



DAMPAK PERUBAHAN PENGGUNAAN DAN TUTUPAN LAHAN TERHADAP KUANTITAS RESAPAN AIR TANAH DI KOTA SURAKARTA, PROVINSI JAWA TENGAH

SULISTIANI



PROGRAM STUDI KLIMATOLOGI TERAPAN
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Dampak Perubahan Penggunaan dan Tutupan Lahan terhadap Kuantitas Resapan Air Tanah di Kota Surakarta, Provinsi Jawa Tengah” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2024

Sulistiani
G2501212011

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



RINGKASAN

SULISTIANI. Dampak Perubahan Penggunaan dan Tutupan Lahan terhadap Kuantitas Resapan Air Tanah di Kota Surakarta Provinsi Jawa Tengah. Dibimbing oleh I PUTU SANTIKAYASA, MUH. TAUFIK dan RACHMAT FAJAR LUBIS.

Kota Surakarta memiliki kawasan resapan air dengan kondisi kritis seluas 2.090 ha atau 48% dari total luas Kota Surakarta (DLH Kota Surakarta 2022). Kondisi dari kritisnya kawasan resapan tersebut dipengaruhi oleh masifnya perubahan penggunaan lahan di Kota Surakarta. Untuk mengetahui kuantitas resapan air tanah pada kondisi saat ini dan masa depan menggunakan model SWAT (*Soil and Water Assessment Tools*). Dengan demikian, diperlukannya kajian yang membahas proyeksi perubahan *Land Use Land Cover (LULC)* terhadap resapan air hingga tahun 2040 sesuai dengan Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Surakarta 2021-2041 supaya pemerintah dapat mengambil kebijakan dalam menanggapi permasalahan tersebut. Perubahan *LULC* dan kondisi resapan air perlu dimonitoring guna untuk mendukung penataan ruang dan kondisi ketersediaan air tanah di masa yang akan datang. Kebaharuan serta keunikan dari penelitian analisa pengaruh *LULC* secara multitemporal terhadap kondisi resapan air di Kota Surakarta kali ini dapat dilihat pada tujuan dan metode yang digunakan. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengkuantifikasi dampak peningkatan kawasan terbangun yang kedep terhadap imbuhan air tanah di Kota Surakarta. Sehubungan dengan tidak adanya penelitian sebelumnya yang melakukan proyeksi perubahan dan tutupan lahan di masa depan dengan model CA-ANN dan proyeksi kuantitas resapan air tanah dengan menggunakan model SWAT.

Penelitian ini dilakukan dengan enam tahapan yaitu: (1) persiapan dan pengolahan data input; (2) simulasi model CA-ANN untuk proyeksi perubahan *LULC* dengan plugin MOLUSCE; (3) proyeksi iklim; (4) simulasi SWAT untuk kondisi histori; (5) kalibrasi dengan SWAT-CUP menggunakan data debit observasi sebagai pembanding; dan (6) simulasi SWAT untuk kondisi skenario. Data yang digunakan pada penelitian ini yaitu data tutupan lahan tahun 2000, 2010, dan 2020 dari Landsat 7 dan Landsat 8, data parameter iklim seperti curah hujan, suhu, radiasi matahari, kecepatan angin, dan kelembaban relatif baik kondisi historis maupun proyeksi, dan data fisik seperti DEM, kemiringan lahan, dan jenis tanah.

Hasil identifikasi dari perubahan *LULC* menunjukkan perubahan yang besar, terutama pada jenis *LULC* Kawasan terbangun dan vegetasi, baik pada periode historis, eksisting, maupun proyeksi. Penggunaan model CA-ANN dalam proses proyeksi perubahan *LULC* dapat mensimulasikan dengan baik yang ditunjukkan pada nilai akurasi kappa > 0,61 yang masuk dalam kategori baik. Perubahan *LULC* di Kota Surakarta tahun 2000 – 2020 berdasarkan hasil CA-ANN menunjukkan adanya penurunan luasan yang dominan pada jenis *LULC* kawasan vegetasi sebesar 2,27 km² dan badan air meningkat sebesar 0,15 km². Sementara untuk Kawasan terbangun seperti permukiman dan badan jalan mengalami kenaikan luasan secara linier sebesar 1,27 km² dan 0,85 km². Sedangkan untuk hasil prediksi *LULC* di Kota Surakarta menunjukkan bahwa terjadi peningkatan *LULC* untuk area terbangun dengan total luas 74,40% pada tahun 2030 dan 75,30% pada tahun 2040. Sementara itu, area vegetasi mengalami penurunan sebesar 1%.



