

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Analisa Pengaruh Perubahan Tataguna Lahan di Sub Das Brantas Hulu Terhadap Fluktuasi Debit di AWLR Gadang Menggunakan HEC-HMS”**.

Penyusunan Skripsi ini merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik. Pada kesempatan ini penulis juga ingin mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah terlibat baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian tugas akhir ini, antara lain :

1. Bapak Dr. Eng. Donny Harisuseno, ST., MT. dan Bapak Dr. Ery Suhartanto, ST., MT. selaku pembimbing I dan II yang telah menyumbangkan tema/ide judul pada skripsi ini sekaligus memberikan waktu luang untuk membimbing dan mengarahkan jalannya pengerjaan skripsi ini sampai selesai.
2. Ibu Dr. Ir. Rispiningati, M. Eng dan Bapak Hari Siswoyo, ST., MT selaku dosen penguji, yang telah berkenan meluangkan waktu untuk memberikan masukan dan kritik dalam penyempurnaan skripsi ini.
3. Bapak Endro dan Ibu Suriani, sebagai orang tua penulis yang selalu memberikan doa dan dukungan moril dan materiil serta yang tak henti-hentinya untuk penulis.
4. Mas Rahmad Junaidi, ST., MT yang telah menyumbangkan ilmu dan membimbing pengerjaan skripsi ini sampai selesai.
5. Reza Mifta Kautsar atas dukungan serta doanya, teman-teman Teknik Pengairan khususnya angkatan 2008 dan teman-teman PID dan dan pihak-pihak terkait lainnya yang tidak dapat disebutkan satu persatu atas bantuan dan dukungan, ide maupun saran yang membangun dalam pengerjaan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu saran dan kritik yang bersifat membangun sangat diharapkan untuk menyempurnakan tugas akhir ini. Akhir kata dari penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua. Amin.

Malang, Januari 2013

Penulis



ABSTRAK

ANNISA SUKASTONO PUTRI, 0810640003, 2008, Jurusan Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang. Analisa Pengaruh Perubahan Tataguna Lahan Di Sub DAS Brantas Hulu Terhadap Fluktuasi Debit Di AWLR Gadang Menggunakan HEC-HMS. Dosen Pembimbing: Dr. Eng. Donny Harisuseno, ST., MT dan Dr. Ery Suhartanto, ST., MT.

Perkembangan jumlah penduduk di sekitar wilayah DAS memiliki potensi terhadap kerusakan lingkungan termasuk terhadap kelestarian sumberdaya lahan dikarenakan meningkatnya intensitas pemanfaatan lahan dan air yang bertambah tinggi. Perubahan tataguna lahan mengarah ke bertambahnya lahan untuk permukiman dan lahan pertanian. Perubahan tersebut akan berpengaruh terhadap besarnya debit di sungai Das Brantas Hulu akibat adanya siklus hidrologi. Oleh karena itu, diperlukan sebuah kajian tentang sampai sejauh mana dampak yang ditimbulkan akibat perubahan tata guna lahan di Sub DAS Brantas Hulu terhadap fluktuasi debit banjir. Kajian ini akan memiliki hasil yang lebih baik dengan menerapkan suatu teknologi yang merupakan suatu model hidrologi yang selalu mengacu pada konsep siklus hidrologi serta berbasiskan sistem informasi geografis (GIS), sehingga digunakan *software HEC-HMS 3.5*. *Software HEC-HMS 3.5* merupakan software yang digunakan untuk simulasi perhitungan limpasan permukaan serta penelusuran banjir pada suatu DAS, perhitungan aliran dasar (*baseflow*), evaluasi bangunan pengendali air serta presipitasi air hujan.

Lokasi studi yaitu di Sub DAS Brantas Hulu yang memiliki luas DAS 78270.81 ha. Dalam studi ini dikaji besar nilai debit didasarkan pada perubahan tataguna lahan pada dua tahun, yaitu tahun 2001 dan tahun 2006. Parameter-parameter dari kondisi Sub DAS Brantas Hulu dari 2 tahun tersebut akan diproses oleh model HEC-HMS 3.5 untuk menghasilkan debit pada titik outlet. Titik *outlet* yang digunakan yaitu AWLR Gadang.

