehingga 1, sedutan depan basah (*front suction wetting*), keberaliran (conductivity) dan peratus ketidaktelapan yang mempunyai nilai antara 0 dan bertambah.

iii) Kaedah Lengkungan SCS Berperingkat (Gridded SCS Curve Number)

Kaedah ini boleh digunakan dengan kaedah Mod Clark terubahsuai untuk mengira lebihan penyusupan dengan lengkungan nombor yang berbeza untuk setiap peringkat. Nombor-nombor lengkung dinyatakan dalam fail sistem garis. Parameter-parameter yang diperlukan untuk kaedah ini ialah, nisbah pekali awal iaitu antara 0.427 sehingga 2.28 dan faktor tahanan potensi iaitu dari 0.095 sehingga 0.38. kaedah ini tidak mempunyai peratus ketidaktelapan.

iv) Kaedah ‘ Gridded Soil Moisture Accounting, SMA’

kaedah ini boleh digunakan bersama dengan kaedah Mod Clark terubahsuai untuk menentukan unit SMA untuk setiap peringkat. Parameter-parameter yang diperlukan untuk kaedah ini ialah, nilai simpanan awal sebagai peratus kapasiti bagi setiap lapisan. Tiada peratus ketidaktelapan bagi kaedah ini.

v) Kaedah Initial and Constant

Kaedah ini mewakili pintasan dan simpanan lekuk dengan nilai kehilangan awal. Nilai kehilangan lain diwakili oleh kadar kehilangan yang malar. Tiada lebihan curahan senggalah kehilangan awal dicapai. Parameter-parameter yang diperlukan untuk kaedah ini ialah, kehilangan awal dan kehilangan tetap. Nilai ketidakboleh telapan mempunyai nilai dari 0 dan boleh ditambah.

vi) Kaedah Lengkung Nombor SCS (SCS Curve Number)

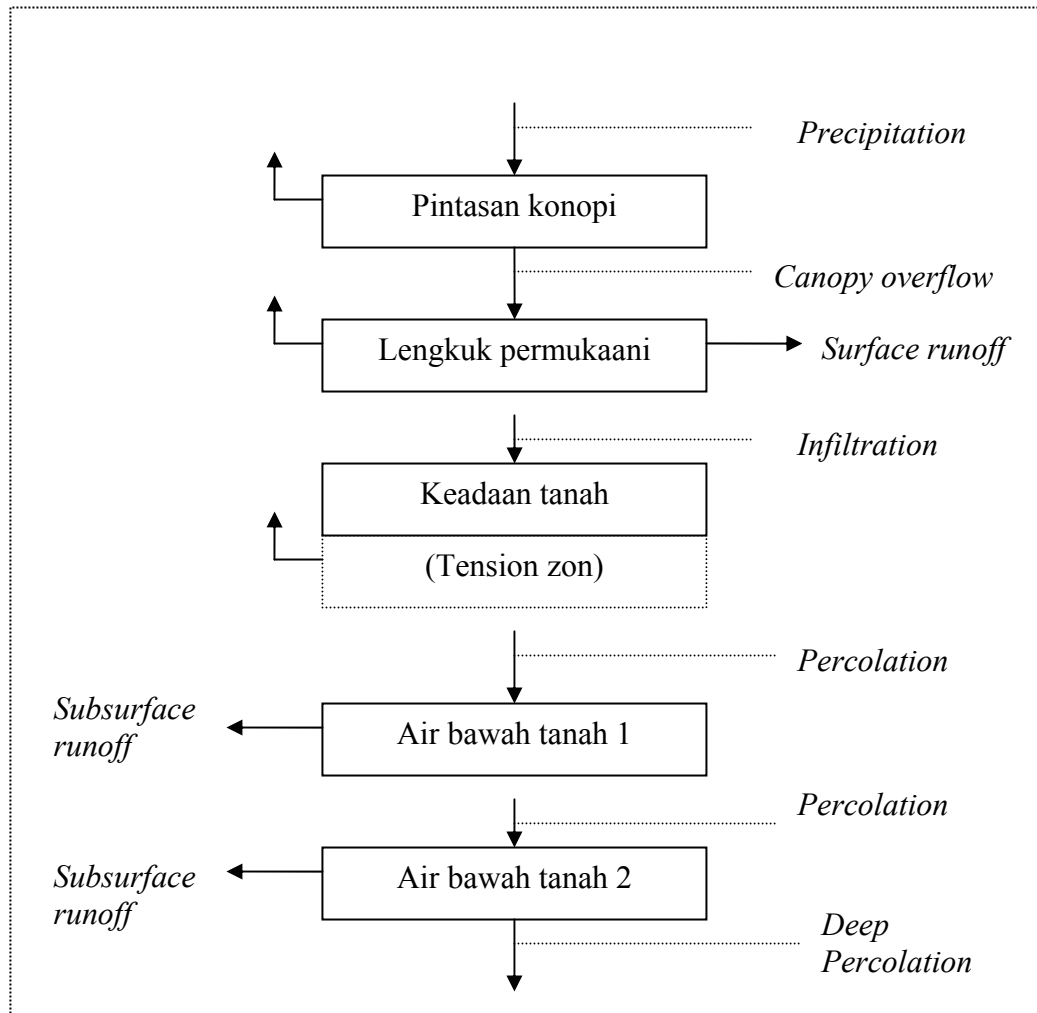
The Soil Conservation Service, memperkenalkan lengkung nombor empirikal untuk menganggar jumlah lebihan curahan rebut berdasarkan tahun kumulatif, penutup tanah, penggunaan tanah dan lembapan sebelumnya. Parameter-parameter yang diperlukan untuk kaedah ini ialah, lengkung nombor dan kehilangan awal yang mestilah berada dalam lingkungan 0 hingga 99 tetapi secara praktikalnya mestilah melebihi 40.

vii) Kaedah Pengiraan Kelembapan Tanah (Soil Moisture Accounting SMA)

Kaedah ini menggunakan sistem 5 lapisan dengan kewujudan evatranspirasi. Lapisan-lapisan yang terlibat adalah:

- a) Pintasan kanopi
- b) Lekuk permukaan
- c) Keadaan tanah
- d) Air bawah tanah 1
- e) Air bawah tanah 2

Parameter yang diperlukan adalah unit SMA dan simpanan awal sebagai peratusan kepada kapasiti untuk setiap lapisan. Tiada nilai ketidakboleh telapan dengan kaedah ini. Konsep model ditunjukkan dalam rajah 3.2



Rajah 3.2: Konsep Model Kelembapan Tanah (Soil Moisture Accounting SMA)

3.5.2.2 Kaedah Ubahan Kawasan Tadahan

Curahan yang tidak menyerap atau jatuh atas tanah tidak tetap akan menjadi lebih curahan dalam bentuk air larian permukaan. Air larian permukaan kawasan tadahan boleh dimodelkan dengan menggunakan 6 kaedah iaitu:

i) Kaedah “ *Clark Unit Hydrograph* ”

Kaedah ini menjelaskan mengenai penukaran dan pengurangan lebih curahan sepanjang pergerakannya ke aliran keluar. Penukaran ini berdasarkan lengkung masa-luas dan masa penumpuan. Pengurangan dimodelkan oleh simpanan linear. Parameter yang diperlukan adalah masa penumpuan dan pekali simpanan. Kedua-kedua pekali adalah dalam unit jam.

ii) Kaedah “ *Kinematic Wave*”

Kaedah di atas menggunakan perhubungan antara persamaan selanjur dan persamaan momentum untuk menganalisa aliran permukaan. Kaedah ini lebih menekankan pada pergerakan gelombang.

iii) Kaedah Mod Clark

Kaedah mod Clark adalah kaedah berasaskan ubahan kuasa teragih linear yang beroperasi dalam bentuk grid-sel asas. Setiap fail grid-sel mengandungi data koordinat, luas kawasan, masa perjalanan bagi setiap sel indeks dalam setiap sub-tadahan. Parameter yang diperlukan adalah masa penumpuan, pekali simpanan dan failgrid-sel.

iv) Kaedah “Snyder Unit Hydrograph”

Kaedah di atas mempunyai tujuan untuk menganggar aliran puncak dan masa asas hidrograf. Kaedah Snyder yang digunakan untuk program ini menggunakan unit hidrograf untuk mengira ordinat. Parameter yang berkaitan dengan kaedah ini adalah pekali puncak iaitu antara 0.1 sehingga 1 dan kelambatan piawai (*standard lag*).

v) Kaedah “SCS Unit Hydrograph”

The soil Conservation Service yang sekarang ini dikenali sebagai *Natural Resources Conservation Service* membina unit parameter bagi sesebuah hidrograf. Ianya berdasarkan data imperikal untuk kawasan tanaman di Amerika Syarikat. Persamaan parametric digunakan untuk mengira hidrograf puncak dan masa asas daripada kelambatan. Ordinat hidrograf biasanya terdiri daripada puncak masa asas dan unit hidrograf yang tidak berdimensi.

vi) Kaedah “User-Specific Unit Hydrograph”

Kaedah ini membolehkan pengkhususan hubungan imperikal antar satu unit hujan dengan air larian terus. Kaedah ini memerlukan parameter ordinat hidrograf dan sela masa ordinat.