Hasil proyeksi iklim dengan MMA menunjukkan adanya kenaikan nilai intensitas hujan dari periode *baseline* hingga ke proyeksi baik dari skenario SSP2-45 maupun SSP5-85. Penggunaan model SWAT di DAS Bengawan Solo Hulu telah layak digunakan, hal ini didukung dengan hasil kalibrasi yang dilakukan di SWAT-CUP dengan algoritma SUFI-2 menggunakan data debit dari pos pemantauan air Jurug Kota Surakarta yang dilakukan telah masuk ke dalam kriteria layak digunakan berdasarkan nilai R^2 dan NSE. Nilai R^2 yang didapatkan yaitu 0,80 sedangkan untuk NSE sebesar 0,59.

Selain itu, hasil kuantitas resapan air tanah baik kondisi historis maupun proyeksi dari kedua jenis skenario yang digunakan yaitu SSP2-45 dan SSP5-85 menunjukkan kuantitas resapan yang semakin menurun. Skenario proyeksi iklim SSP5-85 menghasilkan nilai resapan yang lebih rendah dibanding dengan skenario SSP2-45 yang berbanding lurus dengan hasil proyeksi curah hujan. Penurunan kondisi resapan air tanah hasil simulasi ini berbanding lurus dengan adanya peningkatan kawasan terbangun serta menurunnya kawasan vegetasi di Kota Surakarta.

Kata kunci: CA-ANN, Perubahan Iklim, Penginderaan Jauh, SWAT



SUMMARY

SULISTIANI. Impact of Land Use and Cover Change on the Quantity of Groundwater Infiltration in Surakarta City, Central Java Province. Supervised by I PUTU SANTIKAYASA, MUH. TAUFIK dan RACHMAT FAJAR LUBIS.

Surakarta City has a critical water catchment area of 2090 ha or 48% of the total area of Surakarta City (DLH Surakarta City 2022). The critical condition of the infiltration area is influenced by the massive land use change in Surakarta City. To determine the quantity of groundwater infiltration in current and future conditions using the SWAT (Soil and Water Assessment Tools) model. Thus, there is a need for a study that discusses the projection of LULC changes on water infiltration until 2040 in accordance with the Surakarta City Spatial Plan 2021-2041 so that the government can take policies in response to these problems. LULC changes and water infiltration conditions need to be monitored in order to support spatial planning and groundwater availability conditions in the future. The novelty and uniqueness of this research in analysing the multitemporal influence of LULC on water catchment conditions in Surakarta City can be seen in the objectives and methods used. The objective of this research is to quantify the impact of increasing impervious built-up area on groundwater recharge in Surakarta City. Due to the absence of previous research, the projections of future land cover and change using the CA-ANN model and the projection of groundwater recharge quantity using the SWAT model were conducted.

This research was conducted in six stages, namely: (1) preparation and processing of input data; (2) CA-ANN model simulation for LULC change projection with MOLUSCE plugin; (3) climate projection; (4) SWAT simulation for historical conditions; (5) calibration with SWAT-CUP using observation discharge data as a comparison; and (6) SWAT simulation for scenario conditions. The data used in this study are land cover data in 2000, 2010, and 2020 from Landsat 7 and Landsat 8, climate parameter data such as rainfall, temperature, solar radiation, wind speed, and relative humidity both historical and projected conditions, and physical data such as DEM, land slope, and soil type.

