

APLIKASI TEKNIK REMOTE SENSING BAGI TERBITAN MAKLUMAT
HASILAN AIR DI SEMENANJUNG MALAYSIA

MOHAMAD IDRIS BIN ALI

Tesis ini dikemukakan sebagai memenuhi
syarat penganugerahan ijazah
Doktor Falsafah (Remote Sensing)

Fakulti Geoinformasi dan Harta Tanah
Universiti Teknologi Malaysia

MAC 2014

Untuk.....

DIA yang memberi ILHAM

Bapak (Allahyarham), Emak, dan adik-adik

Keluarga mertua.....

Rakan dan Isteri, Suziyana yang sentiasa sabar,

serta

anak-anak Faisal, Farhan , Faris dan Nur Farah Sofea.

PENGHARGAAN

Penulis ingin merakamkan penghargaan ikhlas kepada penyelia tesis, Profesor Dr. Haji Mazlan bin Hashim dan Dr. Haji Harun Shah bin Mat Zin (Penolong Penyelia), atas bimbingan, dorongan dan kepercayaan yang diberi sepanjang tempoh penyelidikan tesis ini.

Kerjasama daripada pihak Jabatan Meteorologi Malaysia, Jabatan Pengairan dan Saliran Malaysia, Jabatan Pertanian Malaysia dan Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia yang telah membekalkan maklumat sokongan amatlah dihargai. Penghargaan juga ditujukan kepada semua yang memberi dorongan sama ada secara langsung atau tidak langsung membantu menjayakan projek penyelidikan ini, antaranya Encik Noram Irwan bin Ramli, Encik Mohamad Syamsul Hairi bin Saad, Tuan Haji Munaim, Encik Najib bin Othman, Cik Hamida binti Jalal dan terutamanya Encik Mohd. Razif bin Sumairi.

ABSTRAK

Teknik satelit remote sensing telah digunakan secara meluas dalam bidang hidrologi termasuk penentuan hasil air. Bagaimanapun, keperluan tempatan di kawasan tumpuan adalah dipengaruhi oleh faktor iklim dan fizikal-bio. Tujuan kajian ini adalah untuk merangka kaedah bagi menentukan maklumat hasil air menggunakan sepenuhnya data imej satelit bersumberkan domain awam, untuk tempoh 10 tahun (Julai 2000–Jun 2010). Objektif khusus kajian ini adalah mengkaji ke atas: (i) penerbitan curahan hujan dari data *Tropical Rainfall Measuring Mission Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA)*; (ii) penerbitan Sejatpeluhan Benar (*AET*) lapangan dari data *Normalized Differential Vegetation Index (NDVI)* berdasarkan data *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS)*; (iii) menerbitkan maklumat hasil air daripada maklumat yang sepenuhnya berasaskan imej satelit dengan analisis imbalan air; dan (iv) perubahan hasil air, akibat dari perubahan litupan dan guna tanah. Hasil kajian telah membuktikan hubungan yang baik hujan bulanan *TMPA* dengan rekod tolok hujan yang sepadan ($r^2=0.71$; $p<0.001$; $n=1337$) dengan ketepatan (*RMSE*) ± 83 mm ($n=2308$). Curahan hujan tahunan purata *TMPA*-kalibrasi kawasan kajian adalah 2357mm, iaitu -5.3% berbanding laporan kajian bebas oleh sebuah syarikat perunding antarabangsa yang dilantik kerajaan. Parameter bio-fizikal *NDVI* berasaskan satelit *MODIS* digunakan sebagai petunjuk *AET* untuk litupan dan guna tanah sepadan ($r^2=0.55$; $p<0.001$; $n=1664$) dengan ketepatan (*RMSE*) ± 15 mm ($n=864$). *AET* tahunan purata *NDVI*-kalibrasi kawasan kajian adalah 1153mm, iaitu -9.9% berbanding dengan laporan kajian bebas yang sama. Hasil air tahunan purata satelit-kalibrasi untuk seluruh kawasan kajian adalah 1204mm, berbanding dua laporan kajian bebas oleh perunding antarabangsa yang dilantik kerajaan dan Jabatan Pengairan dan Saliran, masing-masing adalah 0.5% dan 1.6%. Diperingkat lembangan yang terpilih, adalah 1393mm, melebihi 9.5% berbanding laporan kajian bebas kadar larian air luahan, dengan sisihan piawai 22%. Namun di peringkat negeri pula, taburan hujan, *AET* dan hasil air imej satelit-kalibrasi mempunyai perbezaan yang pelbagai. Analisis regresi antara peratus perubahan hasil air dan peratus perubahan litupan dan guna tanah mendapati nilai pekali penentu (r^2) adalah 0.51 ($p<0.0001$; $n=151$) dan ketepatan (*RMSE*) adalah 8.3% ($n=154$). Penemuan utama teknik yang dicipta dalam kajian ini memberi sumbangan besar kepada kaedah alternatif bagi penentuan hasil air di Semenanjung Malaysia, dan ia boleh disesuaikan ke kawasan-kawasan lain melalui kalibrasi setempat. Teknik ini boleh dijadikan garis panduan pihak berkuasa yang berkaitan mendapat maklumat yang tepat dan komprehensif.

ABSTRACT

Satellite remote sensing techniques have found wide applications in hydrology including water-yield determination. This however requires the localization to area-of-interest that are influenced by the local climate and biophysical factors. This study focussed to develop a method for determining the water-yield information through full satellite-based data for Peninsular Malaysia from the public domain sources, for a period of 10 years (July 2000 - June 2010). The specific objectives were to investigate on: (i) derivation of information on monthly rainfall from Tropical Rainfall Measuring Mission Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA) satellite data; (ii) derivation of monthly Actual-Evapotranspiration (AET) from Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) satellite with Normalized Differential Vegetation Index (NDVI) data product; (iii) derivation of water yield from fully satellite-based information using water balance analysis; and (iv) water yield variation, with respect to changes of corresponding land cover and land use. Results, indicated good correlation between monthly rainfall TMPA with the corresponding rain gauge records ($r^2=0.71$; $p<0.001$, $n=1337$) with accuracy (RMSE) of ± 83 mm ($n=2308$). The TMPA-calibrated annual averaged rainfall for the entire study area is 2357mm, which is -5.3% compared with independent studies undertaken by an international consultant appointed by the government. The bio-physical parameters based on MODIS used NDVI as an indicator of AET to represent the land use, reported good match-up ($r^2=0.55$; $p<0.001$, $n=1664$) with accuracy (RMSE) of ± 15 mm ($n=864$). The NDVI-calibrated annual averaged AET throughout the study area was determined at 1153mm, which is -9.9% compared with the same independent research report. Annual averaged water-yield for the entire study area is 1204mm, with -0.5% and 1.6% variations when compared to the two independent studies, the same independent research report and, Drainage and Irrigation Department respectively. But at state level, the estimated rainfall, AET and water-yield varies with larger magnitudes. Analysis at selected basin level, the annual water-yield is determined at 1393mm, in excess of 9.5% compared to the independent studies water flowrate, with a standard deviation of 22%. The regression analysis between water-yield and land use cover changes, clearly indicated strong relationship ($r^2=0.51$, $p<0.0001$; $n=151$), and independent accuracy (RMSE) of 8.3% ($n=154$). The main findings in this study, especially the devised techniques indeed have contributed significantly as an alternative method for the determination of water-yield in Peninsular Malaysia based on fully satellite-driven data. The devised method could be accustomed to other areas through localised calibration approach thus, could serve as a guideline for the relevant authorities to have accurate and comprehensive water-yield information.

ISI KANDUNGAN

BAB	TAJUK	MUKA SURAT
	PENGAKUAN	ii
	DEDIKASI	iii
	PENGHARGAAN	iv
	ABSTRAK	v
	ABSTRACT	vi
	KANDUNGAN	vii
	SENARAI JADUAL	xi
	SENARAI RAJAH	xiv
	SENARAI SINGKATAN	xxi
	SENARAI LAMPIRAN	xxiii
1	Pengenalan	1
	1.1 Latarbelakang Kajian	1
	1.2 Objektif Kajian	4
	1.3 Skop Kajian	5
	1.4 Struktur Tesis	6
2	KAJIAN LITERATUR	7
	2.1 Pendahuluan	7
	2.2 Penentuan Hasil Air dengan Analisis Imbangan Air serta Kesannya dari Perubahan Litupan dan Guna Tanah	9
	2.2.1 Kitaran Hidrologi dan Analisis Imbangan Air	9

2.2.2 Model Hidrologi	12
2.2.2.1 Kalibrasi Model	17
2.2.2.2 Validasi Model	20
2.2.2.3 Ramalan Di Lembangan Tanpa Maklumat Air Larian Luahan	20
2.2.3 Penentuan Hasil Air Kawasan Kajian	22
2.2.4 Penentuan Hasil Air Menggunakan Teknik Remote Sensing	24
2.2.5 Kesannya Perubahan Litupan dan Guna Tanah Terhadap Hasil Air	24
2.3 Penentuan Taburan Curahan Hujan Menggunakan Data Imej Satelit	25
2.3.1 Kajian Terdahulu	26
2.3.2 Sumber Data Imej Satelit Untuk Kajian	28
2.4 Penentuan Taburan Sejatpeluhan Benar (<i>AET</i>) Menggunakan Data Imej Satelit	32
2.4.1 Penganggaran Sejatpeluhan Benar (<i>AET</i>) Kawasan Lembangan	33
2.4.2 Penganggaran Sejatpeluhan Benar (<i>AET</i>) Menggunakan Teknik Remote Sensing	35
2.4.3 Sumber Data Imej Satelit untuk Kegunaan Kajian	38
2.5 Kajian Hubungan Data Lapangan dan Data Imej Satelit dan Analisis Statistik Deskriptif	41
2.5.1 Model Matematik Empirikal	41
2.5.2 Statistik Deskriptif	44
2.6 Dapatan dari Kajian Literatur	45

3	KAJIAN HASILAN AIR	48
	3.1 Pendahuluan	48
	3.2 Ciri Utama Fizikal dan Iklim Kawasan Kajian	49
	3.2.1 Isu Hasil Air Kawasan Kajian	53
	3.3 Pengumpulan Data	57
	3.3.1 Imej Satelit <i>TMPA</i>	59
	3.3.2 Imej Satelit <i>NDVI</i>	60
	3.3.3 Data Sokongan	61
	3.3.3.1 Peta Kawasan Kajian Dan Peta Litupan Dan Guna Tanah	61
	3.3.3.2 Data Curahan Hujan	61
	3.3.3.3 Data Sejatan Harian Stesen Pan-Sejatan	64
	3.3.3.4 Data Larian Air Luahan Lembangan Sungai	65
	3.4 Pra-pemprosesan	66
	3.4.1 Penyediaan Pangkalan Data Curahan Maklumat Imej Satelit <i>TMPA</i> Serta Maklumat Berkaitan	66
	3.4.2 Penyediaan Pangkalan Data Imej Satelit <i>NDVI</i> Serta Maklumat Yang Berkaitan	70
	3.5 Pemprosesan	76
	3.5.1 Penentuan Curahan Hujan Dari Data Imej Satelit <i>TMPA</i>	76
	3.5.2 Penentuan Sejatpeluhan Benar (<i>AET</i>) Dari Data Imej Satelit	81
	3.5.3 Penentuan Hasil Air dengan Analisis Imbangan Air	83
	3.6 Ringkasan	90

4	HASIL KAJIAN DAN ANALISIS	92
	4.1 Pendahuluan	92
	4.2 Taburan Curahan Hujan	92
	4.3 Taburan Sejatpeluhan Benar (<i>AET</i>)	105
	4.4 Taburan Hasil Air	117
	4.5 Aplikasi Hasil Air Kawasan Kajian	131
	4.5.1 Hasil Air Lembangan Sungai Terpilih Kawasan Kajian	139
	4.5.2 Kesan Perubahan Litupan dan Gunatanah kepada Hasil Air	142
	4.6 Ringkasan	146
5	KESIMPULAN DAN CADANGAN	147
	5.1 Kesimpulan	147
	5.2 Cadangan	151
	RUJUKAN	153
	Lampiran A1-E2	173-350