3.5.2.3 Kaedah Aliran Dasar Bagi Subbasin

Air yang telah menyusup ke dalam tanah akan bergerak dari tanah yang tidak tepu sehinggalah ia sampai di zon air bumi. Air bumi biasanya tidak berada di dalam keadaan statik sebaliknya ia sentiasa bergerak dengan perlahan melalui liang-liang di dalam tanah, gua-gua batu kapur serta rekahan batu dan ianya bergantung kepada keadaan formasi geologi terkini kawasan tersebut. Air bumi yang berhampiran dengan permukaan tanah mungkin menyumbang kepada aliran permukaan semasa curahan berlaku. Aliran dasar boleh dimodelkan berdasarkan kepada 3 kaedah yang berikut:

i) Kaedah “Constant Monthly”

Kaedah ini menggunakan aliran dasar yang seragam di sepanjang tempoh simulasi. Aliran permukaan dikira dengan menggunakan kaedah ubahan yang kemudiannya ditambah kepada aliran dasar untuk menghasilkan aliran jumlah. Nilai aliran dasar diperlukan untuk semua bulan di sepanjang tempoh simulasi.

ii) Kaedah Kawasan Tadahan Linear

Kaedah ini mengira aliran dasar dari simpanan air bumi dan hanya boleh digunakan dengan kaedah “Soil Moisture Accounting”. Air yang terdapat di dalam bumi ditukar kepada aliran dasar berpandukan kepada simpanan linear. Parameter yang diperlukan adalah pekali simpanan dan nombor simpanan.

iii) Kaedah “Recession”

kaedah ini menggunakan pengiraan klasik yang memisahkan aliran dasar dari hidrograf. Aliran permukaan di permulaan simulasi haruslah ditetapkan

sebagai aliran ataupun aliran per unit luas. Pemalar “*recession*” yang menunjukkan kadar aliran dasar yang menyusut mesti diperolehi. Kadar aliran dasarnya adalah kadar aliran hari ini kepada aliran dasar semalam.

3.5.3 Reach

Reach adalah elemen yang boleh digunakan untuk mewakili aliran air di saluran terbuka. Air memerlukan sejumlah masa tertentu untuk sampai kepada reach. Gelombang banjir di kurangkan oleh geseran dan simpanan saluran semasa melalui reach. Proses mengira masa perjalanan dan surutnya air yang mengalir dipanggil penghadan.

Banyak model telah dibina di bawah anggapan yang menunjukkan perbezaan mengenai jenis aliran. 6 model telah disertakan dalam program ini sebagai kaedah untuk mengira elemen-elemen reach iaitu *kinematic wave*, *lag*, *modified plus*, *Muskingum-Cunge 8 titik* dan *Muskingum-Cunge standard section*.

3.5.4 Hidrograf Kajian Di Lepas

Hidrograf yang dikaji boleh dimasukkan juga ke dalam program ini melalui model tadahan. Kesemua keputusan adalah didapati secara automatik dan ianya disertakan sekali di dalam hidrograf tersebut. Graf yang terhasil akan menunjukkan kesan daripada hidrograf kajian lepasan dan hidrograf yang dikira oleh komputer.

3.6 Model Meteorologi

Model meteorologi merupakan salah satu komponen yang perlu bagi melaksanakan program ini di samping model kawasan tadahan dan juga pengawalan spesifikasi. Data curahan dan penyejatan diperlukan untuk mensimulasikan proses-proses lembangan dan akan disimpan dalam model meteorologi ini.

3.6.1 Zon penyejatan

Zon penyejatan adalah diwakili oleh kawasan yang homogen yang berdasarkan proses penyejatan. Zon ini ialah satu bidang konsep yang tidak terikat dan boleh mewakili suatu kawasan yang tak mungkin. Semua zon penyejatan dikenali berasingan dari segi kaedah dan parameter bagi setiap zon.

3.6.2 Kedah-Kaedah Curahan (*Precipitation Methods*)

Ada pelbagai kaedah yang boleh digunakan untuk menentukan curahan boleh didapati, tetapi hanya satu yang boleh digunakan bagi setiap model meteorologi. Kaedah curahan berperingkat mestilah dipilih apabila model meteorologi digunakan bersama dengan model kawasan tadahan yang mengandungi elemen sub tadahan yang ditetapkan menggunakan kaedah Mod Clark terubahsuai. Kaedah jika tiada curahan hanya boleh digunakan apabila model meteorologi tidak dipasangkan dengan model tadahan yang mengandungi elemen sub tadahan. Kaedah pengiraan curahan yang terdiri dari yang klasik dan sintetik disertakan di dalam program ini. Kaedah-kaedah yang terdapat dalam program ini ialah *user hyetograph*, *User Gage Weighting*, *Gridded Precipitation*, *Frequency Storm* dan *Standard Storm*.

i) *Kedah User Hyetograph*

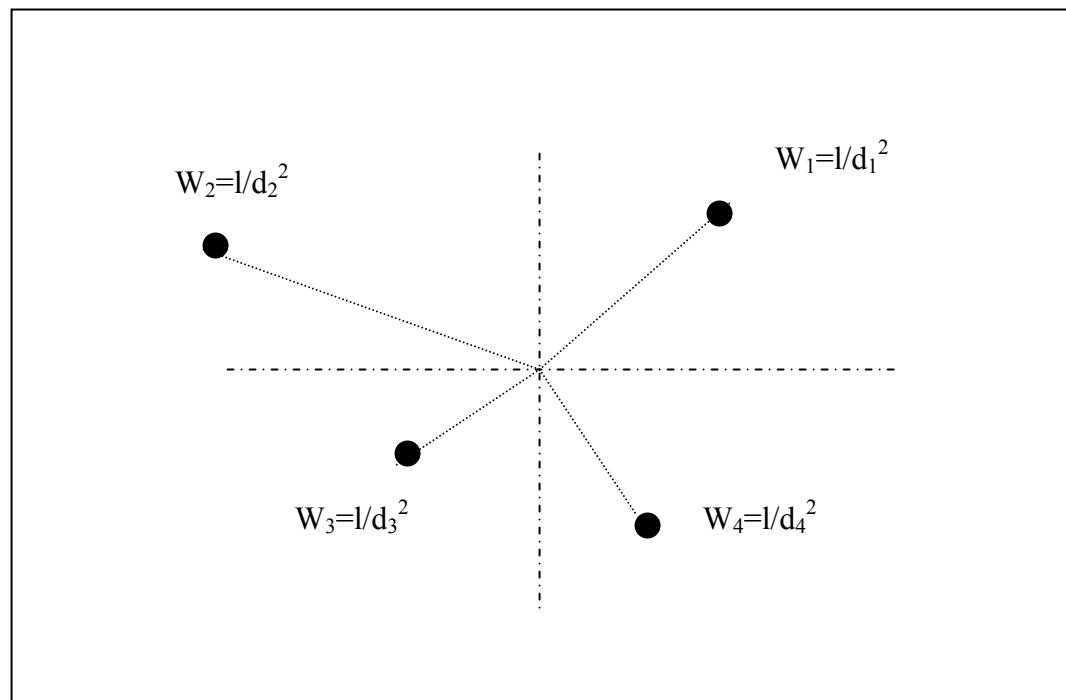
Kaedah penggunaan hyetograph boleh digunakan untuk mengimport hytograph sub-kawasan tadahan dari program lain. Teknik analisis pengantara boleh digunakan bagi mengira hytograph. Setiap subtadahan hanya boleh mempunyai satu hytograf sahaja.

ii) *Kaedah User Gage Weighting*

Kaedah ini menyediakan kawalan lengkap bagi cagaran dan pembentukan rancangan yang digunakan bagi setiap subtadahan. Nilai berat dikira secara manual dan ia mungkin dari hasil analisis '*Thiesen*', '*inverse distance*' atau pun dari analisis lain. Hytograf curahan bagi setiap sub-kawasan tadahan adalah dikira dalam dua langkah proses di mana kawasan penting iaitu di mana berlaku curahan dikira dahulu dan seterusnya kawasan lain.

iii) *Kaedah Inverse distance Gage Weight*

Kaedah ini amat berguna apabila data curahan tidak lengkap atau hilang dan nilai yang hilang itu tidak boleh di gantidengan sifar. Hytograf sub-kawasan tadahan dikira bagi lokasi persilangan yang dipilih bagi mewakili sub-kawasan tadahan. Sistem kuadran dilukis titik tengah persilangan. Rajah 3.3 menunjukkan cara kaedah ini dilukis. Berat bagi cagaran terdekat yang tidak mempunyai data yang hilang, bagi setiap kuadran dikira sebagai titik terbalik, bersegi ataupun berjarak di antara cagaran dan persilangan. Cagaran terdekat bagi setiap kuadran dinyatakan berasingan bagi setiap langkah masa. Cagaran terdekat seterusnya di dalam kuadran secara automatik digunakan bila ia kehilangan data



Rajah 3.3 : Konsep Model Inverse distance Gage Weight

iv) Gridded Precipitation

Kaedah ini perlu mendapatkan kembali rekod dari file DSS. Rekod baru kemudiannya dikira berasingan menggunakan program ‘*gage Interp*’ atau ‘*gridLoad*’.

v) Kaedah “Frequency Storm”

Kaedah ini boleh digunakan untuk mengadakan rebut sintetik seimbang yang dikenali sebagai taburan kebarangkalian.