Perubahan luas tataguna lahan dari tahun 2001 ke tahun 2006 meliputi pemukiman bertambah 0,71%, sawah irigasi berkurang 0,49%, tanah ladang bertambah 4,60%, padang rumput berkurang 0,02%, kebun bertambah 4,66%, semak belukar berkurang 0,16%, dan hutan berkurang 9,29%. Berdasarkan hasil *running* dari *software HEC-HMS 3.5*, debit rata-rata tahunan debit yang dihasilkan pada tahun 2001 sebesar 31.262 m³/s dan 2006 sebesar 46.022 m³/s, dan terjadi kenaikan nilai debit dari tahun 2001-2006 sebesar 47,199% serta tahun 2006-2010 naik sebesar 36,824%.

Kata kunci : Tataguna lahan, debit, HEC-HMS 3.5, Simulasi.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	5
1.4. Rumusan Masalah	5
1.5. Tujuan dan Manfaat	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Daerah Aliran Sungai (DAS)	7
2.1.1. Pengertian Daerah Aliran Sungai (DAS)	7
2.1.2. Hidrologi dan Ekosistem DAS	8
a. Siklus Hidrologi	8
b. Ekosistem DAS	9
2.2. Analisa Hidrologi	10
2.2.1. Menambah Data Curah Hujan yang Hilang Dalam Tahun Tertentu Dengan Metode <i>Ratio Normal</i>	10
2.2.2. Uji Konsistensi Data	11
2.2.3. Curah Hujan Rerata Daerah	13
2.3. Limpasan Permukaan	14
2.3.1. SCS Curve Number	16
2.4. Hidrograf Satuan Sintetis	17
2.4.1. Hidrograf Satuan Sintetis <i>Snyder</i>	18
2.5. Sistem Informasi Geografis (SIG)	19
2.5.1. Definisi Sistem Informasi Geografis (SIG)	19
2.5.2. Komponen Sistem Informasi Geografis (SIG)	20
2.5.3. Pengolahan Data dengan SIG	21
a. Pemasukan Data	21
b. Model Permukaan Digital (<i>Digital Terrain Model/DTM</i>)	21

c. Pemodelan Daerah Aliran Sungai	23
2.5.4. Istilah-Istilah dalam SIG	26
2.6. Citra Penginderaan Jauh Satelit	27
2.7. Data Landsat	28
2.8. Interpretasi Citra Secara Digital	29
2.8.1. Pra Pengolahan Data	29
a. Koreksi Radiometrik Citra	29
b. Koreksi Geometrik	31
2.8.2. Pembuatan Citra Komposit	31
a. Registrasi Citra	32
b. <i>Resampling</i> atau Fusi Citra	32
2.8.3. Penajaman Citra	32
2.8.4. Klasifikasi Citra	33
a. <i>Supervised Classification</i>	33
b. <i>Unsupervised Classification</i>	33
2.9. Perangkat Lunak ER Mapper	33
2.10. Pemodelan Batas DAS dengan Program AVSWAT	34
2.11. HEC-HMS 3.5	36
2.11.1. Definisi HEC-HMS 3.5	36
2.11.2. Komponen HEC-HMS 3.5	36
2.11.3. Langkah Penggunaan HEC-HMS 3.5	37
2.11.4. Kalibrasi HEC-HMS 3.5	41
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	43
3.1. Lokasi Studi	43
3.2. Sistematika Pengerjaan Studi	44
3.2.1. Data yang Diperlukan	44
3.3. Langkah-langkah Studi	45
3.3.1. Pengolahan DEM (<i>Digital Elevation Model</i>)	45
3.3.2. Pemodelan Daerah Aliran Sungai (<i>Watershed Modelling</i>) ...	45
3.3.3. Interpretasi Peta Tata Guna Lahan dengan ER Mapper 7.0.	46
3.3.4. Pengolahan Data dengan HEC-HMS 3.5	47
3.4. Langkah-langkah Penelitian	49
BAB IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN	
4.1. Penentuan Batas DAS	53