SENARAI JADUAL

NO. JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Data satelit	40
3.1	Hujan, sejatpeluhan benar, dan air larian tahunan purata setiap negeri dari laporan penyelidik terdahulu	54
3.2	<i>AET</i> ke atas pelbagai litupan dan guna tanah utama	57
3.3	Stesen Tolok Hujan Jabatan Meteorologi Malaysia (JMM) dan Jabatan Pengairan dan Saliran Malaysia (JPS)	63
3.4	Senarai Stesen Pan-sejatan JPS	65
3.5	Data curahan hujan bulanan Stesen Hujan JMM dan dari imej satelit <i>TMPA</i> yang sepadan (Julai dan Ogos)	69
3.6	Senarai litupan dan guna tanah yang dipilih	74
3.7	<i>Analisis of variance (ANOVA)</i> hubungan curahan hujan - <i>TMPA</i>	78
3.8	<i>Analisis of variance (ANOVA)</i> hubungan <i>AET-NDVI</i>	82
3.9(a)	<i>Analisis of variance (ANOVA)</i> : Daerah Cameron Highland (Bahagian Timur Semenanjung Malaysia - Zon Tengah)	88
3.9(b)	<i>Analisis of variance (ANOVA)</i> : Mukim Hulu Kuantan (Bahagian Timur Semenanjung Malaysia)	89

3.9(c)	<i>Analisis of variance (ANOVA):</i> Daerah Gua Musang (Bahagian Timur Semenanjung Malaysia)	89
3.9(d)	<i>Analisis of variance (ANOVA):</i> Gombak (Bahagian Barat Semenanjung Malaysia)	90
4.1	Peratusan perbezaan hujan tahunan purata <i>TMPA</i> -kalibrasi dan <i>NWRS</i> (2011) setiap negeri	104
4.2	Peratusan perbezaan nilai <i>AET</i> tahunan purata <i>NDVI</i> -kalibrasi dan dari <i>NWRS</i> (2011) setiap negeri kawasan kajian	116
4.3(a)	Peratusan perbezaan maklumat hasilan air tahunan Satelit-kalibrasi dan dari <i>NWRS</i> (2011) setiap negeri kawasan kajian	129
4.3(b)	Peratus perbezaan maklumat hasilan air tahunan Satelit-kalibrasi dan dari Teh <i>et al.</i> (1976) setiap negeri kawasan kajian	130
4.4	Hujan tahunan purata Satelit-kalibrasi (tempoh 10 tahun) dan dari <i>NWRS</i> (2011) setiap negeri kawasan kajian dan perbezaan	132
4.5	Nilai <i>AET</i> tahunan purata <i>NDVI</i> -kalibrasi (tempoh 10 tahun) dan dari <i>NWRS</i> (2011) setiap negeri kawasan kajian dan perbezaan	133
4.6(a)	Hasilan air Satelit-kalibrasi (10 tahun) dan dari <i>NWRS</i> (2011) bagi setiap negeri kawasan kajian dan perbezaan	135
4.6(b)	Hasilan air Satelit-kalibrasi (10 tahun) dan dari Teh <i>et al.</i> (1976) bagi setiap negeri kawasan kajian dan perbezaan	136
4.7	Hujan, sejatpeluhan benar (<i>AET</i>) dan hasilan air bulanan purata Satelit-kalibrasi setiap daerah kawasan kajian bagi tempoh Julai 2000 hingga Jun 2010	138
4.8(a)	Hasilan air Satelit-kalibrasi (tempoh 10 tahun) bagi lembangan sungai kawasan kajian: Perbezaan dengan kadar larian air	141

4.8(b)	Hasilan air Satelit-kalibrasi (tempoh 10 tahun) bagi lembangan sungai kawasan kajian: Perbezaan dengan P-ETo	141
4.9	Kadar <i>AET</i> harian purata <i>NDVI</i> -kalibrasi Litupan dan Guna Tanah awasan kajian	143
4.10	<i>Analysis of variance (ANOVA)</i> hubungan %hasilan Air Satelit-kalibrasi - %keluasan kawasan binaan / lapang	145

SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Kitaran hidrologi	10
3.1	Kawasan kajian	50
3.2	Rantau kawasan kajian, a) Utara-Barat Semenanjung Malaysia (UBM), b) Barat Semenanjung Malaysia (BM), c) Selatan-Barat Semenanjung Malaysia (SBM), dan d) Timur Semenanjung Malaysia (TM)	51
3.3	(a) Agihan air hujan di Semenanjung Malaysia (NRWS,2000) dan (b) Agihan air hujan di peringkat Dunia (Shiklomanov,1999)	55
3.4	Hujan dan sejatan bulanan 2009 dan kejadian catuan air di Semenanjung Malaysia 1991 – Mac 2010	56
3.5	Metodologi kajian	58
3.6	Data imej satelit <i>TMPA</i> (1 Julai 2000; jam 12): (a) Data imej satelit asal dalam format <i>HDF</i> , dan (b) Data imej satelit dalam format <i>TIFF</i> meliputi kawasan kajian	60
3.7	Peta Semenanjung Malaysia, kedudukan Stesen Tolok Hujan Jabatan Meteorologi Malaysia (JMM) (24 stesen) dan Jabatan Pengairan dan Saliran Malaysia (JPS) (39 stesen)	62
3.8	Peta kedudukan Stesen Pan-sejatan Jabatan Pengairan dan Saliran Malaysia dan Litupan dan Guna Tanah (<i>LULC</i>)	64
3.9	Taburan kadar hujan tiga jam (unit mm) dari data imej satelit <i>TMPA</i> (1 Julai 2000; jam 12)	67

3.10	Data curahan hujan bulanan (mm) (Julai 2000) imej satelit <i>TMPA</i>	68
3.11	Pekali korelasi hubungan curahan hujan bulanan antara data Stesen Tolok Hujan JMM dan data imej satelit <i>TMPA</i>	71
3.12	Peta <i>NDVI</i> bulan Julai 2000 dari imej satelit	72
3.13	Kedudukan Litupan dan Guna Tanah yang dipilih	73
3.14	Peta intepolasi sejatan (mm) bulan Julai 2000 dan kedudukan Litupan dan Guna Tanah yang dipilih	75
3.15	Hubungan hujan bulanan JMM- <i>TMPA</i>	78
3.16(a)	Curahan ujan bulanan purata rantau UBM, dan BM untuk tempoh kajian (Julai 2005-Jun 2010)	79
3.16(b)	Curahan hujan bulanan purata rantau SBM dan TM untuk tempoh kajian (Julai 2005-Jun 2010)	80
3.16(c)	Curahan hujan bulanan purata kawasan kajian untuk tempoh kajian (Julai 2005-Jun 2010)	80
3.17	Hubungan <i>AET</i> bulanan litupan dan guna tanah dan purata <i>NDVI</i> bulanan	83
3.18	Hubungan aliran air bulanan dan hasil air (Hujan- <i>AET</i>) satelit bulanan untuk lembangan yang terpilih	85
4.1(a)	Taburan hujan tahunan <i>TMPA</i> -kalibrasi kawasan kajian (Jul 2005 - Jun 2006)	94
4.1(b)	Taburan hujan tahunan <i>TMPA</i> -kalibrasi kawasan kajian (Jul 2006 – Jun 2007)	95
4.1(c)	Taburan hujan tahunan <i>TMPA</i> -kalibrasi kawasan kajian (Jul 2007 – Jun 2008)	96
4.1(d)	Taburan hujan tahunan <i>TMPA</i> -kalibrasi kawasan kajian (Jul 2008 – Jun 2009)	97

4.1(e)	Taburan hujan tahunan <i>TMPA</i> -kalibrasi kawasan kajian (Jul 2009 – Jun 2010)	98
4.2(a)	Keragaman curahan hujan bulanan <i>TMPA</i> -kalibrasi Rantau Utara-Barat, kawasan kajian (Jul 2005 - Jun 2010)	99
4.2(b)	Keragaman curahan hujan bulanan <i>TMPA</i> -kalibrasi Rantau Barat, kawasan kajian (Jul 2005 - Jun 2010)	99
4.2(c)	Keragaman curahan hujan bulanan <i>TMPA</i> -kalibrasi Rantau Selatan-Barat, kawasan kajian (Jul 2005 - Jun 2010)	100
4.2(d)	Keragaman curahan hujan bulanan <i>TMPA</i> -kalibrasi Rantau Timur, kawasan kajian (Jul 2005 - Jun 2010)	100
4.3(a)	Keragaman ruang dan temporal (purata, maksimum dan minimum) curahan hujan bulanan purata <i>TMPA</i> -kalibrasi Rantau Utara-Barat, kawasan kajian (Jul 2005 - Jun 2010)	102
4.3(b)	Keragaman ruang dan temporal (purata, maksimum dan minimum) curahan hujan bulanan purata <i>TMPA</i> -kalibrasi Rantau Barat, Kawasan Kajian (Jul 2005 - Jun 2010)	102
4.3(c)	Keragaman Ruang Dan Temporal (Purata, Maksimum Dan Minimum) Curahan Hujan Bulanan Purata <i>TMPA</i> -kalibrasi Rantau Selatan-Barat, kawasan kajian (Jul 2005 - Jun 2010)	103
4.3(d)	Keragaman ruang dan temporal (purata, maksimum dan minimum) curahan hujan bulanan purata <i>TMPA</i> -kalibrasi Rantau Timur, kawasan kajian (Jul 2005 - Jun 2010)	103
4.4	Peratusan perbezaan hujan tahunan purata <i>TMPA</i> -kalibrasi dan NWRS (2011) setiap negeri	104
4.5(a)	Taburan sejatpeluhan benar tahunan <i>NDVI</i> -kalibrasi kawasan kajian (Jul 2005 - Jun 2006)	106

4.5(b)	Taburan sejabatpeluhan benar tahunan <i>NDVI</i> -kalibrasi kawasan kajian (Jul 2006 - Jun 2007)	107
4.5(c)	Taburan sejabatpeluhan benar tahunan <i>NDVI</i> -kalibrasi kawasan kajian (Jul 2007 - Jun 2008)	108
4.5(d)	Taburan sejabatpeluhan benar tahunan <i>NDVI</i> -kalibrasi kawasan kajian (Jul 2008 - Jun 2009)	109
4.5(e)	Taburan sejabatpeluhan benar tahunan <i>NDVI</i> -kalibrasi kawasan kajian (Jul 2009 - Jun 2010)	110
4.6(a)	Keragaman taburan <i>AET</i> bulanan <i>NDVI</i> -kalibrasi Rantau Utara-Barat,kawasan kajian (Jul 2005 - Jun 2010)	111
4.6(b)	Keragaman taburan <i>AET</i> bulanan <i>NDVI</i> -kalibrasi Rantau Barat, kawasan kajian (Jul 2005 - Jun 2010)	111
4.6(c)	Keragaman taburan <i>AET</i> bulanan <i>NDVI</i> -kalibrasi Rantau Selatan-Barat, kawasan kajian (Jul 2005 - Jun 2010)	112
4.6(d)	Keragaman taburan <i>AET</i> bulanan <i>NDVI</i> -kalibrasi Rantau Timur, kawasan kajian (Jul 2005 - Jun 2010)	112
4.7(a)	Keragaman ruang dan temporal (purata, maksimum dan minimum) taburan <i>AET</i> bulanan purata <i>NDVI</i> -kalibrasi rantau Utara-Barat, kawasan kajian (Jul 2005 - Jun 2010)	113
4.7(b)	Keragaman ruang dan temporal (purata, maksimum dan minimum) taburan <i>AET</i> bulanan purata <i>NDVI</i> -kalibrasi rantau Barat, kawasan kajian (Jul 2005 - Jun 2010)	114
4.7(c)	Keragaman ruang dan temporal (purata, maksimum dan minimum) taburan <i>AET</i> bulanan purata <i>NDVI</i> -kalibrasi rantau Selatan-Barat, kawasan kajian (Jul 2005 - Jun 2010)	114
4.7(d)	Keragaman ruang dan temporal (purata, maksimum dan minimum) taburan <i>AET</i> bulanan purata <i>NDVI</i> -kalibrasi rantau Timur, kawasan kajian (Jul 2005 - Jun 2010)	115