3.6.3 Kaedah Sejat Peluhan

Kaedah purata sejatan bulanan mesti dipilih bila model meteorologi akan diguna dengan model kawasan tadahan yang mengandungi elemen sub-kawasan tadahan yang telah ditetapkan menggunakan kaedah kehilangan iaitu soil moisture accounting. Jika tiada ‘sejat peluhan’ berlaku kaedah lain mestilah dipilih bila kaedah kehilangan iaitu soil moisture accounting tidak diguna.

3.6.3.1 Kaedah Purata Bulanan

Kaedah ini boleh digunakan untuk mengira penyejatan berkombinasi dan transpirasi dengan kadar yang berasingan bagi setiap bulan setahun. Kecekapan sejatan mestilah termasuk untuk membetulkan pan-sejatan data.

3.7 Kawalan Spesifikasi

Kawalan spesifikasi adalah salah satu komponen yang diperlukan untuk menggerakkan pengaturcaraan program ini di samping model tadahan dan juga model meteorologi. Jangka masa sesuatu simulasi adalah dikawal oleh spesifikasi ialah tarikh dan masa mula, tarikh dan masa tamat dan langkah masa pengiraan. Sesuatu pengiraan dijalankan dengan menggabungkan model tadahan, model meteorologi dan kawalan spesifikasi.

3.7.1 Tarikh dan Masa

Tarikh dan masa kawalan spesifikasi boleh dilakukan dengan pelbagai cara. Hari boleh dimasukkan sebelum atau selepas bulan tetapi mestilah dalam nombor integer, contohnya, 01 Mac 78 atau 1 Mac 1978 atau Mac 1, 1978, semuanya menunjukkan tarikh 01 Mac 1972. permulaan sifar adalah menunjukkan hari bagi hari yang bernilai kurang daripada 10 adalah bebas, contohnya, 01,05. Data hari juga boleh dimasukkan sebagai 1,2 dan sebagainya. Manakala untuk data bulanan pula hendaklah masukkan secara berturutan iaitu Jan, Feb dan seterusnya. Data bulan tidak boleh dimasukkan

secara digit. Bagi data tahunan pula, ia boleh dimasukkan sama ada dengan nombor dua digit atau pun 4 digit. Contohnya 78, 98, 2000 ataupun 1985.

Bila 2 digit nombor untuk tahun ditulis secara automatiknya akan dikira sebagai satu abad dan pengiraan adalah di antara 90 tahun yang lepas hingga ke 10 tahun yang akan datang. Program ini akan menggunakan masa dan tarikh yang terdapat dalam komputer yang digunakan. Untuk data masa pula telah ditetapkan dengan nombor 4 digit dan dinyatakan dalam sistem 24 jam.

3.7.2 Sela Masa (*time interval*)

Sela masa menentukan keputusan model semasa proses simulasi dijalankan. Sela masa boleh dipilih dari pilihan 1 minit hingga 24 jam. Hanya satu set sela masa sahaja untuk setiap kawalan spesifikasi.

Data gage adalah berkadar terus dengan sela masa. Walaupun sesetengah kaedah menggunakan sela masa dalaman tetapi kebanyakan kaedah menggunakan sela masa yang telah ditetapkan dalam kawalan spesifikasi.

3.7.3 Menjalankan Simulasi dan Melihat Keputusan

Dalam bahagian ini kita didedahkan bagaimana program HEC-HMS menjalankan proses pengaturcaraannya. Setiap pengaturcaraan merangkumi 3 komponen penting iaitu model tadahan, model meteorologi dan kawalan spesifikasi

3.7.4 Konfigurasi dan Pilihan Ancaman

Bagi program ini menjalankan proses simulasi, ia memerlukan 3 komponen yang wajib iaitu model tadahan, model tadahan, model meteorologi dan kawalan spesifikasi yang setiap komponen itu mestilah serasi dengnya komponen yang lain. Pilihan terbuka untuk penggunaan adalah untuk menentukan kadar curahan dan kadar aliran.

3.7.5 Melihat keputusan

Terdapat pelbagai keputusan yang boleh didapati daripada program ini, iaitu sama ada dalam bentuk grafik ataupun dalam bentuk jadual. Keputusan boleh diperoleh dari model tadahan. Keputusan yang dikehendaki hendaklah terlebih dahulu diaturcarakan (*run*). Terdapat dua jenis bentuk keputusan yang utama iaitu, Jadual Ringkasan Global (*Global Summary Table*) yang merangkumi keputusan aliran puncak, jumlah aliran dan banyak lagi. Selain jadual, graf juga disertakan untuk keputusan ini. Graf yang terhasil adalah dalam bentuk hidrograf dan juga hitograf.

3.8 Menggunakan HEC-HMS 2.0

Program ini akan menghasilkan '*shortcut*' pada '*desktop*' apabila sudah siap diinstall. Untuk melancar akan program ini boleh dibuat dena dwiklik pada shortcut ini atau dalam program di start menu. Satu '*splashscreen*' akan muncul beberapa saat sebelum menu utamanya HEC-HMS muncul. Menu utama ini bertindak seolah-olah sebagai panel di mana semua operasi yang berjalan berpusat sepenuhnya di sini.

Rajah 3.4 : ' Splashscreen' Hec-Hms 2.1.3

Rajah 3.5 : Menu utama Hec-Hms 2.1.3

3.8.1 Cara mewujudkan (Create) Projek Baru.

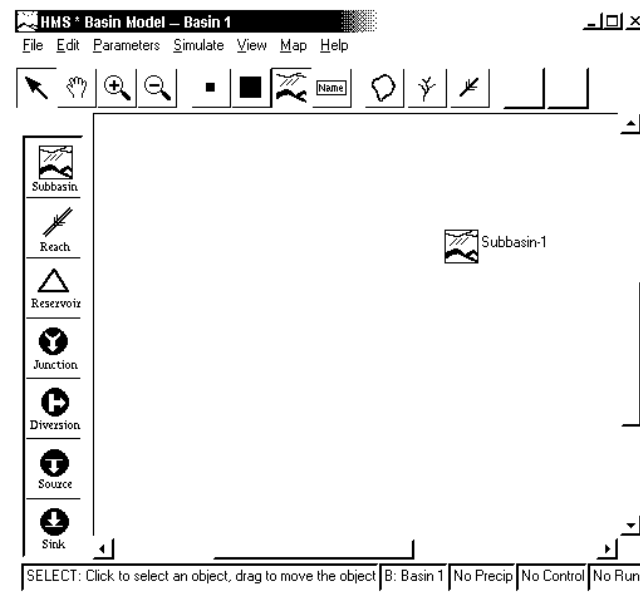
Dari menu utama perisian ini sesuatu projek baru dapat diwujudkan (create) dengan memilih *File>New Project* dan diikuti dengnya memasukkan name projek yang bersesuaian dan klikkan ok. Menu akan membolehkan komponen-komponen data berkenaan kawasan kajian dimasukkan.

3.8.2 Memasukkan Komponen-komponen

Komponen-komponen projek yang perlu dimasukkan ialah ‘basin model, ‘meteorologi model’ dan diikuti ‘control specification’. Untuk melakukannya ialah dengan klik pada menu utama > component > control specification> new dan diikuti memasukkan nama bagi komponen ini jika perlu. Langkah di atas diulangi untuk memasukkan basin model dan juga meteorologi model.

3.8.2.1 Model Basin

Basin model yang dimasukkan seolah-olah sebuah kawasan tadahan yang mengandungi pelbagai komponen seperti kawasan tadahan, sungai dan lain-lain bergantung pada kehendak pengguna. Sub basin pula diwujudkan dalam model ini dengan menarik ikon sub-basin di sebelah kira menu ke dalam kawasan model.



Rajah 3.6: Model Basin

3.8.2.2 Spesifikasi Kawalan (*Contoh Specification*)

'*Control specifications*' di sini bermaksud tempoh waktu sesuatu yang digunakan untuk kerja-kerja yang berkaitan. Pengguna perlu mengetahui tempoh waktu dan tarikh untuk di input ke dalam menu ini misalnya untuk sebuah hidrograf, pengguna perlu tahu tempoh data yang diperolehi dan juga sela masa (*time interval*) yang digunakan.

Rajah 3.7 : Menu ‘Control Specification’

3.8.2.3 Model meteorologi (*Model meteorology*)

Model meteorologi mengandungi jenis curahan yang berlaku (*precipitation method*) dan evapotranspirasi (*evatranspiration*) sebagai pilihan. Pada menu ini pengguna perlu memilih sub-basin yang telah dimasukkan dengan mengklik pada butang ‘*subbasin list*’ dan memilih jenis curahan iaitu sama ada hytograph, gage weighting, frequency storm dan lain-lain. Kemudian dalam senarai gage ID, pilihan perlu dibuat terhadap jadual curahan yang telah diinput.

3.8.3 Memasukkan Data

Di sini data yang dimaksudkan adalah curahan dan kadar alir sungai. Pengguna perlu menentukan terlebih dahulu sela masa data yang hendak digunakan. Terdapat dua menu yang berbeza bagi tujuan memasukkan data curahan dan kadar alir.