The identification results of LULC changes showed very significant, especially in the types of LULC in built-up areas and vegetation, both in the historical, existing and projection periods. The use of CA-ANN model in the process of LULC change projection can simulate well which is shown in the value of kappa accuracy $> 0,61$ which is included in the good category. LULC changes in Surakarta City in 2000 - 2020 based on CA-ANN results showed a significant decrease in the area of LULC types of green areas by $1,97 \text{ km}^2$ and water bodies increased by $0,15 \text{ km}^2$. While for built-up areas such as settlements and road bodies experienced a linear increase in area by $1,27 \text{ km}^2$ and $0,85 \text{ km}^2$. Meanwhile, the prediction of LULC in Surakarta City shows that there is an increase in LULC for built-up areas with a total area of 74,40% in 2030 and 75,30% in 2040. Meanwhile, the vegetation area decreased by 1%.

The results of climate projections with the MMA show a increase in the value of rain intensity from the baseline period to the projection of both the SSP2-45 and SSP5-85 scenarios. The use of the SWAT model in the Upper Bengawan Solo Watershed is feasible, this is supported by the results of the calibration carried

out in SWAT-CUP with the SUFI-2 algorithm using discharge data from the Jurug water monitoring post of Surakarta City which is carried out has entered into the criteria worthy of use based on the value of R^2 and NSE. The R^2 value obtained is 0,80 while for NSE is 0,59.

In addition, the results of the quantity of groundwater infiltration in both historical and projected conditions from both types of scenarios used, namely SSP2-45 and SSP5-85, show a decreasing quantity of infiltration. The SSP5-85 climate projection scenario produces a lower infiltration value compared to the SSP2-45 scenario which is directly proportional to the results of rainfall projections. The decrease in groundwater infiltration conditions from this simulation is directly proportional to the increase in built-up areas and the decrease in green areas in Surakarta City.

Keywords: CA-ANN, Climate Change, Remote Sensing, SWAT

@Hak cipta milik IPB University

IPB University





- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2024
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



DAMPAK PERUBAHAN PENGGUNAAN DAN TUTUPAN LAHAN TERHADAP KUANTITAS RESAPAN AIR TANAH DI KOTA SURAKARTA, PROVINSI JAWA TENGAH

SULISTIANI

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Klimatologi Terapan

**PROGRAM STUDI KLIMATOLOGI TERAPAN
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Tim Penguji pada Ujian Tesis:
1. Prof. Dr. Ir. Suria Darma Tarigan, M.Sc



IPB University
— Bogor Indonesia —

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Judul Tesis : Dampak Perubahan Penggunaan dan Tutupan Lahan terhadap Kuantitas Resapan Air Tanah di Kota Surakarta, Provinsi Jawa Tengah

Nama : Sulistiani
NIM : G2501212011

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. I Putu Santikayasa, S.Si., M.Sc

Pembimbing 2:
Dr. Muh. Taufik, S.Si., M.Si

Pembimbing 3:
Dr. Sci. Rachmat Fajar Lubis

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Tania June, M.Sc
NIP 19630628 198803 2 001
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam :
Dr. Berry Juliandi, S.Si., M.Si
NIP 19780723 200701 1 001

Tanggal Ujian: 13 Juni 2024

Tanggal Lulus: _____

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan April 2023 sampai bulan Desember 2024 ini ialah Ilmu Keteknikan, Teknologi Informasi, dan Perencanaan dengan judul “Dampak Perubahan Penggunaan dan Tutupan Lahan terhadap Kuantitas Resapan Air Tanah di Kota Surakarta, Provinsi Jawa Tengah”.