4.8	Peratusan perbezaan nilai <i>AET</i> tahunan purata <i>NDVI</i> -kalibrasi dan diukur setiap negeri kawasan kajian	115
4.9(a)	Taburan maklumat hasilan air tahunan Satelit-kalibrasi kawasan kajian (Jul 2005 – Jun 2006)	119
4.9(b)	Taburan maklumat hasilan air tahunan Satelit-kalibrasi kawasan kajian (Jul 2006 – Jun 2007)	120
4.9(c)	Taburan maklumat hasilan air tahunan Satelit-kalibrasi kawasan kajian (Jul 2007 – Jun 2008)	121
4.9(d)	Taburan maklumat hasilan air tahunan Satelit-kalibrasi kawasan kajian (Jul 2008 – Jun 2009)	122
4.9(e)	Penghasilan Taburan Maklumat Hasilan Air Tahunan Satelit-Kalibrasi Kawasan Kajian (Jul 2009 – Jun 2010)	123
4.10(a)	Keragaman taburan maklumat hasilan air bulanan Satelit-kalibrasi Rantau Utara-Barat, kawasan kajian (Jul 2005 - Jun 2010)	124
4.10(b)	Keragaman taburan maklumat hasilan air bulanan Satelit-kalibrasi Rantau Barat, kawasan kajian (Jul 2005 - Jun 2010)	124
4.10(c)	Keragaman taburan maklumat hasilan air bulanan Satelit-kalibrasi Rantau Selatan-Barat, kawasan kajian (Jul 2005 - Jun 2010)	125
4.10(d)	Keragaman taburan maklumat hasilan air bulanan Satelit-kalibrasi Rantau Timur, kawasan kajian (Jul 2005 - Jun 2010)	125
4.11(a)	Keragaman ruang dan temporal (purata, maksimum dan minimum) taburan maklumat hasilan air bulanan purata Satelit-kalibrasi Rantau Utara-Barat, kawasan kajian (Jul 2005 - Jun 2010)	127
4.11(b)	Keragaman ruang dan temporal (purata, maksimum dan minimum) taburan maklumat hasilan air bulanan purata Satelit-kalibrasi Rantau Barat, kawasan kajian (Jul 2005 - Jun 2010)	127

4.11(c)	Keragaman ruang dan temporal (purata, maksimum dan minimum) taburan maklumat hasilan air bulanan purata Satelit-kalibrasi Rantau Selatan-Barat, kawasan kajian (Jul 2005 - Jun 2010)	128
4.11(d)	Keragaman ruang dan temporal (purata, maksimum dan minimum) taburan maklumat hasilan air bulanan purata Satelit-kalibrasi Rantau Timur, kawasan kajian (Jul 2005 - Jun 2010)	128
4.12	Peratusan perbezaan maklumat hasilan air tahunan Satelit-kalibrasi dan diukur setiap negeri kawasan kajian	129
4.13	Peratus perbezaan hujan tahunan purata Satelit-kalibrasi (tempoh 10 tahun) dan dari NWRS (2011) setiap negeri kawasan kajian	132
4.14	Peratus perbezaan nilai <i>AET</i> tahunan purata Satelit-kalibrasi (tempoh 10 tahun) dan NWRS (2011) setiap negeri kawasan kajian	133
4.15	Korelasi maklumat hasilan air tahunan purata dari laporan dan Satelit-kalibrasi (tempoh 10 tahun) bagi negeri-negeri kawasan kajian	134
4.16	Peratus perbezaan maklumat hasilan air Satelit-kalibrasi (10 tahun) dan dari laporan bagi setiap negeri kawasan kajian	135
4.17	Hasilan air, hujan dan <i>AET</i> tahunan Satelit-kalibrasi setiap negeri, kawasan kajian (Jul 2000 – Jun 2010)	138
4.18	Kedudukan lembangan	139
4.19	Korelasi hasilan air dari laporan dan Satelit-kalibrasi (tempoh 10 tahun) bagi lembangan sungai kawasan kajian	140
4.20	Perbezaan hasilan air dari laporan dan Satelit-kalibrasi (tempoh 10 tahun) bagi lembangan sungai kawasan kajian	140
4.21	Hidrograf hasilan air bulanan Satelit-kalibrasi Wilayah Persekutuan Kuala Lumpur (Kawasan Bandar) dan Daerah Ulu Selangor (Kawasan Tumbuhan) (Jul 2000 – Jun 2010)	144

4.22	Hubungan peratus hasil air tahunan Satelit- kalibrasi dan peratus keluasan kawasan binaan / lapang	146
------	--	-----

SENARAI SINGKATAN

<i>AET</i>	-	Sejatpeluhan Benar
<i>AM</i>	-	Antara Monsun
<i>AMSR-E</i>	-	Advanced Microwave Scanning Radiometer-Earth Observing System
<i>AMSU-B</i>	-	Aqua, dan Advanced Microwave Sounding Unit-B
<i>ASTER</i>	-	Advanced Space-borne Thermal Emission and Reflection Radiometer
<i>BM</i>	-	Barat Semenanjung Malaysia
<i>CAMS</i>	-	Climate Assessment and Monitoring System
<i>CERES</i>	-	Cloud and Earth Radiant Energy Sensor
<i>CMORPH</i>	-	Climate Prediction Center (CPC) Morphing Technique
<i>DMSP</i>	-	Dafence Meteorological Satellite Program
<i>EM</i>	-	East Malaya
<i>ET</i>	-	Sejatan
<i>ETo</i>	-	Sejatan Potensi
<i>GIS</i>	-	Geographic Information System
<i>GPCP</i>	-	Global Precipitation Climatology Project
<i>HDF</i>	-	Hierarchical Data Format
<i>JAXA</i>	-	Japanese Aerospace Exploration Agency
<i>JMM</i>	-	Jabatan Meteorologi Malaysia
<i>JPS</i>	-	Jabatan Pengairan dan Saliran Malaysia
<i>JUPEM</i>	-	Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia
<i>LIS</i>	-	Lightning Imaging Sensor
<i>LULC</i>	-	Litupan dan Gunatanah (Land Used and Land Cover)
<i>MBD</i>	-	Monsun Barat Daya
<i>METRIC</i>	-	Mapping Evapotranspiration with Internalized Calibration

<i>MODIS</i>	-	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
<i>MTL</i>	-	Monsun Timur Laut
<i>NASA</i>	-	National Aeronautical and Space Administration
<i>NDVI</i>	-	Normalized Difference Vegetation Indices
<i>NOAA - AVHRR</i>	-	National Oceanic and Atmospheric Administration-Advanced Very High Resolution Radiometer
<i>NWM</i>	-	North West Malaya
<i>PDMC</i>	-	Port Dickson-Muar Coast
<i>PERSIANN</i>	-	Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information using Artificial Neural Networks
<i>PPS</i>	-	Precipitation Processing System
<i>PR</i>	-	TRMM precipitation radar
<i>RMSE</i>	-	Root Mean Square Error
<i>SBM</i>	-	Selatan-Barat Semenanjung Malaysia
<i>SWM</i>	-	South West Malaya
<i>SEBAL</i>	-	Surface Energy Balance Algorithm for Land
<i>SEBS</i>	-	Surface Energy Balance System
<i>SSM/I</i>	-	Special Sensor Microwave Imager
<i>TCI</i>	-	TRMM Combined Instrument
<i>Tiff</i>	-	Tagged Image File Format
<i>TMPA</i>	-	TRMM Multisatellite Precipitation Analysis
<i>TM</i>	-	Timur Semenanjung Malaysia
<i>TMI</i>	-	TRMM Microwave Imager
<i>TRMM</i>	-	Tropical Rainfall Measuring Mission
<i>UBM</i>	-	Utara-Barat Semenanjung Malaysia
<i>VIRS</i>	-	Visible and Infrared Radiometer
<i>WGS84</i>	-	World Geodetic System 84
<i>WM</i>	-	West Malaya
<i>ZPT</i>	-	Zon Pantai Timur
<i>ZS</i>	-	Zon Selatan
<i>ZTPB</i>	-	Zon Tengah Pantai Barat
<i>ZUPB</i>	-	Zon Utara Pantai Barat

SENARAI LAMPIRAN

LAMPIRAN	TAJUK	MUKA SURAT
A1	Data hujan bulanan Stesen Tolok Hujan Jabatan Meteorologi Malaysia dan imej satelit <i>TMPA</i> kawasan kajian bagi tempoh Julai 2000-Jun2005.	173
A2	Data hujan bulanan imej satelit <i>TMPA</i> , kalibrasi-imej satelit <i>TMPA</i> dan Stesen Hujan Jabatan Pengairan dan Saliran Malaysia kawasan kajian bagi tempoh Julai 2005 hingga Jun 2010	188
A3	Data hujan bulanan dan tahunan imej satelit <i>TMPA</i> - Kalibrasi setiap daerah kawasan kajian untuk tempoh Julai 2005 hingga Jun 2010	205
B1	Stesen dan data pan-sejatan harian purata bulanan Jabatan Pengairan dan Saliran Malaysia	228
B2	Data <i>AET</i> benar dan <i>NDVI</i> bagi kepelbagaian litupan dan guna tanah kawasan kajian	239
B3	Maklumat taburan <i>AET</i> benar bulanan setiap daerah kawasan kajian bagi tempoh Julai 2005 hingga Jun 2010	269
C1	Maklumat hasil air bulanan setiap daerah kawasan kajian bagi tempoh Julai 2005 hingga Jun 2010	294
C2	Data larian air dan Hujan- <i>AET</i> bulanan Daerah Cameron Highlands (Zon Tengah) bagi tempoh Jan 2006 hingga Dec 2010	319
C3	Data larian air dan Hujan- <i>AET</i> Mukim Hulu Kuantan bulanan, Kuantan (Zon Pantai Timur) bagi tempoh Jul 2005 hingga Jun 2010	321

C4	Data larian air dan Hujan-AET bulanan Stesen Tolok Kadar Aliran Air 5721442 (Zon Pantai Timur) bagi tempoh Jul 2000 hingga Jun 2010	322
C5	Data larian air dan Hujan-AET bulanan Stesen Tolok Kadar Aliran Air 3414421 (Zon Pantai Barat) bagi tempoh Jul 2000 hingga Dec 2008	324
D1	Peta Hujan, Sejatpeluhan Benar dan Hasilan Air Tahunan Purata	326
D2	Hujan, sejatpeluhan benar dan hasilan air bulanan dan tahunan purata setiap daerah kawasan kajian bagi tempoh Julai 2000 hingga Jun 2010	329
E1	Data % kawasan binaan dan lapang dan % hasilan air tahunan setiap Daerah Kawasan Kajian bagi Julai 2001 – Jun 2002 dan Julai 2002 – Jun 2003	343
E2	Data % kawasan binaan / lapang, % hasilan air tahunan anggaran dan % hasilan air tahunan setiap daerah kawasan kajian bagi Julai 2006 – Jun 2007 dan Julai 2009 – Jun 2010	347

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Latar Belakang Kajian

Maklumat hasilan air adalah sangat penting untuk kelestarian perancangan dan pemantauan keselamatan sumber air. Hubungan curahan hujan dan sejatpeluhan sering digunakan untuk taksiran umum hasilan air. Namun, perubahan iklim dan guna tanah adalah proses tindakbalas eko-hidrologi, yang memberi impak kepada keragaman ruang dan temporal maklumat hasilan air (Brauman *et al.*, 2007). Keadaan ini, menjadi cabaran kepada pengurusan sumber air untuk menentukan maklumat tersebut.