4.2. Pengolahan Data Hujan	58
4.2.1. Lokasi Stasiun Hujan	59
4.2.2. Uji Konsistensi Data Hujan	59
4.2.3. Hujan Rerata Daerah	65
4.3. Interpretasi Citra Satelit	66
4.3.1. Data Citra	66
4.3.2. Pembuatan Komposit Citra dan Penajaman Citra	67
4.3.3. Koreksi Geometrik	68
4.3.4. Pemotongan Citra	68
4.3.5. Klasifikasi Citra	70
4.3.6. Vektorisasi Hasil Klasifikasi dan Editing Hasil Vektorisasi ..	72
4.4. Tataguna Lahan dan Jenis Tanah	73
4.4.1. Peta Tataguna Lahan	73
4.4.2. Peta Jenis Tanah	74
4.5. Perubahan Tataguna Lahan Hasil Interpretasi Citra	74
4.6. Pengolahan Data HEC – HMS	79
4.6.1. Pengolahan Data Spasial	79
4.6.2. Input Data HEC – HMS	87
4.6.2.1. <i>Creating Project</i>	87
4.6.2.2. <i>Basin Model Attributes</i>	88
4.6.2.3. <i>Input Data Meteorologic Model</i>	88
4.6.2.4. <i>Input Data Hujan</i>	89
4.6.2.5. <i>Input Control Specification</i>	90
4.6.2.6. <i>Parameterisasi Basin Model</i>	91
4.6.3. <i>Running Simulation</i>	94
4.6.4. Hasil Model HEC-HMS 3.5 Sebelum Kalibrasi	99
4.6.5. Teknik Kalibrasi Aliran atau Debit Model HEC-HMS	104
4.6.6. Hasil Simulasi Model Setelah Kalibrasi	108
4.7. Uji Konsistensi Hasil Simulasi HEC-HMS	111
4.7.1. Analisis Regresi	111
4.7.2. Metode Koefisien Performance	113
4.8. Analisa Perubahan Tataguna Lahan terhadap Debit pada <i>Outlet AWLR</i> <i>Gadang</i>	118
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	120

5.1. Kesimpulan 120

5.2. Saran 121

DAFTAR PUSTAKA 122

LAMPIRAN 1 123

LAMPIRAN 2 134

LAMPIRAN 3 145

LAMPIRAN 4 156

LAMPIRAN 5 167

LAMPIRAN 6 178

LAMPIRAN 7 189

LAMPIRAN 8 200



DAFTAR TABEL

No	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Bilangan kurva air larian (CN) untuk kondisi hujan awal II pada tanah pertanian yang ditanami (SCS Engineering Division, 1986)	16
Tabel 2.2	Bilangan kurva air larian (CN) untuk kondisi hujan awal II pada tanah pertanian yang lain (SCS Engineering Division, 1986)	17
Tabel 2.3	Karakteristik ETM+ Landsat	29
Tabel 2.4	Band-band pada Landsat-TM dan kegunaannya (Lillesand dan Kiefer, 1997)	30
Tabel 2.5	Nilai Parameter untuk Kalibrasi Model HEC-HMS	42
Tabel 4.1	Lokasi Stasiun Hujan	59
Tabel 4.2	Uji Konsistensi Stasiun Hujan Poncokusumo	61
Tabel 4.3	Uji Konsistensi Stasiun Hujan Pujon	62
Tabel 4.4	Uji Konsistensi Stasiun Hujan Wagir	63
Tabel 4.5	Uji Konsistensi Stasiun Hujan Tangkil	64
Tabel 4.6	Bobot poligon Thiessen pada masing-masing stasiun hujan	65
Tabel 4.7	Luasan Tataguna Lahan Sub DAS Brantas Hulu	73
Tabel 4.8	Luasan Jenis Tanah Sub DAS Brantas Hulu	74
Tabel 4.9.	Perubahan Tataguna Lahan Tahun 2001-2006	79
Tabel 4.10.	Nilai Input Parameter <i>Initial Abstraction</i>	92
Tabel 4.11.	Nilai Input Parameter <i>SCS Curve Number</i> .	93
Tabel 4.12.	Nilai Input Parameter <i>Imperviousness</i> .	94
Tabel 4.13.	Nilai Input Parameter <i>Basin Transform (Snyder)</i> .	94
Tabel 4.14.	Nilai Input Parameter <i>Routing Model (Muskingum Routing)</i> .	95
Tabel 4.15.	Nilai Input Parameter <i>Baseflow (Recession)</i> .	95
Tabel 4.16.	Perbandingan Debit Model HEC-HMS 3.5 dengan Debit AWLR Gadang Sebelum Kalibrasi Tahun 2001	101
Tabel 4.17.	Perbandingan Debit Model HEC-HMS 3.5 dengan Debit AWLR Gadang Sebelum Kalibrasi Tahun 2006	102
Tabel 4.18.	Perbandingan Debit Model HEC-HMS 3.5 dengan Debit AWLR Gadang Sebelum Kalibrasi Tahun 2010	103
Tabel 4.19.	Parameter yang berpengaruh HEC-HMS	105
Tabel 4.20.	Nilai Input Parameter <i>Initial Abstraction</i> .	106