3.8.4 Data Curahan

Klik pada menu data pada menu utama Hec-Hms dan pilih *precipitation gages*. Menu *precipitation gage manager* akan muncul dan klik pada menu *edit>add gage*. Pilih jenis data curahan yang diguna, *cumulative* atau *incremental*, masukkan longitud dan latitud, unit yang diguna adalah darjah. Masukkan ID jika perlu dan klik ok. Selepas itu menu *time parameters* yang muncul perlu diinputkan tempoh masa data yang diguna atau pengguna boleh klik 'set' untuk memasukkan nilai yang diinput pada komponen *control specifications*. Satu jadual akan muncul (*data editor*) di mana data dapat diinput.

3.8.5 Data Kadar alir

Klik pada menu *data* pada menu utama Hec-Hms dan pilih *Discharge gages*. Menu *new discharge record* akan muncul, pilih unit yang diguna dan klik ok. Selepas itu menu *time parameters* yang muncul perlu diinputkan tempoh masa data yang diguna

atau pengguna boleh klik *set* untuk memasukkan nilai yang diinput pada komponen *control specification*. Satu jadual (data editor) akan muncul dan data boleh diinput ke dalam jadual ini.

Rajah 3.8 : Jadual/ data editor untuk curahan

3.8.6 Memasukkan Parameter

Nilai parameter yang digunakan adalah bergantung kepada keadaan semula jadi kawasan dan juga kaedah simulasi yang hendak digunakan. Jadi kajian yang mendalam terhadap kawasan dan pemerhatian yang teliti mungkin diperlukan.

Terdapat 3 parameter utama yang diperlukan iaitu loss rate, transform dan baseflow. Bagi setiap parameter ini pula terdapat pelbagai jenis kaedah dapat diguna bagi loss rate. Parameter dapat dimasukkan ke *sub-basin* editor dengan dwi-klik pada sub-basin dalam *model basin*. Pilihan kaedah dapat dibuat pada menu ini. (rajah 3.6, 3.9 dan 3.10)

Help

Subbasin Name : Subbasin-1 Area (sq. mi.)

Description :

Loss Rate | Transform | **Baseloff Method**

Method: Initial/Constant

- Green & Ampt
- Initial/Constant
- SCS Curve No.
- Gridded SCS Curve No.
- Deficit/Constant
- SMA
- Gridded SMA
- No Loss Rate

Initial Loss (in):

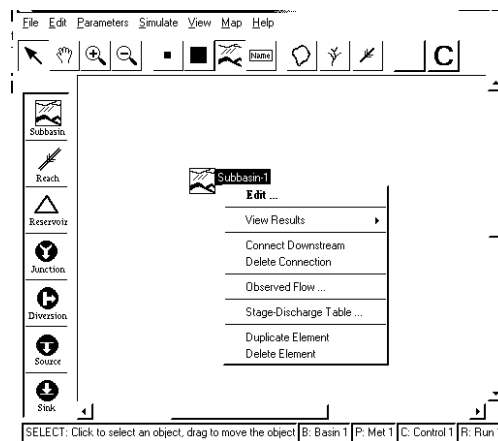
Constant Rate (in/hr):

Slopes (%): 0.0

OK Apply Cancel

Subbasin name

Rajah 3.9 : Editor sub-basin (subbasin editor)



Rajah 3.10 : Dwi klik atau klik kanan

3.8.7 Data Yang Dicerap (Observed Flow)

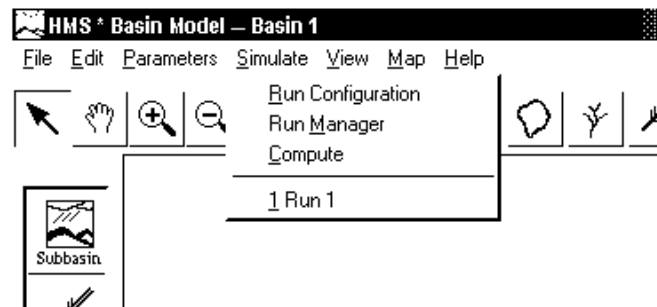
Apabila semua langkah di atas telah siap dilakukan maka dengan ini model ini sudah sedia untuk melakukan simulasi. Bagaimanapun disebabkan perbandingan data sebenar dan simulasi hendak dijalankan maka data sebenar perlu diset dahulu. Klik

kanan pada sub-basin dan klikan *observed flow* di mana satu menu akan keluar. Pada menu ini lihat item *gage* dan pilih aliran yang telah disetkan sebelum ini. Sekarang model projek yang telah disetkan ini sedia untuk proses analisa dan simulasi.

3.8.8 Analisa Dan Simulasi

Proses ini akan dijalankan berdasarkan data-data dan parameter yang telah dimasukkan sebelum ini. Apabila analisa dan simulasi telah siap dijalankan barulah keputusan dalam bentuk grafik dan ringkasan dapat diperoleh dan kemudiannya proses kalibrasi dan validasi dapat dijalankan.

Pada menu model sub-basin, klik pada menu *simulate* dan pilih Run 1, butang 'C' pada menu akan menjadi gelab dan klik pada butang itu dimana analisa akan dijalankan diikuti satu menu kecil akan muncul apabila selesai dan klik close.



Rajah 3.11 : Melakukan analisa atau simulasi

3.8.9 Keputusan Analisa Dan Simulasi

Apabila proses analisa dan simulasi selesai, keputusan dapat diperoleh dalam dua bentuk iaitu graf kadar alir sebenar dan simulasi serta ringkasan keputusan. Selain itu titik-titik graf simulasi juga dapat diperoleh.

Untuk melihat keputusan yang telah diproses klik kanan pada sub-basin dan pilih view result diikuti sama ada graf, summary table, atau time series table (Rajah 3.11 dan 3.15). Graf yang dipaparkan terdiri daripada dua graf iaitu dari data yang dicerap dan satu lagi yang diramal. Sepatutnya kedua-dua graf ini haruslah tidak terlalu jauh berbeza.

3.9 Peringkat kalibrasi

Apabila keputusan diperolehi, proses seterusnya iaitu proses kalibrasi pula dilakukan. Perlu difahamkan di sini bahawa pada peringkat ini tujuan kalibrasi dilakukan adalah untuk mengurangkan bentuk atau jarak di antara graf yang di simulasi dengan graf yang sebenar. Ini dilakukan dengan melakukan *try and error* terhadap parameter-parameter dalam *loss rate* dan *transform*. Pengguna perlu mahir menganggar perubahan yang akan berlaku apabila nilai-nilai parameter hendak diubah sehinggalah kedua-dua graf hampir bertindih antara satu sama lain.

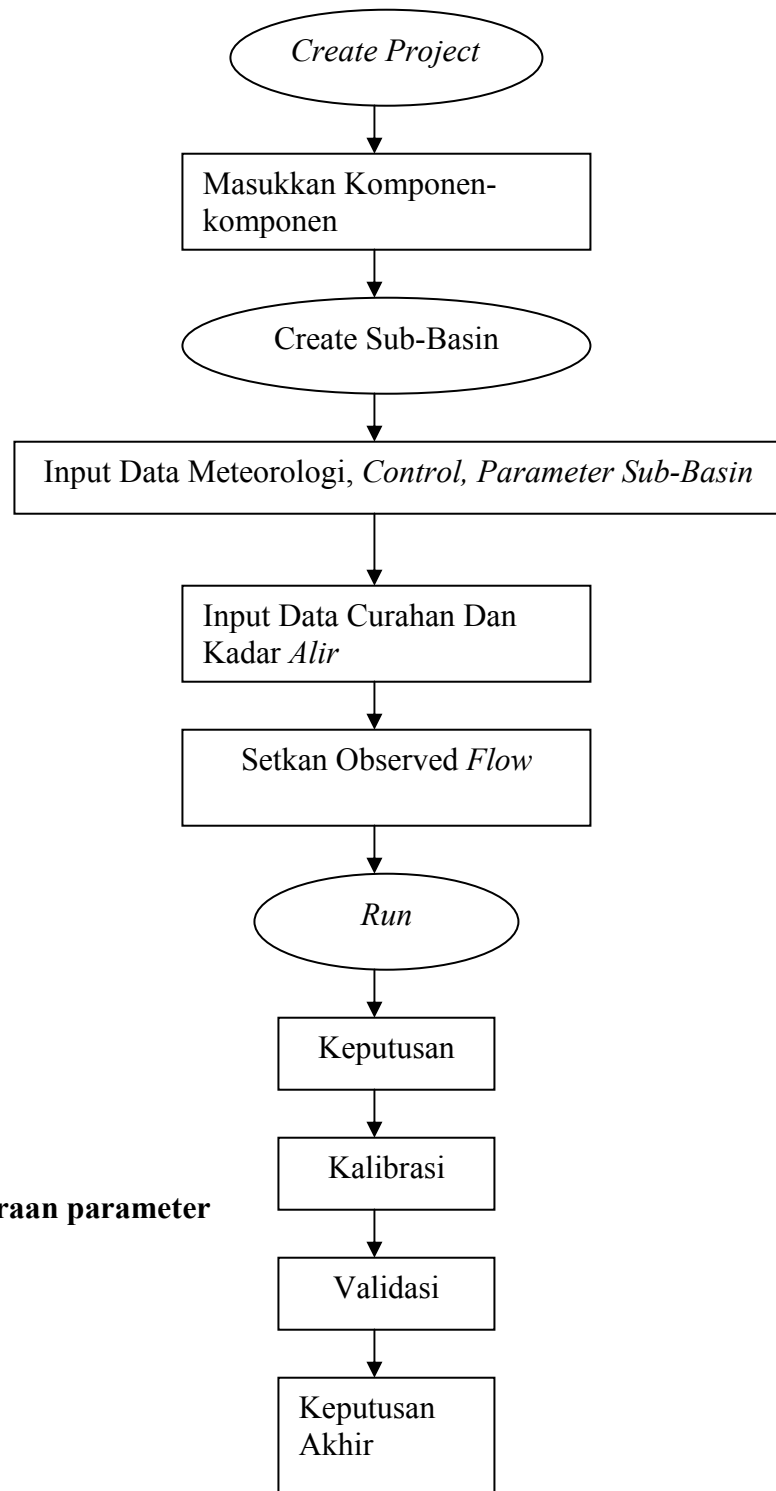
3.10 Peringkat Vadilasi

Sesudah siap peringkat kalibrasi, data-data parameter yang digunakan ini akan diguna untuk data curahan dan kadar alir bagi suatu tempoh yang lain pula. Sepatutnya apabila di “ *run* ” keputusan yang ditunjukkan adalah graf kadar alir sebenar dan simulasi tidak banyak berbeza. Lihatlah contoh pada *Rajah 3.9* graf sebelum dan selepas validasi.