Curahan hujan dan sejatpeluhan benar (*AET*) adalah parameter meteorologi dipengaruhi oleh iklim, topografi, serta liputan dan guna tanah. Sejak sekian lama, teknologi remote sensing dengan pelbagai algoritma telah digunakan untuk menentukan kuantiti keragaman ruang dan temporal curahan hujan (Dinku *et al.*, 2007; Islam dan Uyeda, 2007; Jamandre dan Narisma, 2013) dan sejatpeluhan benar (*AET*) (Nutzmann dan Mey, 2007; Zwart dan Bastiaanssen, 2007; Li *et al.*, 2008; Teixeira *et al.*, 2009) dengan liputan luas. Kemajuan teknologi komputer dan perangkaan juga telah membolehkan data tersebut, yang kebanyakannya diterbitkan dari teknik perlombongan data, dikongsi secara percuma. Namun begitu terdapat pelbagai cabaran dalam penggunaan data-data tersebut. Antaranya ialah;

- Kedudukan kawasan kajian. Kuantiti curahan hujan dari data imej satelit yang terdapat dalam domain awam telah dikalibrasi dengan data

lapangan pada kedudukan diluar kawasan kajian di bawah program Pengesahan Lapangan (*Ground Validation*) di garisan latitud 8.72° U ke atas dan 12.248° S ke bawah (<http://mirador.gsfc.nasa.gov/>). Manakala, kawasan kajian terletak antara latitud 1° U hingga 7° U. Proses kalibrasi dan validasi secara khusus untuk suatu kawasan terlebih dahulu perlu dilakukan, supaya dapat mengurangkan selisih pada nilai anggaran curahan hujan yang diterbitkan (Aghakouchak *et al.*, 2009). Untuk menentukan sejatpeluhan benar (*AET*) menggunakan algoritma fizikal, penyelesaianimbangan tenaga memerlukan imej satelit yang bersih dari litupan awan untuk keseluruhan kawasan kajian (Verstraete dan Pinty, 1992). Berdasarkan tinjauan ke atas data imej satelit di domain awam (seperti, *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS)*), di kawasan yang terletak berhampiran garisan khatulistiwa, sukar untuk mendapatkan imej satelit seperti yang diperlukan.

- Pengaruh Monsun. Curahan hujan (iaitu, merupakan parameter meteorologi) mempunyai ciri-ciri keragaman ruang dan temporal yang dipengaruhi oleh sistem monsun suatu kawasan. Islam dan Uyeda (2007), mendapati curahan hujan dari data imej satelit menganggar curahan hujan lebih pada musim kering, dan menganggar kurang pada musim lembab di Bangladesh. Begitu juga di Arab Saudi, walaupun pada bulan berbeza (Almazroui, 2011).
- Keperluan data sokongan. Data curahan hujan lapangan diperlukan untuk kalibrasi dan validasi data curahan hujan dari imej satelit. Untuk menerbitkan sejatpeluhan benar (*AET*) menggunakan algoritma fizikal, memerlukan data cuaca harian (iaitu, halaju angin, humiditi, sinaran matahari dan suhu), model ketinggian digital kawasan dan pekali tanaman (Bastiaanssen *et al.*, 1998a, b).
- Topografi serta litupan dan guna tanah. Algoritma fizikal, contohnya *Surface Energy Balance Algorithms for Land (SEBAL)* (Bastiaanssen *et al.*, 1998a, b) hanya sesuai di kawasan topografi yang rata serta litupan dan guna tanah yang homogen.
- Saiz piksel imej satelit. Data curahan hujan dari imej satelit (seperti, *Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)*) mempunyai saiz piksel

0.25° (625km²) dan 0.5° (2500km²). Keadaan ini menghadkan penggunaan data tersebut di kawasan yang luas serta sesuai menjadi input kepada model berskala terumpal.

Kesediaan, kesesuaian, ketepatan imej satelit tersebut dan algoritma berkaitan masih menjadi tajuk kajian, supaya menjadi input yang berkesan kepada model hidrologi dalam menganggar hasil air dan meramal perubahannya akibat perubahan litupan dan guna tanah serta iklim. Oleh itu, kajian perlu dijalankan ke atas penggunaan data imej satelit, benar-benar berupaya untuk menganggarkan curahan hujan dan sejatpeluhan benar (*AET*) lapangan, dan seterusnya menganggar hasil air dan kesannya akibat keragaman litupan dan guna tanah (*LULC*) serta iklim suatu kawasan dapat dilakukan. Ini adalah kerana beberapa kelebihan yang telah dikenalpasti iaitu;

- Sumber data mudah dicapai dalam perakaian komputer di domain awam serta hanya memerlukan kos muat turun.
- Data imej satelit adalah format digital. Dengan bantuan teknologi Sistem Maklumat Geografi (*GIS*) dan hubungan mudah imbalan air, penerbitan hasil air suatu kawasan dapat dilakukan lebih cepat. Ia sangat sesuai untuk aplikasi yang lebih praktikal.
- Data imej satelit memberikan maklumat berterusan di lapangan berbanding data lapangan yang diskret.
- Data curahan hujan dari imej satelit memberi nilai purata kawasan (*area-average*) yang tidak dipengaruhi oleh ketidakpastian hitungan dan data cerapan stesen tolok hujan.
- Data curahan hujan dari imej satelit mampu mewakili keragaman ruang dan temporal (Contoh, Islam dan Uyeda (2007) dan Almazroui (2011)).
- Hasil air terbitan dari kedua-dua data imej satelit, boleh menganggar hasil air kawasan lembangan yang tiada maklumat kadar larian air luahan.
- Hasil air terbitan dari kedua-dua data imej satelit, boleh digunakan sebagai semakan kepada maklumat larian air dari tolok kadar larian air

luahan. Ini sangat berguna untuk mengesan perubahan larian air suatu lembangan (Noraida, 2009; SUK, 2011).

- Hasil air terbitan dari kedua-dua data imej satelit, adalah pandangan sinoptik. Ia mampu memberi maklumat hasilan air berdasarkan perubahan litupan dan guna tanah suatu kawasan secara terperinci.

Berdasarkan kekurangan dan kelebihan penggunaan data imej satelit untuk menganggar hasilan air, kajian ini telah mencuba menjawab persoalan yang digariskan seperti berikut;

1. Bagaimanakah maklumat taburan curahan hujan lapangan dapat diterbitkan secara lebih tepat dari data imej satelit *TRMM* yang diperolehi dari domain awam?
2. Bagaimanakah maklumat taburan sejatpeluhan benar (*AET*) lapangan dapat diterbitkan secara lebih tepat dari data indek tumbuhan *Normalized Differential Vegetation Index (NDVI)* imej satelit yang diperolehi dari domain awam?
3. Bagaimanakah penentuan maklumat hasilan air dapat dilakukan melalui analisisimbangan air menggunakan nilai komponen (iaitu, curahan hujan dan *AET*) yang telah diterbitkan sepenuhnya dari data imej satelit?
4. Bagaimanakah perubahan hasilan air dapat diramal kesan dari perubahan litupan dan guna tanah?

1.2 Objektif Kajian

Tujuan utama kajian ini adalah untuk merangka kaedah untuk menentukan hasilan air menggunakan sepenuhnya data imej satelit bersumberkan domain awam di Semenanjung Malaysia, untuk tempoh 10 tahun (Julai 2000–Jun 2010), melalui penerbitan parameter tempatan serta menguji ketepatan hasilan air yang diterbitkan. Objektif khusus kajian ini adalah seperti berikut:

1. Mengkaji secara terperinci penghasilan maklumat taburan curahan hujan bulanan lapangan menggunakan data imej satelit *TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA)*, dengan penerbitan parameter tempatan; terdiri daripada pekali dan pemalar pintasan hubungan antara maklumat pengukuran curahan hujan di lapangan dengan data curahan hujan dari data imej satelit *TMPA*.
2. Mengkaji secara terperinci penghasilan maklumat taburan sejatpeluhan benar (*AET*) bulanan lapangan menggunakan data indeks tumbuhan *Normalized Differential Vegetation Index (NDVI)* imej satelit, dengan penerbitan parameter tempatan; terdiri daripada pekali dan pemalar pintasan hubungan antara maklumat pengukuran sejatpeluhan benar di lapangan dengan indeks tumbuhan *NDVI* imej satelit.
3. Menghasilkan peta taburan maklumat hasil air menggunakan analisisimbangan air berdasarkan data taburan curahan hujan dan sejatpeluhan benar (*AET*) yang diterbitkan sepenuhnya dari data imej satelit.
4. Mengkaji secara terperinci perubahan hasil air terbitan dari kedua-dua data imej satelit, kesan dari perubahan litupan dan guna tanah yang boleh menjadi garis panduan perancangan pembangunan masa depan.

1.3 Skop Kajian

Kajian yang dijalankan adalah terhad kepada skop berikut:

1. Kajian hasil air dilakukan antara bulan Julai 2000 hingga Jun 2010, dengan penerbitan parameter tempatan; terdiri daripada pekali dan pemalar pintasan hubungan antara maklumat curahan hujan dan pengukuran sejatpeluhan benar di lapangan dengan maklumat berkaitan dari data imej satelit.
2. Kajian ini menggunakan data curahan hujan diterbitkan dari data imej satelit *Tropical Rainfall Measuring Mission Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA)*. Kajian literatur mendapati ramai pengkaji terdahulu

menggunakan data tersebut dan mudah diperolehi dari domain awam (<http://mirador.gsfc.nasa.gov/>).

3. Kajian ini menggunakan data parameter bio-fisikal indeks tumbuhan *Normalized Differential Vegetation Indexs (NDVI)* imej satelit yang diperolehi dari domain awam (<http://neo.sci.gsfc.nasa.gov/>) untuk menerbitkan sejatpeluhan benar (*AET*). Penggunaan data imej ini tidak memerlukan maklumat fizikal lapangan sepertimana penggunaan algoritma fizikal yang sedia ada.
4. Proses penerbitan model hubungan data lapangan dan data imej satelit serta validasi, menggunakan data curahan hujan, pan-sejatan dan sejatpeluhan lapangan masing-masing diperolehi dari Jabatan Meteorologi Malaysia (JMM), Jabatan Pengairan dan Saliran, Malaysia (JPS) serta laporan dari kajian literatur.

1.4 Struktur Tesis

Tesis ini dibahagikan kepada lima (5) bab. Bab Satu menerangkan latar belakang dan objektif kajian yang hendak dicapai. Manakala Bab Dua, menyorot kajian-kajian terdahulu yang berkaitan dengan kajian dilaksanakan. Dalam Bab Tiga kajian hasilan air dilaksanakan, dijelaskan proses penentuan taburan curahan hujan bulanan dan *AET* bulanan dari data imej satelit, yang akan menjadi komponen utama analisis imbalan air. Seterusnya, penentuan taburan maklumat hasilan air dan analisis ketepatan dilakukan. Penerbitan peta taburan curahan hujan, *AET*, maklumat hasilan air serta aplikasi di kawasan kajian serta divalidasi dengan laporan terdahulu ditunjukkan dan dijelaskan dalam Bab Empat. Bab Lima adalah kesimpulan dapatan kajian dan cadangan untuk kajian masa akan datang.

RUJUKAN

- Abd Rahim Nik (1988). Water Yield Changes After Forest Conversion to Agricultural Landuse in Peninsular Malaysia. *Journal of Tropical Forest Science*. 1(1): 67 - 84.
- Abbott, M.B., Bathurst, J.C., Cunge, J.A., O'Connell, P.E. dan Rasmussen, J. (1986) An introduction to the European Hydrological System — Systeme Hydrologique Europeen, “SHE”, 1: History and philosophy of a physically-based, distributed modelling system. *Journal of Hydrology*. 87(1-2): 45-59.
- Abbott, M.B dan Refsgaard, J.C (Eds). (1996) Distributed Hydrological Modelling, Kluwer, Dordrecht.
- Adeyewa, Z. B., and Nakamura, K. (2003). Validation of TRMM Radar Rainfall Data over Major Climatic Regions in Africa. *Journal Climate*. 35, 331–347.
- Adler, R. F., Negri, A. J., Keehn, P. R., dan Hakkarinen, I. M. (1993). Estimation of Monthly Rainfall over Japan and Surrounding Waters from a Combination of Low-orbit Microwave and Geosynchronous IR Data. *Journal of Applied Meteorology*. 32, 335–356.
- Adler, R. F., Kummerow, C., Bolvin, D., Curtis, S., dan Kidd, C. (2003). Status of TRMM Monthly Estimates of Tropical Precipitation. Dlm Cloud Systems, Hurricanes, and TRMM, Meteorology Monograph. *American Meteorology Society*. 51, 223–234.
- Aghakouchak, A., Nasrollahi, N., dan Habib, E. (2009). Accounting for Uncertainties of the TRMM Satellite Estimates. *Remote Sensing*. 1, 606–619.
- Ahmad, M.D., Turrall, H., dan Nazeer, A. (2009). Diagnosing Irrigation Performance and Water Productivity through Satellite Remote Sensing and Secondary Data in a Large Irrigation System of Pakistan. *Agricultural Water Management*. 96, 551-564.