Tabel 4.21. Nilai Input Parameter <i>SCS Curve Number</i>	106
Tabel 4.22. Nilai Input Parameter <i>Imperviousness</i> .	107
Tabel 4.23. Nilai Input Parameter <i>Basin Transform (Snyder)</i> .	107
Tabel 4.24. Nilai Input Parameter <i>Routing Model (Muskingum Routing)</i> .	108
Tabel 4.25. Nilai Input Parameter <i>Baseflow (Recession)</i> .	108
Tabel 4.26. Hasil simulasi debit HEC-HMS 3.5 sesudah kalibrasi Tahun 2001	108
Tabel 4.27. Hasil simulasi debit HEC-HMS 3.5 sesudah kalibrasi Tahun 2006	109
Tabel 4.28. Hasil simulasi debit HEC-HMS 3.5 sesudah kalibrasi Tahun 2010	110
Tabel 4.29. Nilai Cp dan Keterangan	113
Tabel 4.30. Nilai Koefesien Performance (CP) Tahun 2001	114
Tabel 4.31. Nilai Koefesien Performance (CP) Tahun 2006	114
Tabel 4.32. Nilai Koefesien Performance (CP) Tahun 2010	115
Tabel 4.33. Tabel Rekap Hasil Perhitungan Debit Model HEC-HMS Tahun 2001-2010	115
Tabel 4.34. Tabel Rekap Debit AWLR Gadang Tahun 2001-2010	116
Tabel 4.35. Luas Tataguna Lahan Tahun 2001, 2006, dan 2010	117
Tabel 4.36. Prosentase Perubahan Luas Tataguna Lahan Tahun 2001, 2006, dan 2010	117
Tabel 4.37. Rekap Hasil Perhitungan Debit Model HEC-HMS Tahun 2001, 2006, dan 2010	118
Tabel 4.38. Rekap AWLR Gadang HEC-HMS Tahun 2001, 2006, dan 2010	119

DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Halaman
Gambar 1.1	Kondisi Tata Guna Lahan di DAS Brantas Bagian Hulu	3
Gambar 1.2	Perubahan Kondisi Hutan di Sub DAS Brantas Hulu	4
Gambar 2.1	Daur Hidrologi	9
Gambar 2.2	Komponen-Komponen ekosistem DAS Hulu	9
Gambar 2.3	Fungsi Ekosistem DAS	11
Gambar 2.4	Lengkung Massa Ganda	12
Gambar 2.5	Metode Poligon Thiessen	14
Gambar 2.6	Grafik Hubungan Limpasan Permukaan dengan Curah Hujan pada Metode <i>SCS Curve Number</i>	15
Gambar 2.7	Komponen Sistem Informasi Geografis	21
Gambar 2.8	Tipe Model Digital Elevation Model (DEM)	22
Gambar 2.9	Penentuan Arah Aliran pada Grid DEM	23
Gambar 2.10	Penentuan Akumulasi Aliran (<i>Flow Accumulation</i>)	24
Gambar 2.11	Penentuan Jaringan Sungai	25
Gambar 2.12	Contoh Model DAS dari Suatu DEM	26
Gambar 2.13	Tampilan E.R. Mapper	33
Gambar 2.14	Tipe Data <i>Array</i> pada DEM Mempresentasikan Elevasi	29
Gambar 2.15	Komponen HEC-HMS dalam Merepresentasikan Proses Limpasan pada Sebuah DAS	36
Gambar 2.16	Jaringan dan Bentuk DAS pada HEC-HMS	37
Gambar 2.17	Input Data Hujan pada HEC-HMS	38
Gambar 2.18	Input Data Masing-Masing Sub Basin HEC-HMS	38
Gambar 2.19	Menentukan Batasan Waktu <i>Running</i> Model HEC-HMS	39
Gambar 2.20	Memilih Konfigurasi <i>Running</i> model	39
Gambar 2.21	<i>Running</i> Model HEC-HMS	40
Gambar 2.22	Hasil <i>Running</i> Model HEC-HMS	40
Gambar 2.23	Skema Prosedur Kalibrasi Model HEC-HMS	41
Gambar 2.24	Contoh Grafik Sebaran Nilai Debit Banjir AWLR dengan Model HEC-HMS	32
Gambar 3.1	Peta Lokasi Studi	43
Gambar 3.2	Peta DAS Brantas dan Sub DAS Brantas Hulu	44