Data keputusan yang diperolehi pula diringkaskan dan ditunjukkan seperti di rajah 3.13. Selain itu ia turut memuatkan ringkasan kedua-dua keputusan dari dat yang dicerap dan yang simulasi. Bagaimanapun keputusan yang disimulasi amat bergantung kepada nilai-nilai parameter.

Rajah 3.13 : Jadual ringkasan keputusan (*summary table*)

Rajah 3.14 : Time Series Table



3.11 Pengiraan parameter

Terdapat 3 parameter utama yang diperlukan iaitu *loss rate*, *transform* dan *baseflow*. Bagi setiap parameter ini pula terdapat pelbagai jenis kaedah dapat diguna.

3.11.1 Pengiraan t_c

T_c ialah tempoh masa yang diambil untuk sebuah gelombang air bergerak dari titik yang terjauh dalam kawasan tadahan ke titik tumpuan. Mengikut formula empirikal Kripich :

$$T_c = 0.0195 L^{0.77} S^{-0.385} \text{ minit} \dots \dots \dots (3.1)$$

$$= 40 \text{ minit}$$

$$= 0.678 \text{ jam}$$

Di mana, L= Jarak paling jauh dari titik tumpuan

S= Kecerunan tadahan ke arah titik tumpuan

3.11.2 Pengiraan Nombor SCS

Jadual 3.1 : Peratus keluasan kawasan kajian mengikut Nilai nonbor SCS Dan Guna Tanah

Guna Tanah	CN	Pecahan luas(<i>luas</i>)	CN X luas
Pertanian	62	0.54	33.48
Hutan sekunder	32	0.21	6.72
Rumput	39	0.05	1.95
Jalan Raya	98	0.03	2.94
Jalan Raya berturap	83	0.06	4.98
Jalan Raya berkelikir	76	0.01	0.76
Perumahan	46	0.10	4.6
		CNw	55.43

$$CN_w = 55.43$$

Daripada persamaan $S = \frac{1000}{CN} - 10$

$$S = \frac{1000}{55.43} - 10$$

$$\text{Nombor SCS} = 8.0408$$

3.11.3 Pengiraan SCS lag

Rumus untuk mengira SCS lag:

$$SCS_{lag} = t_l = \frac{L^{0.8}(s+1)^{0.9}}{1900Y^{0.5}}$$

$$= 160 \text{ jam}$$

$$= 9600 \text{ minit}$$

L = saiz / panjang legeh (kaki)

Y = purata keceruanan legeh

CN = Curve Number (dari SCS TR-55)

3.11.3 Mengira ketepatan model

Penilaian ketepatan model dilakukan menggunakan kaedah corelation of coefficient (R^2).

Berikut adalah rumus untuk mengira nilai R^2

$$R^2 = \frac{\sum_{t=1}^n [(Q_{o(t)} - \bar{Q}_{o(t)})(Q_{s(t)} - \bar{Q}_{s(t)})]}{\left[\sum_{t=1}^n (Q_{o(t)} - \bar{Q}_{o(t)})^2 \sum_{t=1}^n (Q_{s(t)} - \bar{Q}_{s(t)})^2 \right]^{\frac{1}{2}}}$$

$Q_{s(t)}$ = simulated output

$Q_{o(t)}$ = observed output

$\bar{Q}_{s(t)}$ = average simulated output

$\bar{Q}_{o(t)}$ = average observed output

3.12 Senarai Parameter-Parameter Dan Kaedah Yang Boleh Diguna

Di bawah adalah kaedah lain yang boleh diguna untuk mendapatkan simulasi kadar alir. Contoh di atas tidak meliputi kesemua kaedah di bawah. Ini adalah kerana hanya sebilangan kecil sahaja parameter ini di peroleh.

i) *Loss Rate*

a) *Initial/ Constant*

- b) *Green & Ampt*
 - c) *SCS Curve Number*
 - d) *Gridded SCS Curve Number*
 - e) *Deficit/ Constant*
 - f) *Soil Moisture Accounting*
 - g) *Gridded SMA*
 - h) *No loss rate*
-
- ii) *Transform*
 - a) *Clark*
 - b) *Snyder*
 - c) *SCS*
 - d) *Input Ordinates*
 - e) *Mod Clark*
 - f) *Kinematic Wave*
-
- iii) *Base Flow*
 - a) *Recession*
 - b) *Constant Monthly*
 - c) *Linear Reservoir*
 - d) *No base*

3.13 Penilaian

Ujian ini adalah untuk melihat sejauh mana Hec-Hms dapat memberikan ketepatan pengiraan hidrograf kadar alir dengan menggunakan beberapa kaedah serta nilai kadar air sebenar yang diperolehi. Antara kaedah yang diguna untuk mengira kadar alir ialah :

- a. Kaedah masa keluasan
- b. Kaedah unit hidrograf
- c. Kaedah RORB

Kaedah masa-keluasan merupakan kaedah yang paling tepat untuk digunakan berbanding dua kaedah di atas. Kaedah ini mengambil kira indeks keberkesanan yang tidak akan diterangkan di sini. Secara keseluruhan analisis ini memerlukan kerja-kerja dilakukan secara manual atau bebantuan komputer. Dalam kajian ini ujian ketepatan dibuat dengan bantuan komputer.

BAB IV

ANALISA DAN KEPUTUSAN

4.1 Parameter penting semasa pengendalian

Dalam proses pengendalian model ini, terdapat beberapa parameter penting yang perlu diketahui fungsinya. Nilai parameter yang digunakan adalah bergantung kepada keadaan semulajadi kawasan dan juga kaedah simulasi yang hendak digunakan. Jadi kajian yang mendalam terhadap kawasan dan pemerhatian yang teliti dilakukan. Terdapat 3 parameter utama yang diperlukan iaitu model isipadu air larian (*Runoff Volume method*), Model air larian terus (*Direct runoff model*) dan model *Baseflow*

4.1.2 Model isipadu airlarian

Kaedah yang digunakan dalam analisa ini ialah model *Initial constant rate*. Model ini melibatkan parameter *constant rate* dan *initial loss*. Parameter-parameter tersebut mewakili ciri-ciri fizikal tanah dan kegunaan tanah di kawasan tadahan. Kebaikan menggunakan model ini adalah ia adalah model yang “*Mature*” yang mudah digunakan yang digunakan dengan meluas. Model ini hanya mempunyai beberapa parameter yang diperlukan untuk menerangkan variasi airlarian.

Manakala keburukan model ini pula adalah model ini susah digunakan untuk kawasan yang tidak mempunyai tolok. Di mana model mempunyai hubungan fizikal di antara parameter dan ciri-ciri legeh yang kurang. Memilih model kehilangan (*loss model*) dan anggaran parameter bagi model adalah langkah yang kritikal dalam memberikan input HEC-HMS. Ini kerana bukan semua model kehilangan boleh digunakkan bersama semua transform.

4.1.2 Model airlarian terus

Dua kaedah yang didapati sesuai untuk kawasan tadahan ini dipilih untuk membuat percubaan. Kedua-dua kaedah tersebut adalah kaedah *SCS UH model* dan *Clark UH model*. Daripada kiraan dan kalibrasi yang dilakukan didapati bahawa model SCS UH adalah lebih sesuai berbanding dengan model Clark UH. Ini kerana hidrograf hasil daripada kalibrasi menggunakan model SCS mempunyai nilai pemerhatian lebih menghampiri nilai yang diberikan oleh hidrograf simulasi.

Pilihan untuk model air larian yang sesuai bergantung pada:

- i) Kebolehan untuk mendapatkan maklumat untuk kalibrasi atau anggaran parameter.
Jika digunakan model parametric UH maka parameter yang terlibat perlu ditentukan terlebih dahulu.
- ii) Ketepatan membuat anggapan dalam model.
Setiap model bergantung pada satu atau lebih anggapan asas. Namun, jika salah satu daripadanya tidak dapat diperolehi maka perlu dielakkan penggunaan model tersebut. Model SCS UH mengangap bahawa legeh UH adalah hidrograf satu puncak. Jika satu semua maklumat menunjukkan legeh menyebabkan banyak puncak walaupun untuk hujan biasa, maka tidak dapat digunakan.