- Akbari, M., Toomanian, N., Droogers, P., Bastiaanssen, W.G.M., dan Gieske, A. (2007). Monitoring Irrigation Performance in Esfahan, Iran, Using NOAA Satellite Imagery. *Agricultural Water Management*. 88, 99-109.
- Allen, R.G., Tasumi, M., dan Trezza, R. (2007). Satellite-based Energy Balance for Mapping Evapotranspiration with Internalized Calibration (METRIC)-Model.” *Journal Irrigation Drainage Engineering*. *American Society of Civil Engineer*. 133(4): 380-394.
- Almazroui, M. (2011). Calibration of TRMM Rainfall Climatology over Saudi Arabia During 1998-2009. *Atmospheric Research*. 99, 400-414.
- Ao, T., Ishidaira, H., Takeuchi, K., Kiem, A.S., Yoshitani, J., Fukami, K. dan Magome, J. (2006). Relating BTOPMC Model Parameters to Physical Features of MOPEX Basins. *Journal of Hydrology*. 320(1-2),84-102.
- Arkib Utusan (1998 hingga 2010). Diambil dari http://www.utusan.com.my/utusan/info.asp?y=1998&dt=0425&pub=Utusan_Malaysia&sec=Muka_Hadapan&pg=fp_01.htm
- Arkin, P. A., dan Ardanuy, P. E. (1989). Estimating climatic-scale precipitation from space: A review. *Journal Climate*. 2, 1229-1238.
- Arnell, N.W. (1992). Factors Controlling the Effects of Climate Change on River Flow Regimes in a Humid Temperate Environment. *Journal of Hydrology*. 132, 321–342.
- Arnold, J.G. (1992) Spatial scale variability in model development and parameterization. PhD Dissertation, Purdue University, West Lafayette.
- Athanasios, L., Lampros, V., Christos, D., dan Nicholas, R.D. (2005). Basin-wide Actual Evapotranspiration Estimation using NOAA-AVHRR Satellite Data. *Physics and Chemistry of the Earth*. 30, 69–79.
- Bandara, K.M.P.S. (2006). *Assessing Irrigation Performance by Using Remote Sensing*. PhD Thesis, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands.
- Barret, E. C. (1993). Satellite Rainfall Monitoring for Agrometeorology: Operation Problems, Practices and Prospects. *EARSel. Advances in Remote Sensing*. 2(2): 66-72.
- Bastiaanssen, W.G.M., Menenti, M., Feddes, R.A., dan Holtslag, A.A.M. (1998a). A Remote Sensing Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL). 1. Formulation. *Journal of Hydrology*. 212-213, 198-212.

- Bastiaanssen, W. G. M., Pelgrum, H., Wang, J. Ma, Y., Moreno, J. F., Roerink, G. J., dan van der Wal, T. (1998b). A Remote Sensing Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL). 2. Validation. *Journal of Hydrology*. 212-213, 198-212.
- Bastiaanssen, W.G.M., dan Chandrapala, L. (2003). Water Balance Variability Across Sri Lanka for Assessing Agricultural and Environmental Water Use. *Water Management*. 58,171-192.
- Bastidas, L.A., Gupta, H.V., Sorooshian, S., Shuttleworth, W. dan Yang, Z. (1999). Sensitivity Analysis of a Land Surface Scheme using Multi-criteria Methods. *Journal of Geophysics Research*. 104, 9481-19490.
- Bates, B.C. dan Davies, P.K. (1988) Effect of base flow separation procedures on surface runoff models. *Journal of Hydrology*. 103(3-4), 309-322.
- Baumgartner, M.F., Schultz, G.A dan Johnson A.I. (Editors). (1997). Remote sensing and Geographic Information Systems for Design and Operation of Water Resources Systems. IAHS,242.
- Bellerby, T. J., Todd, M., Kniveton, D., dan Kidd, C. (2000). Rainfall Estimation From a Combination of TRMM Precipitation Radar and GOES Multispectral Satellite Imagery Through the Use of an Artificial Neural Network. *Journal Application Meteorology*. 39, 2115–2128.
- Beven, K. J. (1989). Changing Ideas in Hydrology – The Case of Physically-based Models. *Journal of Hydrology*. 105(1-2), 157–172.
- Beven, K.J. (1993). Prophecy, Reality and Uncertainty in Distributed Hydrological Modelling. *Advance Water Resource*. 320,18-36.
- Beven, K. J. (2000a). On Uniqueness of Place and Process Representations in Hydrological Modelling. *Hydrology Earth Sciences*. 4(2), 203–212.
- Beven, K. J. (2001). How far can we go in distributed Hydrological Modelling?. *Hydrology Earth System Sciences*. 5, 1-2.
- Beven, K. J. (2002a). Towards an Alternative Blueprint for a Physically-based Digitally Simulated Hydrologic Resonse Modelling System. *Hydrology Process*. 16(2), 186-206.
- Beven, K.J., Wood, E.F. dan Sivapalan, M. (1988) On Hydrological Heterogeneity —Catchment Morphology and Catchment Response. *Journal of Hydrology*. 100(1-3), 353-375.
- Beven, K.J., Lamb, R., Quinn, P. dan Romanowicz, R dan Freer, J. (1995)

- TOPOMODEL, Computer Models of Watershed Hydrology (ed. V.P. Singh), *Water Resources Publications, Littleton*. pp 627-668.
- Beven, K.J. dan Binley, A.M. (1992). The Future of Distributed Models-Model Calibration and Uncertainty Prediction. *Hydrology Process*. 6 (3), 279-298.
- Beven, K. dan Freer, J. (2001). Equifinality, Data Assimilation, and Uncertainty Estimation in Mechanistic Modelling of Complex Environmental Systems Using the GLUE Methodology. *Journal of Hydrology*. 249(1-4), 11-29.
- Bergstrom, S. (1995). The HBV Model, Computer Models of Watershed Hydrology (ed. V.P. Singh), Water Resource Publications, Littleton, pp 443-476.
- Binley, A.M., Beven, K.J., Calver, A. dan Watts, L.G. (1991). Changing responses in hydrology: assessing uncertainty in physically based model predictions. *Water Resource Research*. 27(6), 1253-1261.
- Blöschl, G. (2006). Rainfall-runoff Modelling of Ungauged Catchments, Encyclopedia of Hydrological Sciences (ed. M.G. Anderson). John Wiley and Sons, Chichester, UK.
- Blöschl, G. dan Sivapalan, M. (1995). Scale Issues in Hydrological Modelling-A Review. *Hydrology Process*. 9, 251-290.
- Brauman, K. A., Daily, G. C., Duarte, T. K. dan Mooney, H. A. (2007). The Nature and Value Ecosystem Services: An Overview Highlighting Hydrologic Services. *The Annual of Review of Environment and Resources*. 32, 67-98.
- Brown, J. E. M. (2006). An Analysis of the Performance of Hybrid Infrared and Microwave Satellite Precipitation Algorithms over India and Adjacent Regions. *Remote Sensing Environment*. 101, 63-81.
- Burnash, R.J.C. (1995) *The NWS River Forecasting System-catchment Modelling, Computer Models of Watershed Hydrology* (ed. V.P. Singh), Water Resources Publications, Littleton, pp 311-366.
- Butts, M.B., Payne, J.T., Kristensen, M. dan Madsen, H. (2004). An Evaluation of the Impact of Model Structure on Hydrological Modelling Uncertainty for Streamflow Simulation. *Journal of Hydrology*. 298(1-4), 242-266.
- Boyle, D.P., Gupta, H.V. dan Sorooshian, S. (2000). Toward Improved Calibration of Hydrological Models: Combined Strengths of Manual and Automatic Methods. *Water Resource Research*. 36(12), 3663-3674.

- Chiu, L. S., Liu, Z., Vongsaard, J., Morain, S., Budge, A., Neville, P., dan Bales, C. (2006). Comparison of TRMM and Water District Rain Rates in New Mexico. *Advance Atmospheric Science*. 23, 1–13.
- Chokngamwong, R., dan Chiu, L. (2007). Thailand Daily Rainfall and Comparison with TRMM Products. *Journal of Hydrometeorology*. 9, 256-265.
- Clarke, R.T. (1973). A Review of Some Mathematical Models Used in Hydrology, with Observations on Their Calibration and Use. *Journal of Hydrology*. 19(1), 1-20.
- Cleugh, H.A., Leuning, R., Mu, Q., dan Running, S.W. (2007). Regional Evapotranspiration Estimates from Flux Tower and MODIS Satellite Data. *Remote Sensing Environment*. 106, 285-304.
- Crawford, N.H. dan Linsley, R.K. (1966). Digital simulation in Hydrology: Stanford Watershed Model IV, Stanford University, Stanford.
- Collischonn, B., Collischonn, W., and Tucci, C.E.M. (2008). Daily Hydrological Modeling in the Amazon Basin Using TRMM Rainfall Estimates. *Journal of Hydrology*. 360, 207–216.
- Dale, W. L. (1959). The Rainfall in Malaysia. Part I. *Journal Tropica Geography*. 13, 23-37.
- Danson, F. M. (1998). Teaching the Physical Principles of Vegetation Canopy Reflectance Using The SAIL Model. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 64(8): 809-812.
- Danson, F.M., Plummer, S.E. dan Briggs, S.A. (1996). Remote Sensing and The Information Extraction Problem. Dlm. Danson, F.M. dan Plummer, S.E. (Editors). *Advances in Environmental Remote Sensing* (pp. 171-177). West Sussex, England: John Wiley & Sons.
- Dekker, A.G., Malthus, T.J., dan Hoogenboom, H.J. (1996). The Remote Sensing of Inland Water Quality. Dlm Danson, F.M. dan Plummer, S.E. (Editors). *Advances in Environmental Remote Sensing* (pp. 123-142). West Sussex, England: John Wiley & Sons.
- Dingman, S. L. (2002). *Physical Hydrology*. (2nd edition) (pp. 646). New Jersey: Prentice Hall.
- Dinku, T., Ceccato, P., Grover-Kopec, E., Lemma, M., Connor, S. J. dan Ropelewski, C. F. (2007). Validation of Satellite Rainfall Products Over East