Gambar 3.3	Diagram Alir Pengerjaan Skripsi	48
Gambar 3.4	Diagram Alir Perubahan Citra Landsat Menjadi Peta Tata Guna Lahan	49
Gambar 3.5	Bagan Alir Pengolahan Data Dengan ArcView-GIS	50
Gambar 3.6	Bagan Alir Analisa Debit Pemodelan Menggunakan HEC-HMS	51
Gambar 4.1	Tampilan peta kontur Sub DAS Brantas Hulu	53
Gambar 4.2	Tampilan proses editing	54
Gambar 4.3	Tampilan <i>CAD2Shape</i>	55
Gambar 4.4	Tampilan <i>DEM</i> dalam format <i>TIN</i>	56
Gambar 4.5	Tampilan <i>DEM</i> dalam format <i>grid</i>	56
Gambar 4.6	Tampilan Hasil Pendefinisian Sungai dan outlet di DAS Studi	57
Gambar 4.7	Tampilan Batas DAS	58
Gambar 4.8	Peta Lokasi Stasiun Hujan dan AWLR Gadang	60
Gambar 4.9	Grafik Uji Konsistensi Stasiun Hujan Poncokusumo	61
Gambar 4.10	Grafik Uji Konsistensi Stasiun Hujan Pujon	62
Gambar 4.11	Grafik Uji Konsistensi Stasiun Hujan Wagir	63
Gambar 4.12	Grafik Uji Konsistensi Stasiun Hujan Tangkil	64
Gambar 4.13	Peta Sebaran Lokasi Stasiun Hujan dan Daerah Pengaruh Polygon Thiessen Sub DAS Brantas Hulu	65
Gambar 4.14	Citra Landsat TM Tahun 2001	66
Gambar 4.15	Citra Landsat TM Tahun 2006	66
Gambar 4.16	Tampilan Komposit Citra Landsat ETM 7 Tahun 2001 RGB 5-4-2	67
Gambar 4.17	Tampilan Komposit Citra Landsat ETM 7 Tahun 2001 RGB 5-4-2	67
Gambar 4.18	Citra Landsat ETM 7 Tahun 2001 Bagian Atas	68
Gambar 4.19	Citra Landsat ETM 7 Tahun 2001 Bagian Bawah	69
Gambar 4.20	Citra Landsat ETM 7 Tahun 2006 Bagian Kanan	69
Gambar 4.21	Citra Landsat ETM 7 Tahun 2006 Bagian Kiri	70
Gambar 4.22	Pembuatan Polygon Untuk Masing-Masing Sampel Tataguna Lahan	72
Gambar 4.23	Tampilan Dialog Box <i>Supervised Classification</i>	72
Gambar 4.24	Tampilan Hasil Vektorisasi Citra 2001	75
Gambar 4.25	Peta Penggunaan Lahan Tahun 2001 Sub DAS Brantas Hulu	76
Gambar 4.26	Peta Penggunaan Lahan Tahun 2006 Sub DAS Brantas Hulu	77
Gambar 4.27	Peta Jenis Tanah Sub DAS Brantas Hulu	78