- iii) Pilihan dibuat mengikut pengalaman.
pengalaman merupakan faktor kritikal yang dapat memberikan panduan dalam memilih modal yang sesuai. Walaubagaimanapun perlu berhati-hati apabila menggunakan sesuatu parameter hanya disebabkan ia merupakan satu parameter yang *standard* dalam praktik. Bagi model SCS UH tidak boleh membuat anggapan bahawa $t_{lag} = 0.6 t_c$. Sebaliknya perlu diguna semua data yang diperolehi pada takat yang maksimum untuk mendapatkan anggapan yang paling tepat.

4.1.3 Baseflow

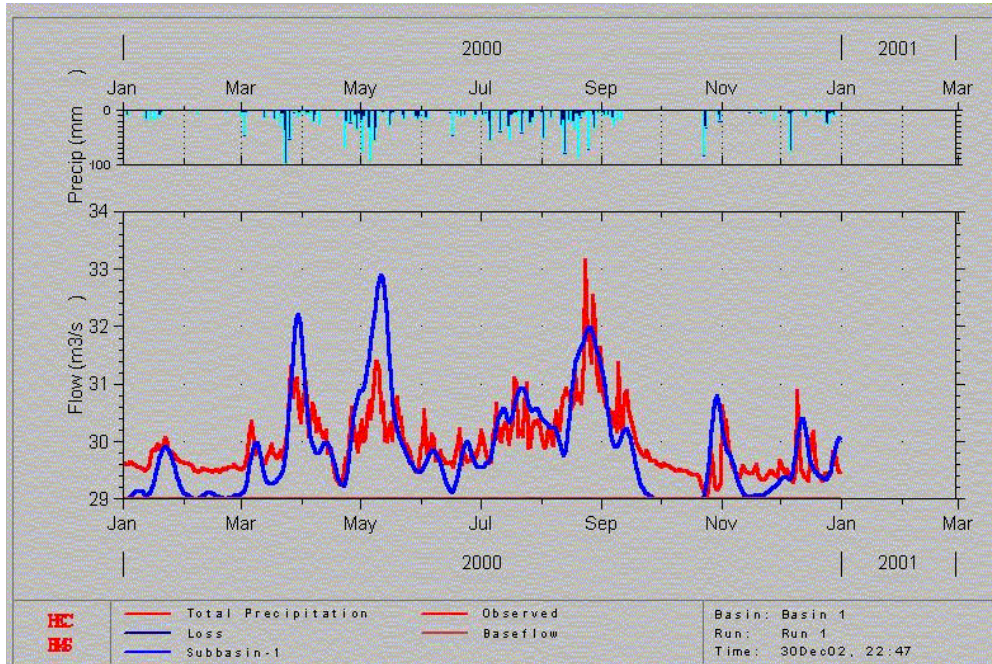
Kaedah yang digunakan adalah model baseflow yang paling mudah. Ia mewakili baseflow sebagai aliran tetap ; tetapi boleh berbeza-beza bagi setiap bulan.

4.2 Keputusan

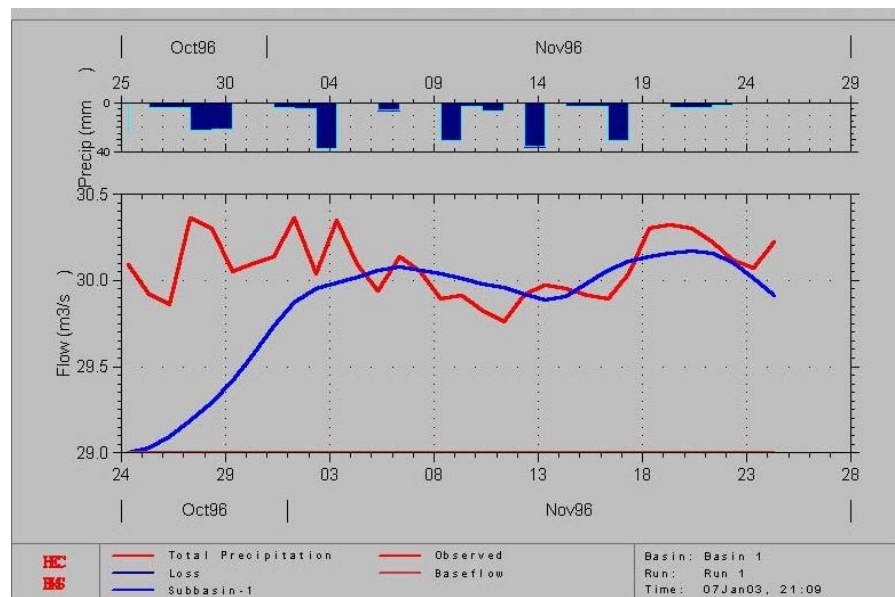
Didapati kajian penyelidikan ini telah mencapai objektifnya yang sebenar iaitu mempelajari dan memahirkan diri tentang cara menggunakan model simulasi ini. Model ini digunakan bagi menghasilkan satu keputusan yang boleh digunakan untuk menyelesaikan banyak permasalahan yang timbul berkaitan dengan kejadian-kejadian hidrologi bagi sebuah kawasan tadahan. Input utama yang diperlukan airlarian, hujan dan ciri-ciri kawasan tadahan. Namun model ini mempunyai banyak kelebihan dan kelemahan.

4.2.1 Graf

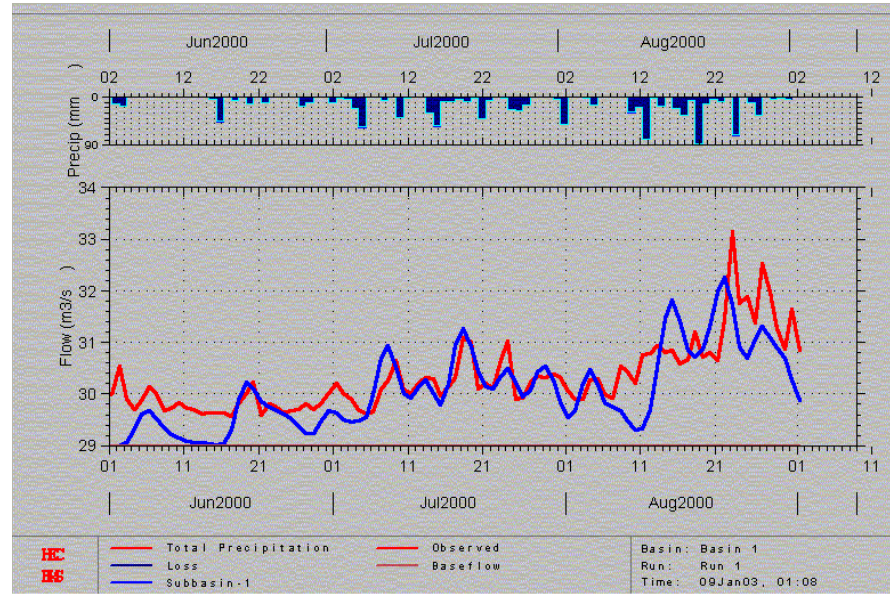
Selepas tiga peringkat kalibrasi, validasi dan simulasi bagi kawasan Sungai Ketil diplot graf aliran sungai janaan bersama dengan graf aliran yang sebenar seperti yang ditunjukkan pada Rajah 4.1, 4.2, 4.3 dan 4.4. Pada graf tersebut titik merah mewakili keadaan sebenar manakala titik hitam mewakili aliran sungai yang janaan. Proses kalibrasi dibuat menggunakan data untuk dua tempoh yang berlainan iaitu bagi tempoh 1 tahun dan 3 bulan. Kemudian ketepatan graf dinilai semasa peringkat validasi iaitu keserupaan nilai janaan dan nilai sebenar apabila nilai parameter daripada hasil kalibrasi ditetapkan.



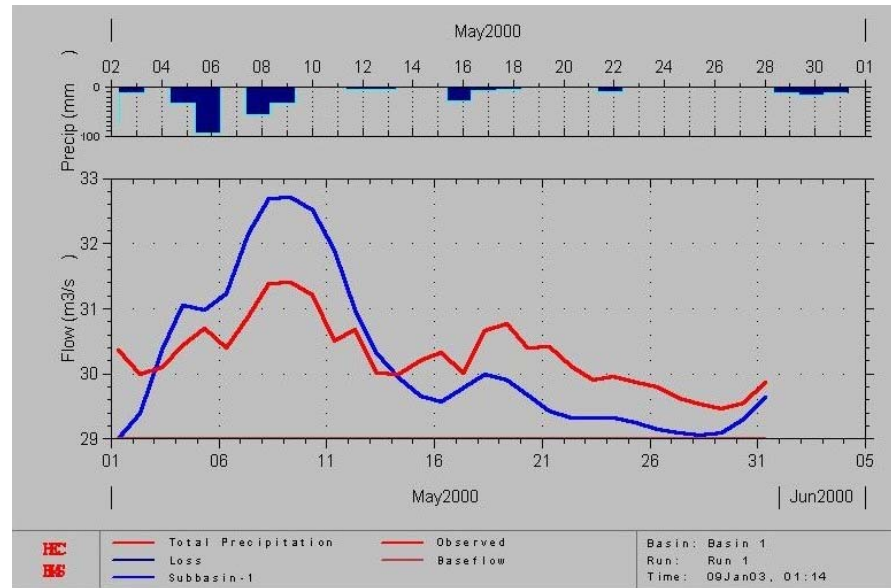
Rajah 4.1 : Graf tentukan model (Januari 2000 hingga Disember 2000)