- Africa's Complex Topography. *International Journal of Remote Sensing*. 28, 1503–1526.
- Diskin, M.H., Buras, N. dan Zamir, S. (1973). Application of A Simple Hydrologic Model for Rainfall-runoff Relations of the Dalton Watershed, *Water Resource Research*. 9(4), 927-936.
- Dolman, A.J. (1988). Transpiration of an Oak Forest as Predicted from Porometer and Weather Data. *Journal of Hydrology*. 97, 225-234.
- Dooge, J.C.I. (1959) A general theory of the unit hydrograph. *Journal Geophysic Resource*. 14, 241-256.
- Dooge, J.C.I. (1979) *Deterministic input-output models*. Dlm: The Mathematics of Hydrology and Water Resources (eds. E.H. Lloyd, T. O'Donnell dan J.C. Wilkinson), Academic Press, 1-37.
- Droogers, P. (2000). Estimation Actual Evapotranspiration Using a Detailed Agro-Hydrological Model. *Journal of Hydrology*. 229(1-2): 50-58.
- Droogers, P., Immerzeel, W., dan Perry, C. (2009). *Application of Remote Sensing in National Water Plans: Demonstration Cases for Egypt, Saudi-Arabia and Tunisia*. Report FutureWater, 80. Wageningen, Netherlands.
- Duan, Q., Schaake, J.C. dan Koren, V.I. (2001). A Prior Estimation of Land Surface Model Parameters, Land Surface Hydrology, Meteorology, and Climate: Observations and Modelling (ed. V. Lakshmi, J. Alberston and J.C. Schaake), *American Geophysical Union, Water and Sci. Appl.* 77-94.
- Duan, Q., Sorooshian, S. and Gupta, V.K. (1992) Effective and efficient global Optimization for Conceptual Rainfall-runoff Models. *Water Resource Research*. 28(4), 1015-1031.
- Duband, D., Obled, C. and Rodriguez, J.Y. (1993). Unit Hydrograph Revisited: An Alternate Iterative Approach to UH and Effective Precipitation Identification. *Journal of Hydrology*. 150(1): 115-149.
- Edward, W.R.N. (1986). Precision Weighing Lysimetry for Trees, Using a Simplified Tarred-Balance Design. *Tree Physiology*. 1, 127-144.
- Ellison, D., Futter, M.N., dan Bishop, K. (2011). On the Forest Cover-Water Yield Debate: From Demand-to Supply-Side Thinking. *Global Change Biology*, doi: 10.1111/j.1365-2486.2011.02589.x

- Fernandez, S., Vidal, D., Simon, E., dan Sole-sugranes, L. (1994). Radiometric Characteristics of Triticum Aestivum Cv. Astral Under Water and Nitrogen Stress. *International Journal of Remote Sensing*. 15(9): 1867-1884.
- Fernandez, W., Vogel, R.M. dan Sankarasubramanian, S. (2000). Regional Calibration of Watershed Model. *Hydrology Science of Journal*. 45 (5), 689-707.
- Finnerty, B.D., Smith, M.B., Seo, D., Koren, V. and Moglen, G.E. (1997) Space-time Scale Sensitivity of the Sacramento Model to Radar-gage Precipitation Inputs. *Journal of Hydrology*. 203(1-4),21-38.
- Franks, S.W. (2007) Intergrating Models, Methods and Measurements for Prediction in Ungauged Basins, Predictions in Ungauged Basins: PUB Kick off (Proceedings of the PUB Kick-off meeting held at Brasilia, 20-22 November 2002) IAHS Publ., 309, 13-21.
- Gleick, P.H. (1987a). The Development and Testing of a Water Balance Model for Climate Impacts Assessment: Modeling the Sacramento Basin. *Water Resources Research*. 23, 1049–1061.
- Gleick, P.H.(1987b). Regional Hydrologic Consequences of Increases in Atmospheric CO₂ and Other Trace Gases. *Climatic Change*. 10, 137–161.
- Goel, N.S. dan Norman, J.M. (1990). Remote Sensing and Biophysical Measurements of Soil and Vegetation. *Remote Sensing Reviews*. 5, 1-12.
- Görgens, A.H.M. (1983). Conceptual Modelling of Rainfall-runoff Process in Semi-arid Catchments, Hydrological Research Unit, Rhodes University, Grahamstown, South Africa.
- Gochis, D.J. dan Cuenca, R.H. (2000). Plant Water Use and Crop Curves for Hybrid Poplars. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 126, 206-214.
- Goh, K.S. (1974). Surface Water Resources Map (Provisional) of Peninsular Malaysia. *Water Resources Publication No.1*. Malaysia: Jabatan Pengairan dan Saliran, Kementerian Pertanian.
- Granier, A., Bobay, V., Gash, J.H.C., Gelpe, J., Saugier, B., dan Shuttleworth, W.J. (1990). Vapour Flux Density and Transpiration Rate Comparations in a Stand of Maritime Pine (pinus pinaster ait.) in Les Landes forest. *Agricultural and Forest Meteorology*. 51, 309-319.

- Gupta, H.V., Beven, K.J. dan Wagener, T. (2006). Model Calibration and Uncertainty Estimation, Encyclopedia of Hydrological Sciences. (ed. M.G. Anderson). John Wiley and Sons, Chichester, UK, 2026.
- Haddad, Z. S., Short, D. A., Durden, S. L., Im, E., Hensley, S., Grable, M. B., dan Black, R. A. (1997a). A new parameterization of the rain drop size distribution. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*. 35, 532–539.
- Haddad, Z. S., Smith, D. A., Kummerow, C. D., Iguchi, T., Farrar, M. R., Durden, S. L., Alves, M., dan Olson, W. S. (1997b). The TRMM “day-1” radar/radiometer combined rain-profiling algorithm. *Jurnal Meteorology Society Japan*. 75, 799–809.
- Hamza Varikoden, Samah, A.A., dan Babu, C.A. (2010). Spatial and Temporal Characteristics of Rain Intensity in the Peninsular Malaysia Using TRMM Rain rate. *Journal of Hydrology*. 387, 312–319.
- Harris, A., Rahman, S., Hossain, F., Yarborough, L., Bagtzoglou, A.C., dan Easson, G. (2007). Satellite-based Flood Modeling Using TRMM-based Rainfall Products. *Sensor*. 7, 3416–3427.
- Hazarika, M.K., Kafle, T.P., Sharma, R., Karki, S., Shrestha, R.M., dan Samarakoon, L. (2007). Statistical Approach to Discharge Prediction for Flood Forecasts Using TRMM Data. In: *Proceedings of the 5th Annual Mekong Flood Forum*. May 17–18. Ho Chi Minh City, Vietnam.
- Hsu, K. L., Gupta, H. V., Gao, X. G., dan Sorooshian, S. (1999). Estimation of Physical Variables from Multichannel Remotely Sensed Imagery Using a Neural Network: Application to Rainfall Estimation. *Water Resources Research*. 35, 1605–1618.
- Huffman, G. J., Adler, R., Arkin, P., Chang, A., Ferraro, R., dan Gruber, A. (1997). The Global Precipitation Climatology Project (GPCP) Combined Precipitation Dataset. *Bulletin America Meteorology Society*. 78, 5–20.
- Huffman, G. J., Adler, R. F., Bolvin, D. T., Gu, G. J., Nelkin, E. J., dan Bowman, K. P., et al. (2007). The TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA): Quasi-global, Multiyear Combined-sensor Precipitation Estimates at Fine Scales. *Journal of Hydrometeorology*. 8, 38–55.
- Huffman, G. J., dan Coauthors (2007). The TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA): Quasi-Global, Multiyear, Combined-Sensor Precipitation Estimates at fine Scales. *Journal of Hydrometeorology*. 8, 38–55.

- Hughes, D., Andersson, L., Wilk, J., dan Savenije, H.H.G. (2006). Regional Calibration of the Pitman Model for the Okavango River. *Journal of Hydrology*. 331(1-2): 30-42.
- Hughes, D.A. (1997) Southern African 'FRIEND'-The application of Rainfall-runoff Models in the SADC Region. Water Research Commission, Pretoria, South Africa.
- Hughes, D.A. (2004a). Three decades of hydrological modelling research in South Africa. *South African Journal Science*. 100, 638-642.
- Hughes, D.A. (1993). Variable Time Intervals in Deterministic Hydrological Models. *Journal of Hydrology*. 143(3-4), 217-232.
- Hughes, D.A. (1982). Conceptual Catchment Model Parameter Transfer Studies Using Monthly Data from the Southern Cape Coastal Lakes. Hydrological Research Unit, Rhodes University, Grahamstown.
- Hundecha, Y. dan Bárdossy, A. (2004). Modeling of the Effect of Land Use Changes on the Runoff Generation of a River Basin Through Parameter Regionalization of a Watershed Model. *Journal of Hydrology*. 292(1-4),281-295.
- Hunting Technical Services, Ltd., (1971). Johor Tengah and Tanjong Penggerang Regional Master Plan. *Water Resources Publication No.1*. Malaysia: Jabatan Pengairan dan Saliran, Kementerian Pertanian.
- Hyperdictionary (2009). Ambil Febuari 19, 2009, dari www.hyperdictionary.com/dictionary/water+yield
- Ibrahim, Ab. Latif, Tam, T. H., dan Sa'ayou, M. S.,(2010). Statistical Analysis of Annual Rainfall Distribution for Water Resource in Peninsular Malaysia Using Satellite TRMM Algorithm. *MRSS 6th International Remote Sensing and GIS Conference and Exhibition*, April 28-29 .Kuala Lumpur.
- Immerzeel, W.W., Gaur,A., dan Zwart,S.J. (2008). Intergrating Remote Sensing and Process-based Hydrological Model to Evaluate Water Use and Productivity in a South Indian Cathment. *Agricultural Water Management*. 95,11-24.
- Islam,M. N., dan Uyeda, H. (2006). TRMM Observed Vertical Structure and Diurnal Variation of Precipitation in South Asia. *Proceeding IGARSS'06*. July 31 – Aug 4. Denver, Colorado:*IEEE Geoscience and Remote Sensing Society*, 1292–1295.

- Islam, M. N. dan Uyeda, H. (2007). Use of TRMM in Determining the Climatic Characteristics of Rainfall Over Bangladesh. *Remote Sensing of Environment*. 108, 264–276.
- Jakeman, A.J. dan Hornberger, G.M. (1993). How Much Complexity is Warranted in a Rainfall-runoff Model. *Water Resource Research*. 29, 2637-2649.
- Jamandre, C.A. dan Narisma, G. T. (2013). Spatio-temporal Validation of Satellite-based Rainfall Estimates in the Philippines. *Atmospheric Research*. 122, 599-608.
- JICA (1982). National Water Resources Study. *Malaysia Sectoral Report. Volume*. 18. Oct 1979 – Oct 1982.
- JMM (2010). Data cuaca. Petaling Jaya: Jabatan Perkhidmatan Kaji cuaca Malaysia. Tidak Diterbitkan.
- JMM (2012). Iklim Malaysia. Petaling Jaya: Jabatan Perkhidmatan Kaji cuaca Malaysia. Tidak Diterbitkan. Diambil Jun 20, 2012, dari www.met.gov.my
- Joyce, R. J., Janowiak, J. E., Arkin, P. A., dan Xie, P. P. (2004). CMORPH: A Method that Produces Global Precipitation Estimates from Passive Microwave and Infrared Data at High Spatial and Temporal resolution. *Journal of Hydrometeorology*. 5, 487–503.
- JPS (2010). Laporan Pemantauan Kemarau Untuk Semenanjung Malaysia (Berdasarkan Analisis Hidrologi). Malaysia: Bahagian Pengurusan Sumber Air dan Hidrologi, Jabatan Pengairan dan Saliran Malaysia.
- JUPEM (1996). Peta Topografi Semenanjung Malaysia (L 7030 & DNMM 5101). Malaysia: Ketua Pengarah Pemetaan Negara Malaysia.
- Kapangaziwiri, E. (2008) Revised parameter estimation methods for the Pitman monthly model, MSc Thesis, Rhodes University, Grahamstown, South Africa, available online at <http://eprints.ru.ac.za/1310/>.
- Kapangaziwiri, E. dan Hughes, D.A. (2008) Towards a physically-based parameter estimation methods for the Pitman monthly rainfall-runoff model. *Water SA*., 32(2),183-191.
- Karatas, B.S., Akkuzu, E., Unal, H.B., Asik, S., dan Avci, M.(2009). Using Satellite Remote Sensing to Assess Irrigation Performance in Water User Associations in the Lower Gediz Basin, Turkey. *Agricultural Water Management*. 96, 982-990.