Gambar 4.28. Perubahan Tataguna Lahan pada Sub Basin dari Tahun 2001-2006	79
Gambar 4.29 Perbandingan Luas Tataguna Lahan di Daerah Studi Tahun 2001-2006	80
Gambar 4.30. Tampilan <i>Demfill</i> Sub Das Brantas Hulu	81
Gambar 4.31. Tampilan Hasil Proses <i>Fill Sinks</i> Sub Das Brantas Hulu	81
Gambar 4.32. Tampilan hasil Proses <i>Flow Direction</i> Sub DAS Brantas Hulu	82
Gambar 4.33. Tampilan hasil Proses <i>Flow Accumulation</i> Sub DAS Brantas Hulu	82
Gambar 4.34. Tampilan hasil Proses <i>Stream Definition</i> Sub DAS Brantas Hulu	83
Gambar 4.35. Tampilan hasil Proses <i>Stream Segmentation</i> Sub DAS Brantas Hulu	83
Gambar 4.36. Tampilan hasil Proses <i>Watershed Delineation</i> Sub DAS Brantas Hulu	84
Gambar 4.37. Tampilan hasil Proses <i>Watershed Polygon Processing</i> Sub DAS Brantas Hulu	84
Gambar 4.38. Tampilan hasil Proses <i>Stream Segment Processing</i> Sub DAS Brantas Hulu	85
Gambar 4.39. Tampilan hasil Proses <i>Watershed Agregation</i> Sub DAS Brantas Hulu	85
Gambar 4.40. Tampilan Pendefinisian Outlet Sub DAS Brantas Hulu	86
Gambar 4.41. Tampilan <i>Generate Project</i> .	86
Gambar 4.42. Tampilan Hasil <i>Project Area</i> dengan AWLR Gadang	87
Gambar 4.43. Tampilan Hasil Proses <i>Basin Characteristics</i> .	87
Gambar 4.44. Tampilan Hasil Proses HMS	88
Gambar 4.45 Tampilan pada HEC- HMS 3.5	88
Gambar 4.46 Tampilan hasil <i>import map file</i> batas DAS Brantas Hulu	89
Gambar 4.47 Tampilan pada <i>Meteorologic Model</i>	89
Gambar 4.48 Tampilan pada <i>Meteorologic Model Subbasin list</i>	90
Gambar 4.49 Tampilan pada <i>Precipitation Gages</i> stasiun hujan yang bersangkutan	90
Gambar 4.50 Tampilan pada Input Data pada <i>Precipitation Gages</i>	91
Gambar 4.51 Tampilan pada Input Data pada <i>Control Specification</i>	92
Gambar 4.52 Tampilan kotak <i>Create a Simulation Run (Step 1 of 4)</i>	96
Gambar 4.53 Tampilan kotak <i>Create a Simulation Run (Step 2 of 4)</i>	96
Gambar 4.54 Tampilan kotak <i>Create a Simulation Run (Step 3 of 4)</i>	97

Gambar 4.55 Tampilan kotak <i>Create a Simulation Run (Step 4 of 4)</i>	97
Gambar 4.56 Tampilan Proses Memulai Simulasi.	98
Gambar 4.57 Tampilan Proses <i>Running Simulation</i> selesai.	98
Gambar 4.58 Tampilan <i>Time Series Result</i> .	99
Gambar 4.59 Tampilan <i>Summary Result</i> .	99
Gambar 4.60 Tampilan <i>Graph</i> .	100
Gambar 4.61. Grafik Debit Model terhadap Data Terukur Tahun 2001	101
Gambar 4.62. Grafik Debit Model terhadap Data Terukur Tahun 2006	102
Gambar 4.63. Grafik Debit Model terhadap Data Terukur Tahun 2010	103
Gambar 4.64. Grafik Debit Model terhadap Data Terukur Tahun 2001 Setelah Kalibrasi	109
Gambar 4.65. Grafik Debit Model terhadap Data Terukur Tahun 2006 Setelah Kalibrasi	110
Gambar 4.66. Grafik Debit Model terhadap Data Terukur Tahun 2010 Setelah Kalibrasi	111
Gambar 4.67 Uji Korelasi Debit Model dengan Debit AWLR Tahun 2001	112
Gambar 4.68 Uji Korelasi Debit Model dengan Debit AWLR Tahun 2006	112
Gambar 4.69. Uji Korelasi Debit Model dengan Debit AWLR Tahun 2010	113
Gambar 4.70. Grafik Perbandingan Debit Hasil Rekap Model dan AWLR Gadang Tahun 2001-2010	116
Gambar 4.71. Perbandingan Luas Tataguna Lahan di Daerah Studi Tahun 2001, 2006, dan 2010	118
Gambar 4.72. Grafik Perbandingan Debit Hasil Rekap Model dan AWLR Gadang Tahun 2001, 2006, dan 2010	119