Rajah 4.2 : Graf uji model (November 1996)



Rajah 4.3 : Graf tentukan model (Januari 2000 hingga August 2000)



Rajah 4.4: Graf uji model (Mei 2000)

4.2.2 Parameter

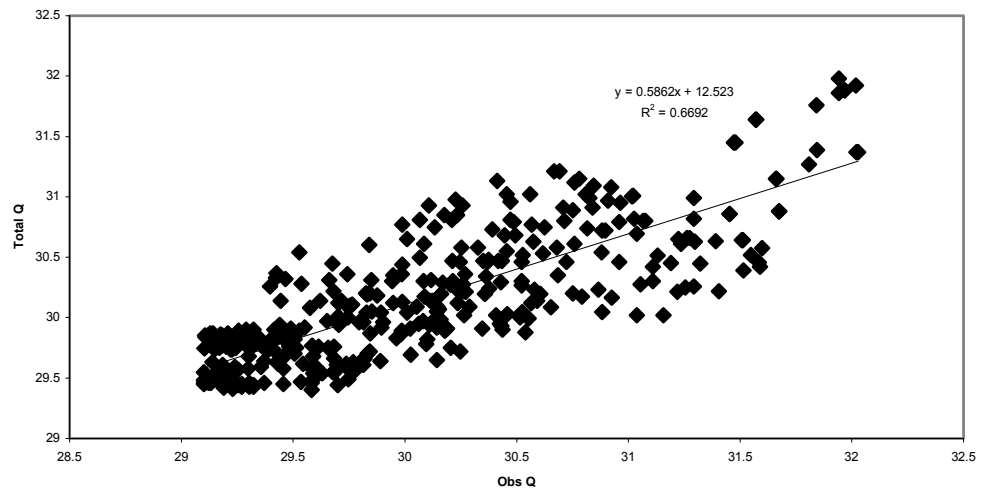
Daripada graf didapati kedua-dua plot menghampiri nilai sebenar walaupun terdapat sedikit perbezaan. Graf tersebut telah diperbaiki parameternya pada keadaan optimum. tetapi masih berlaku ketidakseragaman data aliran yang sungai yang sebenar. Graf pada peringkat vadilasi adalah lebih menghampiri nilai sebenar berbanding pada peringkat kalibrasi. Parameter dilaras supaya graf aliran sungai janaan adalah sebertuk dengan graf aliran sungai sebenar pada peringkat kalibrasi maka graf aliran sungai janaan pada peringkat vadilasi akan dipengaruhi dengan parameter-parameter yang digunakan. Pengetahuan yang lebih mendalam dan tepat mengenai kawasan kajian dan data input dapat membantu mendapatkan hidrograf janaan yang lebih menghampiri hidrograf pemerhatian.

4.2.3 Penilaian model

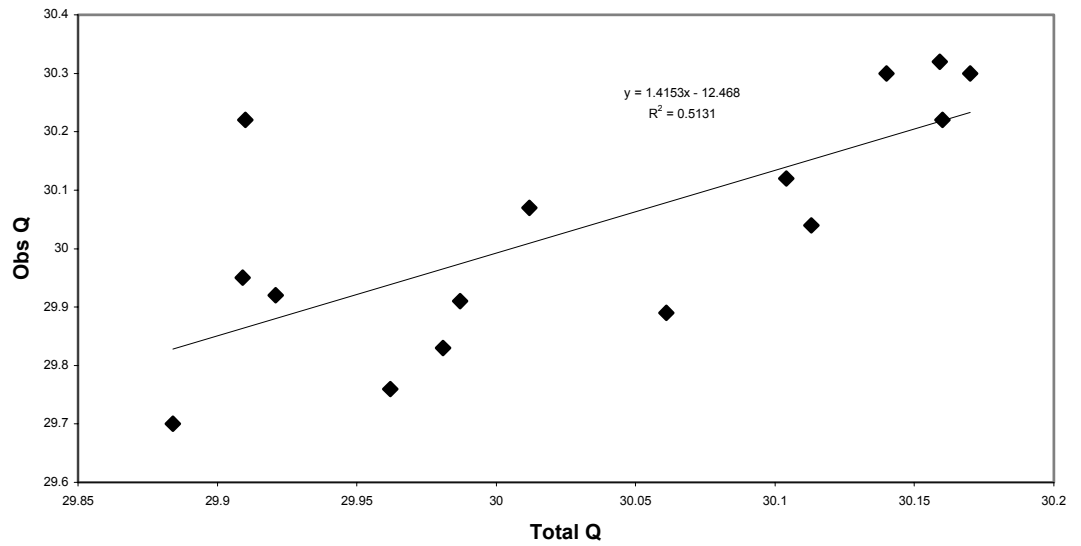
Keputusan yang diperolehi daripada output model ini bergantung kepada jenis data yang dimasukkan dan masalah yang perlu diselesaikan. Penilaian model ini dibuat menggunakan kaedah *root mean square error*.

Pengiraan *root mean square error* dibuat dengan bantuan komputer seperti dalam Rajah 4.3 dan Rajah 4.4. Daripada analisis didapati nilai *root mean square error* (R^2) bagi keputusan tentukan model yang diperolehi daripada input data 1 tahun (Januari 2000 hingga Disember 2000) adalah 0.6692 dan keputusan uji model bagi data 1 bulan adalah 0.5131. Manakala keputusan tentukan model seperti rajah 4.5 diperolehi daripada input data 3 bulan (Jun 2000 hingga August 2000) adalah 0.6867 dan keputusan uji model bagi data 1 bulan adalah seperti rajah 4.6 dimana nilai yang diperolehi adalah 0.5732. Pada peringkat kalibrasi parameter dilaras supaya graf aliran sungai janaan adalah sebetul dengan graf aliran sungai yang sebenar maka graf aliran sungai janaan pada peringkat vadilasi dipengaruhi dengan parameter-parameter yang digunakan. Oleh itu nilai *root mean square error* bagi kalibrasi model lebih menghampiri nilai sebenar berbanding pada peringkat vadilasi model.

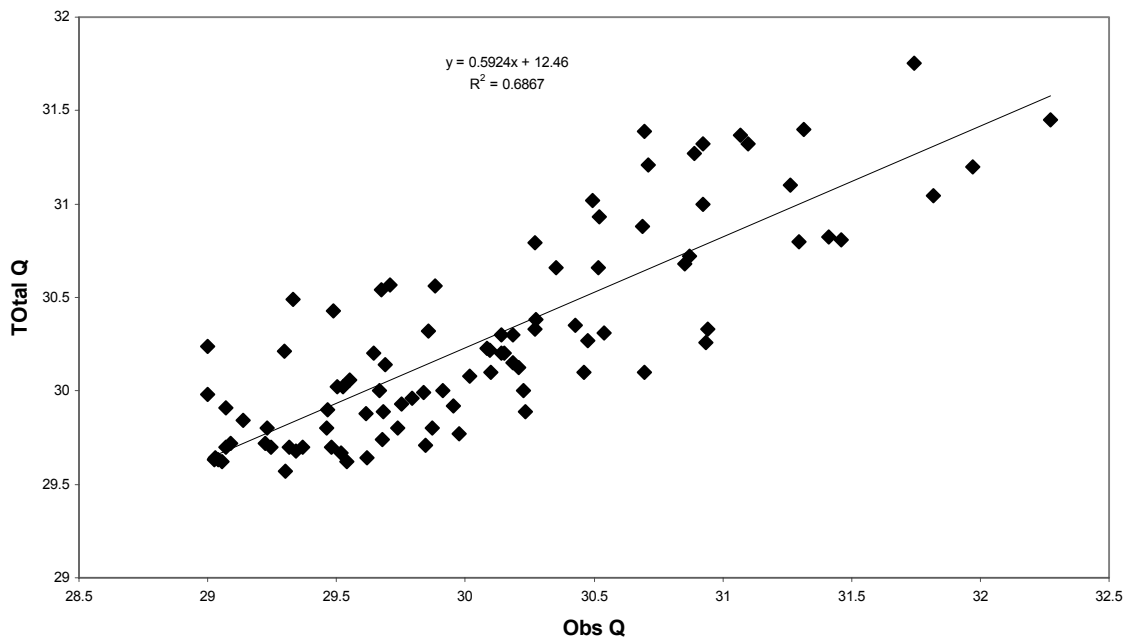
Daripada keputusan yang diperolehi dapat disimpulkan bahawa graf vadilasi menjadi semakin tepat jika tempoh kalibrasi menjadi kecil. Ini kerana data yang diinput mempunyai ralat yang lebih kecil dan dapat memperolehi parameter yang paling sesuai.