- Katimon A. dan Abd Wahab A.K. (2003). Hydrologic Characteristic of a Drained Tropical Peat Catchment: Runoff Coefficients, Water Table and Flow Duration Curves. *Jurnal Teknologi*, 38(B). 39-54. Universiti Teknologi Malaysia.
- Klemeš, V. (1986). Operational Testing of Hydrological Simulation Models. *Hydrology Science of Journal*. 31(1), 13-24.
- Klemeš, V. (1983). Conceptualization and Scale in Hydrology. *Journal of Hydrology*. 65(1-3), 1-23.
- Koren, V.I., Finnerty, B.D., Schaake, J.C., Smith, M.B., Seo, D. dan Duan, Q. (1999). Scale Dependencies of Hydrologic Models to Spatial Variability of Precipitation. *Journal of Hydrology*. 217(3-4), 285-302.
- Kokkonen, T. S. dan Jakeman, A. J.. (2001). A Comparison of Metric and Conceptual Approaches in Rainfall-Runoff Modelling and Its Implications. *Water Resource Research*. 37(9), 2345-2352.
- Kuczera, G. dan Parent, E. (1998). Monte Carlo Assessment of Parameter Uncertainty in Conceptual Catchment Models: the Metropolis Algorithm. *Journal of Hydrology*. 211(1-4), 6985.
- Kummerow, C., Simpson, J., Thiele, O., Barnes, W., Chang, A.T.C., Stocker, E., Adler, R.F., Hou, A., Kakar, R., Wentz, F., Ashcroft, P., Kozu, T., Hong, Y., Okamoto, K., Iguchi, T., Kuroiwa, H., Im, E., Haddad, Z., Huffman, G., Ferrier, B., Olson, W.S., Zipser, E., Smith, E.A., Wilheit, T.T., North, G., Krishnamurti, T., dan Nakamura, K. (2000). The Status of the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) After Two Years in Orbit. *Journal of Applied Meteorology*. 39, 1965–1982.
- Kundzewicz, Z.W. (2007), Predictions in Ungauged Basins-A Systemic Perspective, Predictions in Ungauged Basins: PUB Kick-off (Proceedings of the PUB Kick-off Meeting Held in Brasilia IAHS Publ.
- Kwon, Y. C., Ahn, M. H., Sohn, B. J., Chung, H. S., dan Park, H. S. (2000). Rainrate Estimation Using the GMS-5 IR Data and Verification. *10th Conference Meteorology and Oceanography*. Long Beach, California: Meteorology Society, 99–101.
- Langbein, W. B., dan Kathleen, I. Iseri (1995). General Introduction and Hydrologic Definitions. *USGS*. Ambil Febuari 19, 2009, dari water.usgs.gov/wsc/glossary.html

- Lee, T.S, M. Aminul Haque dan Huang, Y.F. (2006). Modeling Water Balance Components in Rice Field Irrigation. *Journal – The Institution of Engineers, Malaysia* (Vol. 67, No.4)
- Len, R.M., Weiskel, P.K., Lyford, F.P., dan Armstrong, D.S. (1997). Hydrologic Indices for Non-tidal Wetlands. *Wetlands*. 17(1): 19–30.
- Leuning, R. dan Moncrief, J. (1990). Eddie- covariance CO₂ Flux Measurements Using Open-Path and Closed-Path CO₂ Analyzers-Corrections for Analyzer Water Vapour Sensitivity and Damping of Fluctuations in Air Sampling Tubes. *Boundary-Layer Meteorology*. 53, 63-76.
- Levizzani, V., Schmetz, J., Lutz, H. J., Kerkmann, J., Alberoni, P. P., dan Cervino, M. (2001). Precipitation Estimations from Geostationary Orbit and Prospects for METEOSAT Second Generation. *Meteorology Applied*. 8, 23-41.
- Levizzani, V., Amorati, R., dan Meneguzzo, F.(2002). A Review of Satellite-based Rainfall Estimation Methods. *MUSIC-Multiple-Sensor Precipitation Measurements, Integration, Calibration and Flood Forecasting*. Consiglio Nazionale delle Ricerche Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima Via Gobetti 101 I-40129 Bologna Italy
- Li, H., Zheng, L., Lei, Y., Li, C., Liu, Z., dan Zhang, S. (2008). Estimation of Water Consumption and Crop Water Productivity of Winter Wheat in North China Plain Using Remote Sensing Technology. *Agricultural Water Management*. 95, 1271-1278.
- Liang, S. (2000). Narrowband to Broadband Conversions of Land Surface Albedo; I. Algorithms. *Remote Sensing Environment*. 76, 213–38.
- Ling, A. H. (1979). Some Lysimetric Measurements of Evapotranspiration of Oil Palm in Central Peninsular Malaysia. *Proceeding. of the Symposium Water in Malaysian Agriculture*. Dlm: Pushparajah, E.(editor). Malaysian Society of Soil Science, Kuala Lumpur. (pp. 89-101).
- Madsen, H., Wilson, G. dan Ammentorp, H.C. (2002). Comparison of Different Automated Strategies for Calibration of Rainfall-runoff Models. *Journal of Hydrology*. 261(1-4), 48-59.
- Madsen, H., Wilson, G. dan Ammentorp, H.C. (2002). Comparison of Different Automated Strategies for Calibration of Rainfall-runoff Models. *Journal of Hydrology*. 261(1-4), 48-59.

- Madsen, H. (2000). Automatic Calibration of a Conceptual Rainfall–runoff Model Using Multiple Objectives. *Journal of Hydrology*. 235(3-4), 276-288.
- Mazvimavi, D. (2003). Estimation of Flow Characteristics of Ungauged Catchments. PhD Thesis, Wageningen University and International Institute for Geo-Information and Earth Observation, ITC, Enschede, The Netherlands.
- McCabe, M. F. dan Wood, E. F. (2006). Scale Influences on The Remote Estimation of Evapotranspiration Using Multiple Satellite Sensors. *Remote Sensing Environment*. 105(4): 271-285.
- McVicar, T. R., Van Niel, T.G., Li, L.T., Hutchison, M. F., Mu, X.M., dan Liu, Z. H. (2007). Spatially Distributing Monthly Reference Evapotranspiration and Pan Evaporation Considering Topographic Influences. *Journal of Hydrology*. 338, 196-220.
- Meijninger, W. dan de Bruin, H.A.R. (2000). The Sensible Heat Fluxes Over Irrigated Areas in Western Turkey Determined With a Large Aperture Scintillometer. *Journal of Hydrology*. 229, 42-49.
- Merz, R. dan Blöschl, G. (2004). Regionalisation of catchment model parameters. *Journal of Hydrology*. 287(1-4), 95-123.
- Midgley, D.C., Pitman, W.V. dan Middleton, B.J. (1994). Surface Water Resources of South Africa 1990, Volumes I to VI, Water Research Commission Reports, Pretoria.
- Mohd Hilmi bin P.Ramli (2007). *Penilaian HASilan Air Kawasan Tadahan Hutan dengan Menggunakan Teknik Remote Sensing*. Tesis Master. Universiti Teknologi Malaysia, Skudai, Malaysia.
- Moreda, F., Koren, V., Zhang, Z., Reed, S. dan Smith, M. (2006). Parameterization of Distributed Hydrological Models: Learning from the Experiences of Lumped Modeling. *Journal of Hydrology*. 320(1-2), 218-237.
- Nandagiri, L. (2007) Calibrating Hydrological Models in Ungauged Basins: Possible use of Areal Evapotranspiration Instead of Streamflows, Predictions In Ungauged Basins: PUB Kick-off (Proceedings of the Kick-off meeting held in Brasilia. 20-22 November 2002)IAHS.
- NASA (2010a). Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center. Washington D. C.: National Aeronautics and Space Administration. Diambil April 10, 2010, dari

http://neo.sci.gsfc.nasa.gov/AboutDataset.html?datasetId=MOD13A2_M
NDVI

- NASA (2010b). Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center. Washington D. C.: National Aeronautics and Space Administration. Diambil April 10, 2010, dari <http://mirador.gsfc.nasa.gov/>
- NASA (2010c). Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center. Washington D. C.: National Aeronautics and Space Administration. Diambil April 10, 2010, dari <http://neo.sci.gsfc.nasa.gov//Search.html>
- Nash, J.E. dan Sutcliffe, J.V. (1970). River Flow Forecasting Through Conceptual Models Part I — A Discussion of Principles. *Journal of Hydrology*. 10(3), 282-290.
- Nicholson, S. E., Lare, A. R., Marengo, J. A., dan Santos, P. (1996). A Revised Version of Lettau's Evapoclimatology Model. *Jurnal Applied Meteorology*. 35, 549–561.
- Nicholson, S. E., dan Coauthors (2003a). Validation of TRMM and Other Rainfall Estimates with a High-Density Gauge Dataset for West Africa. Part I: Validation of GPCP Rainfall Product and Pre-TRMM Satellite and Blended Products. *Journal Applied Meteorology*. 42, 1337–1354.
- Nicholson, S. E. dan Coauthors (2003b). Validation of TRMM and Other Rainfall Estimates with a High-Density Gauge Dataset for West Africa. Part II: Validation Of TRMM Rainfall Products. *Journal Applied Meteorology*. 42, 1355–1368.
- Ndiritu, J.G. dan Daniell, T.M. (1999). Assessing Model Calibration Adequacy Via Global Optimization. *Water SA*. 25, 317-326.
- Noraida, (2009). Hutan dan Kegunaannya. Diambil Jun 20, 2009, dari http://pkukmweb.ukm.my/~ahmad/tugasan/s3_99/noraida.html.
- Noram I. Ramli, M.Idris Ali, M.Syamsul H.Saad dan T.A.Majid (2009). Estimation of the Roughness Length (z_0) in Malaysia Using Satellite Image. *The Seventh Asia-Pacific Conference on Wind Engineering*. November 8-12. Taipei, Taiwan.
- Nutzmann, G. dan Mey, S. (2007). Model Based Estimation of Runoff Changes in a Small Watershed of North-Eastern Germany. *Journal of Hydrology*. 334, 467–476.
- NWRS (2000). *Kajian Sumber Air Negara (Semenanjung Malaysia)*. Malaysia: Kerajaan Malaysia, Unit Perancang Ekonomi. Volume 4:Ch8.

- NWRS (2011). *Review of The National Water Resources Study (2000-2050) and Formulation Of National Water Resources Policy*. Malaysia: Kerajaan Malaysia, Unit Perancang Ekonomi. Volume 12.
- Perrin, C., Michel, C. dan Andréassian, V. (2003). Improvement of a Parsimonious Model for Streamflow Simulation. *Journal of Hydrology*. 279(1-4), 275-289.
- Perrin, C., Michel, C. dan Andréassian, V. (2001). Does a Large Number of Parameters Enhance Model Performance? Comparative Assessment of Common Catchment Model Structures on 429 Catchments. *Journal of Hydrology*. 242(3-4), 275-301.
- Pitman, W.V. (1973). *A Mathematical Model for Generating Monthly River Flows from Meteorological Data in South Africa*, Hydrological Research Unit, University of the Witwatersrand.
- Refsgaard, J.C dan Storm, B. (1995). MIKE SHE, Computer Models of Watershed Hydrology(ed. V.P. Singh). Water Resource Publications, Littleton, pp 809-846.
- Roberts, P.J.T. (1979) MODEL FLEXIFIT: A Conceptual Rainfall-runoff Model for The Extension of Monthly Runoff Records, Dept. of Environmental Affairs, Hydrological Research Institute.
- Rudolf, B. (1993). Management and Analysis of Precipitation Data on a Routine Basis. *Proceedings of International Symposium on Precipitation and Evaporation*, Dlm. Sevruk, B. and Lapin, M.(Editors). Slovak Hydrometeorology Institution. 1: 69–76.
- Running, S. W. dan Nemani, R. R. (1988). Relating Seasonal Pattern of the AVHRR Vegetation Index to Simulated Photosynthesis and Transpiration of Forest in Different Climates. *Remote Sensing Environment*. 24, 347-367.
- Saif Ud Din, Ahmad Al Dousari, dan Abdul Nabi Al Ghadban (2017). Sustainable Fresh Water Resources Management in Northern Kuwait – A Remote Sensing View From Raudatain Basin. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 9, 21-31.
- Sahoo, A. K., Ming Pan, Troy, T. J., Vinukollu, R. K., Sheffield, J. dan Wood, E. F. (2011). Reconciling the Global Terrestrial Water Budget Using Satellite Remote Sensing. *Remote Sensing of Environment*. 115, 1850–1865.

- Schaake, J.C., Koren, V.I., Duan, Q., Mitchell, K. dan Chen, F. (1996). Simple Water Balance Model for Estimating Runoff at Different Spatial and Temporal Scales. *Journal of Geophysic Research*. D3, 7461-7475.
- Seever, P. M. dan Ottoman, R. W. (1994). Evapotranspiration Estimation Using a Normalized Difference Vegetation Index Transformation of Satellite Data. *Hydrology Science Journal*. 39, 333-345.
- Seibert, J. (1999). Regionalisation of Parameters for Conceptual Rainfall-runoff Model. *Agriculture and Forest Meteorology*. 98-99, 279-293.
- Shah, S.M.S., O'Connell, P.E. dan Hosking, J.R.M. (1996). Modelling the Effects of Spatial Variability in Rainfall on Catchment Response. 2. Experiments with Distributed and Lumped Models. *Journal of Hydrology*. 175(1-4), 89-111.
- Shiklomanov, I.A. (1999). *State Hydrological Institute (SHI, St. Petersburg) and United Nations Educational*. Scientific and Cultural Organisation. Paris: UNESCO.
- Singh, V.P.(Ed) (1995). *Computer Models of Watershed Hydrology*. Colorado: *Water Resources Publication, LLC*.
- Singh, V.P. dan Frevert, D.K.,(Eds) (2002). *Mathematical Models of Small Watershed Hydrology and Applications*. Colorado: *Water Resources Publication, LLC*.
- Smith, A. A dan Lee, K.B. (1984) The Rational Method Revisited. *Journal Civil Engineering*.11, 854-862.
- Sokolov, A.A. dan Chapman, T. G.(Eds) (1974). *Methods for Water Balance Computations. An International Guide for Research and Practice*. Paris: *The Unesco Press*.
- Sorooshian, S., Hsu, K. L., Gao, X., Gupta, H. V., Imam, B., dan Braithwaite, D. (2000). Evaluation of PERSIANN System Satellite-based Estimates of Tropical Rainfall. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 81, 2035–2046.
- Steduto, P., Kijne, J.W., Hanjra, M.A., dan Binibraban, P.S. (2007). Pathways for Increasing Agricultural Water Productivity. Dlm. Molden, D.(Editor) *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of water Management in Agriculture* (pp.279-310). International Water Management Institute, Earthscan and Colombo, London.

- Su, F., Hong, Y., dan Lettenmaier, D. (2008). Evaluation of TRMM Multi-satellite Precipitation Analysis (TMPA) and its Utility in Hydrologic Prediction in La Plata Basin. *Journal of Hydrometeorology*. 9, 622–640.
- Su, Z. (2002). The Surface Energy Balance System (SEBS) for Estimation of Turbulent Heat Fluxes. *Hydrology and Earth System Sciences*. 6(1): 85–99.
- SUK (2011). Kajian Sumber Air Daerah Cameron Highlands Pahang Darul Makmur. Laporan. Tidak diterbitkan, Kuantan: Badan Kawal Selia Air Negeri Pejabat Setiausaha Kerajaan Negeri Pahang Darul Makmur.
- Szymkiewicz, R. (2002). An Alternative IUH for The Hydrological Lumped Models. *Journal of Hydrology*. 259(1-4), 246–253.
- Tangang, F.T., Liew, J.N., Mohd. Salmi Noorani, Mohd. Idris Jayes, Shaharuddin Ahmad dan Alui Bahari (2004). Interannual evolution of Indian Ocean sea surface temperature anomaly and its relationship with precipitation variability in Malaysia. Dlm: Phang S. M., Chong, V.C., Ho, S.C., Noraieni Mokhtar dan Jillian Ong, L.S (editors). *Marine Science into the New Millennium: New perspectives & Challenges*. (pp. 537 – 551). Kuala Lumpur: UMMReC.
- Tasumi, M. dan Allen, R.G. (2007). Satellite-Based ET Mapping to Assess Variation in ET With Timing of Crop Development. *Agricultural Water Management*. 88, 54-62.
- Teh, S. K., Still, D.C. dan Scarf, F. (1976). Average Annual Surface Water Resources of Peninsular Malaysia. *Water Resources Publication No.6*. Malaysia: Jabatan Pengairan dan Saliran, Kementerian Pertanian.
- Teixeira, A.H. de C., Bastiaanssen, W.G.M., Ahmad, M.D. dan Bos, M.G. (2009). Reviewing SEBAL Input Parameters for Assessing Evapotranspiration and Water Productivity for The Low-Middle Sao Francisco River Basin, Brazil Part A: Calibration and Validation. *Agricultural and Forest Meteorology*. 149, 462-476.
- Thornthwaite, C.W. (1948). An Approach Toward a Rational Classification of Climate. *Geographical Review*. 38(1): 55–94.
- Todd, M. C., Kidd, C., Kniveton, D., dan Bellerby, T. J. (2001). A Combined Satellite Infrared and Passive Microwave Technique for the Estimation of Small-Scale Rainfall. *Jurnal Atmospheric Oceanic Technology*. 18,742–755.
- Todd, E. (1988). Rainfall-runoff Modelling – Past, present and future. *Jurnal Hydrology*. 100(1-3), 341- 352.

- Utusan (1998, April 25). Kawasan tadahan terancam -- Aktiviti pembalakan dan perumahan sedang giat dijalankan. Diambil dari http://www.utusan.com.my/utusan/info.asp?y=1998&dt=0425&pub=Utusan_Malaysia&sec=Muka_Hadapan&pg=fp_01.htm.
- Utusan (2005, Ogos 12). Cuaca panas. Paras air di empat empangan menurun. Diambil April 11, 2010, dari http://utusan.com.my/utusan/info.asp?y=2005&dt=0812&pub=Utusan_Malaysia&sec=Dalam_Negeri&pg=dn_03.htm.
- Utusan (2009, Jun 15). Menghadapi fenomena El-Nino. Diambil April 11, 2010, dari http://www.utusan.com.my/utusan/info.asp?y=2009&dt=0615&pub=Utusan_Malaysia&sec=Rencana&pg=re_05.htm.
- Utusan (2010, Feb 17). Empangan susut tetapi paras air terkawal. Diambil April 11, 2010, dari http://www.utusan.com.my/utusan/info.asp?y=2010&dt=0217&pub=Utusan_Malaysia&sec=Dalam_Negeri&pg=dn_24.htm.
- Veitch, N., Treweek, J.R., dan Fuller, R.M. (1996). The Land Cover Map of Great Britain – A New Data Source for Environmental Planning and Management. Dlm. Danson, F.M. dan Plummer, S.E. (Editors). *Advances in Environmental Remote Sensing*. (pp. 157-170). West Sussex, England: John Wiley & Sons.
- Verma, S.B. (1990). Micrometeorological Methods for Measuring Surface Fluxes of Mass and Energy. *Remote Sensing Reviews*. 5(1): 99-115.
- Verstraete, M.M., dan Pinty, B. (1992). *Extracting Surface Properties From Satellite Data in Visible and Near-Infrared Wavelengths*. Dlm Mather, P.M. (Editor) *Terra-1: Understanding the Terrestrial Environment: The Role of Earth Observations from Space*. (203-209). London, England: Taylor and Francis.
- Verstraeten, W.W., Veroustraete, F., dan Feyen, J. (2008). Assessment of Evapotranspiration and Soil Moisture Content across Different Scales of Observation. *Sensor 2008*. 8, 70-117.
- von Randow, C., Manzi, A. O., Kruijt, B., de Oliveira, P. J., Zanchi, F. B., et al. (2004). Comparative Measurements and Seasonal Variations in Energy and Carbon Exchange Over Forest and Pasture in South West Amazonia. *Theor. Appl. Climatol.* 78, 5–26.
- Vrugt, J.A., Gupta, H.V., Bouten, W. dan Sorooshian, S. (2003). A Shuffled Complex Evolution Metropolis Algorithm for Optimization and Uncertainty

- Assessment of Hydrologic Model Parameters. *Water Resource Research*. 39, 1201.
- Wagener, T. dan Wheater, H.S. (2006). Parameter Estimation and Regionalization for Continuous Rainfall-runoff Models Including Uncertainty. *Journal of Hydrology*. 320(1-2), 132-154.
- Wagener, T. dan Kollat, J. (2007). Numerical and Visual Evaluation of Hydrological and Environmental Models Using the Monte Carlo Analysis Toolbox. *Environmental Model Software*. 22(7), 1021-1033.
- Ward, A.D. dan Elliot W.J. (1995). Dlm. Ward A.D. dan Elliot W.J. (Editors) *Environmental Hydrology*, Lewis Publishers, Boca Raton.
- Wilson, K.B., Hanson, P.J., Mulholland, P.J., Baldocchi, D.D., dan Wullschleger, S.D. (2001). A Comparison of Methods for Determining Forest Evapotranspiration and Its Components: Sap-Flow, Soil Water Budget, Eddy Covariance and Catchment Water Balance. *Agricultural and Forest Meteorology*. 106, 153-168.
- Wong, C.L., Venneker, R., Uhlenbrook, S., Jamil, A.B.M., dan Zhou, Y. (2009). Variability of Rainfall in Peninsular Malaysia. *Hydrol Earth Syst. Sci. Discuss.* 6, 5471-5503.
- Wood, E.F., Sivapalan, M. dan Beven, K.J. (1990). Similarity and Scale in Catchment Storm Response. *Review Geophysics*. 28(1), 1-18.
- WRP (1976). Evaporation in Peninsular Malaysia. *Water Resources Publication No.5*. Malaysia: Jabatan Pengairan dan Saliran, Kementerian Pertanian.
- WRP (1989). Sg Tekam Experimental Basin (July 1977 – June 1986). *Water Resources Publication No.20*. Malaysia: Jabatan Pengairan dan Saliran, Kementerian Pertanian.
- Wylie, B., Johnson, D., Laca, E., Saliendra, N., Gilmanov, T., Reed, B., Tieszen, L., dan Worstell, B. (2003). Calibration of Remotely Sensed, Coarse Resolution NDVI to CO₂ Fluxes in Sagebrush-Steppe Ecosystem. *Remote Sensing Environment*. 85, 243-255.
- Xie, P., dan Arkin, P. A. (1996). Gauge-based Monthly Analysis of Global Land Precipitation from 1971 to 1994. *J. Geophys. Res.* 101, 19 023–19 034.
- Xiang-Hu Li , Qi Zhang, dan Chong-Yu Xu (2012). Suitability of the TRMM Satellite Rainfalls in Driving a Distributed Hydrological Model for Water

- Balance Computations in Xinjiang Catchment, Poyang Lake Basin. *Journal of Hydrology*. 426–427, 28–38.
- Yapo, P.O., Gupta, H.V. dan Sorooshian, S. (1998). Multi-objective Global Optimization for Hydrologic Models. *Journal of Hydrology*. 204(1-4), 83-97.
- Yadav, M., Wagner, T. dan Gupta, H. (2007). Regionalisation of Constraints on Expected Watershed Response Behaviour for Improved Predictions in Ungauged Basins. *Advance Water Resources*.30, 1756-1774.
- Yew Gan, T., Dlamini, E.M. dan Biftu, G.F. (1997). Effects of Model Complexity and Structure, Data Quality, and Objective Functions on Hydrologic Modeling, *Journal of Hydrology*. 192(1-4), 81-103.
- Young, W., Brandis, K. dan Kingsford, R. (2006). Modelling Monthly Streamflows in Two Australian Dryland Rivers: Matching Model Complexity to Spatial Scale and Data Availability. *Journal of Hydrology*. 331(1-2), 242-256.
- Zhang, L., Dawers, W.R., dan Walker, G.R. (2001). Response of Mean Annual Evapotranspiration to Vegetation Changes at Catchment Scale. *Water Resources Research*. 37, 701-708.
- Zwart, S.J. dan Bastiaanssen, W.G.M. (2007). SEBAL for Detecting Spatial Variation of Water Productivity and Scope for Improvement in Eight Irrigated Wheat Systems. *Agricultural Water Management*. 89, 287-296.