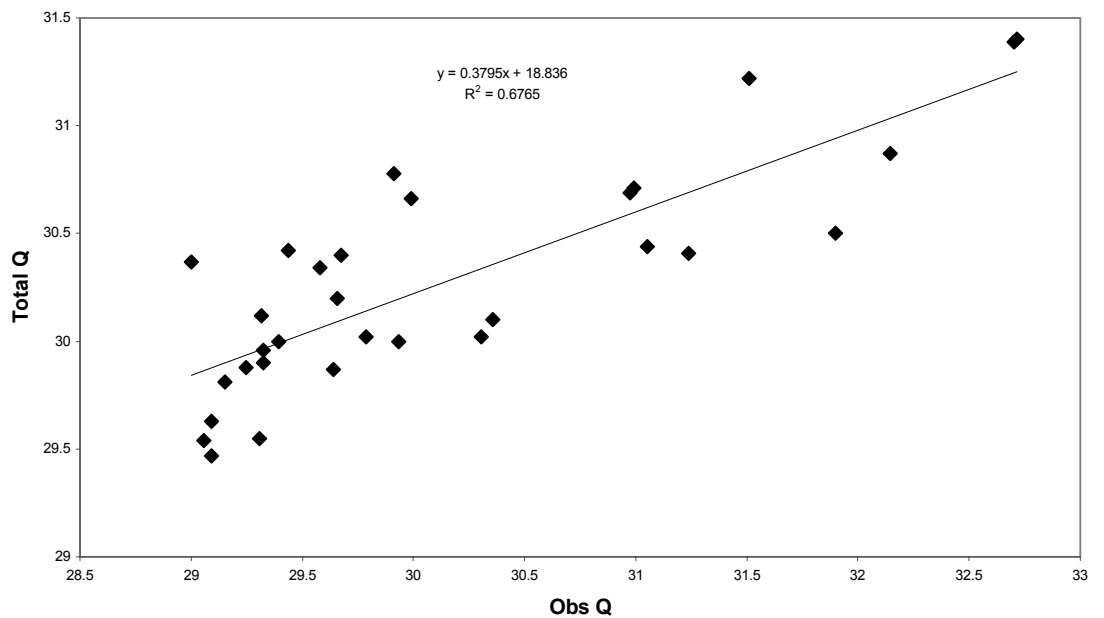


Rajah 4.5: Keputusan tentukan model (Januari 2000 hingga Desember 2000)



Rajah 4.6 : Keputusan uji model (November 1996)





Rajah 4.8 : Keputusan uji model (Mei 1996)

4.2.4 Perbincangan ciri-ciri model

Daripada proses penilaian model yang dilakukan didapati bahawa model HEC-HMS adalah lebih sesuai bagi tujuan simulasi data jangka pendek. Ini kerana model ini dapat memberikan nilai R^2 yang lebih memuaskan iaitu dalam lingkungan 06-0.7 bagi model yang dikalibrasi dan divalidasi menggunakan data jangka pendek. Penggunaan data yang berkualiti iaitu data yang tepat dan mempunyai ralat yang rendah berserta proses kalibrasi yang teliti dapat memberikan anggaran parameter yang tepat. Kebolehpercayaan model diuji dengan data yang berkualiti. Penggunaan data yang bekualiti dapat memudahkan proses kalibrasi dan mengurangkan ralat pada pada parameter.

Model yang disimulasi dari data jangka panjang adalah lebih sesuai bagi tujuan penggunaan. Ini kerana kalibrasi model ini mengambil kira segala aspek dan proses yang terlibat dalam jangka masa data tersebut diperolehi. Contohnya, ia mengambil kira proses penyejatan, penyusupan, perpeluhan dan sebagainya. Kalibrasi data jangka panjang memberikan parameter yang dapat menyesuaikan model pada semua keadaan. Model sebegini adalah lebih sesuai bagi tujuan rekabentuk.

Output (hidrograf dan parameter) daripada model dapat digunakan bagi tujuan mengisi data hujan yang hilang. Selain itu, output tersebut juga dapat digunakan bagi menambahkan jumlah data yang sedia ada terutamanya data airlarian yang agak terhad. Hidrograf bersama parameter daripada kalibrasi dapat digunakan untuk tujuan ramalan dan rekabentuk. Contohnya, untuk meramal kejadian banjir. Model ini juga dapat menjadikan proses input data menjadi lebih mudah dengan berintegrasi dengan perisian-perisian seperti *Arcview* dan GIS. Ini dapat memudahkan proses permodelan dan meningkatkan ketepatan model.

Model HEC-HMS mempunyai beberapa kelebihan dan juga kekurangan yang tersendiri. Antara kelebihan model ini ialah cara penggunaan model sendiri. Di mana model ini dapat digunakan dengan mudah dan cepat. Model ini adalah ramah pengguna disamping memberikan keputusan yang memuaskan. Antara keburukkan model ini adalah terdapat banyak parameter yang perlu ditakrif sebelum model ini dapat digunakan. Ini menyebabkan pengguna memerlukan maklumat yang terperinci mengenai kawasan kajian untuk simulasi sesuatu model. Selain itu model ini juga tidak dapat membaca corak curahan. Di mana ramalan parameter sesuatu model bergantung pada isipadu, tempoh dan frekuensi.

BAB V

KESIMPULAN DAN CADANGAN

5.1 Kesimpulan

Daripada analisa yang dilakukan di kawasan sungai ketil, didapati model HEC-HMS ini dapat menghasilkan penyelesaian bagi permasalahan yang timbul berkaitan dengan pengiraan sumber air, saluran bandar, hidrologi banjir dan pengiraan air larian yang dapat membantu dalam perancangan pembangunan kawasan tersebut. Hasil daripada analisis kajian model ini dapat dibahagikan kepada dua keadaan iaitu:

- a) Data 1 tahun dikalibrasi (Januari 2000 hingga Disember 2000) dan model diuji dengan data 2 bulan (October 1996 hingga November 1996)
- b) Data 3 bulan dikalibrasi (Jun 2000 hingga Ogos 2000) dan model diuji dengan data 1 bulan (mei 1996)

Hasil daripada analisis proses kalibrasi dan validasi didapati proses permodelan ini telah dilakukan dengan berjaya. Di mana nilai parameter dan hidrograf yang diperolehi memberikan keputusan yang memuaskan. Ketepatan model ini juga berada diantara had yang memuaskan. Tujuan projek ini untuk menilai kebolehan model HEC-HMS untuk melakukan analisis hidrologi juga telah mencapai matlamatnya. Di mana dapat

disimpulkan bahawa model HEC-HMS dapat digunakan untuk memodelkan hidrograf bersambung dan juga hidrograf satu keadaan (*single event*).

5.2 Cadangan Untuk Meningkatkan Ketepatan Model

Pengetahuan yang lebih mendalam dan tepat mengenai kawasan kajian data kajian yang bebas daripada ralat dapat membantu dalam mendapatkan hidrograf janaan yang lebih mengampiri hidrograf yang diperolehi daripada data pemerhatian. Ini kerana dengan adanya maklumat yang mencukupi dan tepat, pengiraan bagi parameter-parameter yang digunakan akan menjadi lebih tepat. Ini akan memudahkan proses penganggaran parameter yang tidak diketahui dengan mudah. Selain itu keputusan yang diperolehi dapat digunakan pada masa akan datang tanpa sebarang ragu.

Kemudahan dalam perisian HEC-HMS untuk menginput data curahan dari dua stesen hujan dapat memberikan hidrograf yang lebih baik berbanding kaedah purata yang mengambil kira purata hujan di sesuatu kawasan. Disebabkan luas kawasan tadahan Sg. Ketil yang agak besar, maka adalah lebih sesuai untuk menggunakan lebih daripada 1 sub-basin untuk memodelkan hujan dan air larian.

Data yang digunakan data analisis ini adalah data bersambungan (data jangka panjang). Maka adalah lebih sesuai untuk memilih model yang sesuai untuk kalibrasi model jangka panjang seperti model kaedah pengiraan kelembapan tanah. Ini dapat meningkatkan ketepatan model dan memberikan perbezaan antara hidrograf janaan dan hidrograf pemerhatian yang rendah.

Rujukan

Diskin, M.H. (1970). "Research approach to watershed modeling, definition of terms." ARS and SCS watershed modeling workshop, Tucson, AZ

USACE (1998). HEC-HMS user's manual. Hydrologic Engineering Center, Davis, CA.

Linsley, R.K., Kohler, M.A., and Paulhus, J.L.H. (1982). Hydrology for engineers. McGraw-Hill, New York, NY.

Brass.R.L (1990). "Hydrology". Addison Wesley

Vijay P. Singh (1988). "Hydrologic System- Rainfall Runoff Modeling". Department of Civil Engineering Louisiana State University.

Chow, Maidmet, Mays (1989) "Applied Hydrology"

Chunge, Holly, Varmey (1990) "Practical Aspects Of computational River Hydraulics"

Asaad Y. Shamseldin & Kieran M. O'Connor (December 1999), "Hydrological Sciences—Journal—des Sciences Hydrologiques 44(6)" Department of Engineering Hydrology, National University of Ireland, Galway, Ireland

DeVantier, B.A., and Feldman, A.D. (1993). "Hydrologic Modeling," Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE, 119(2), 246-261.

Ogden, F.L., Garbrecht, J., DeBarry, P.A., and Johnson, L.E. (2001). "GIS and distributed watershed models. II: Modules, interfaces, and models. Journal of Hydrologic Engineering, ASCE, 6(6), 515-523

Kara Corcoran (2001) "Storm-Water Management Plan Utilizing HEC-HMS" Journal of Hydrologic Engineering.

David R. Dawdy (1992) "Surface routing in Rainfall-Runoff Models" Newport Beach

Michael J. Boyd (1989) "Network Model for storm rainfall and Runoff" university of Wollongong, Australia.