Penulisan tesis ini tidak terlepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penghargaan dan ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Ketua komisi pembimbing Bapak Dr. I Putu Santikayasa, M.Sc, pembimbing 2 Bapak Dr. Muh. Taufik, M.Si, dan pembimbing 3 Bapak Dr. Sci. Achmat Fajar Lubis yang telah membimbing, mendukung, memotivasi serta banyak memberi saran dalam menyelesaikan tesis ini.
2. Moderator seminar hasil Ibu Prof. Endang Warsiki, S.T.P., M.Si., penguji luar komisi pembimbing Bapak Prof. Dr. Ir. Suria Darma Tarigan, M.Sc serta Ibu Prof. Dr. Tania June, M.Sc selaku Kaprodi yang telah memberikan banyak arahan dan masukan dalam seminar dan ujian tesis.
3. Badan Riset Inovasi Nasional (BRIN) yang telah membiayai pendidikan penulis dalam menempuh pendidikan S-2 serta memberi kesempatan dalam program Research Assistant.
4. Seluruh dosen dan staf Prodi Klimatologi Terapan Departemen GFM IPB serta mas Ben Andaru selaku admin pascasarjana atas ilmu dan motivasi yang telah diberikan selama menjalani studi di Klimatologi Terapan.
5. Kedua orang tua yaitu Ibunda Sri Sawiji dan Ayahanda Triyono serta kedua kakak atas dukungan dan doa yang selalu dipanjatkan untuk keberhasilan penulis.
6. Rekan-rekan mahasiswa Pasca Prodi Klimatologi Terapan yaitu Mas Budi teman dari S-1 yang selalu membantu jalannya penelitian, Mba Dara, Mba Nastiti, Mba Tya, Mba Dinda, Mba Tari, Mas Nizar, Om Step semua senior yang telah mewarnai masa studi dan selalu membantu setiap penulis mengalami kesulitan serta teman-teman *fast track* yang tidak bisa disebutkan satu-satu.

Tesis ini masih jauh dari kata sempurna, namun diharapkan dapat bermanfaat bagi banyak pihak khususnya dalam pengemban kebijakan pengelolaan hidrologi di Kota Surakarta ke depan.

Bogor, Juli 2024

Sulistiani

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	4
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Siklus Hidrologi	5
2.2 Resapan Air Tanah	6
2.3 Model Hidrologi	6
2.4 Soil and Water Assessment Tool (SWAT)	7
2.5 Perubahan Land Use and Land Cover (LULC)	8
2.6 Model Cellular Automata-Artificial Neural Network (CA-ANN)	9
2.7 Proyeksi Iklim	9
III METODE	11
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	11
3.2 Alat dan Bahan	11
3.3 Prosedur Kerja	12
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Model CA-ANN dan Validasi	29
4.2 Hasil Simulasi Model SWAT	33
4.3 Hasil Proyeksi Iklim untuk Simulasi SWAT	35
4.4 Dampak dari Perubahan LULC terhadap Kuantitas Resapan Air Tanah	37
4.5 Dampak dari Proyeksi Perubahan Penggunaan dan Tutupan Lahan terhadap Kuantitas Resapan Air Tanah	38
4.6 Perbandingan Resapan Air Tanah LULC Hasil Model dengan RTRW	42
V SIMPULAN DAN SARAN	43
5.1 Simpulan	43
5.2 Saran	43
LAMPIRAN	51
RIWAYAT HIDUP	59

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR TABEL

1	Penejelasan hubungan antara ketidakpastian parameter masukan dengan hasil prediksi	8
	Data yang digunakan dalam penelitian	12
	Klasifikasi penggunaan dan tutupan lahan berdasarkan kenampakan citra Area <i>LULC</i> dari tahun 2000 – 2020 (km ²)	13
	Perubahan <i>LULC</i> tahun 2000 – 2020 berdasarkan data Kemiringan Lahan Tiap Kecamatan di Kota Surakarta	14
	Rata-rata tahunan data iklim observasi 1991-2020 di Stasiun Klimatologi Pabelan	16
	Evaluasi performa model SWAT (Sumber: Moriasi <i>et al.</i> 2007)	24
	Nilai akhir dari parameter kalibrasi	26
10	Skenario simulasi SWAT untuk kuantitas resapan air tanah pada skenario SSP2-45 dan SSP5-85	26
11	Perbandingan <i>LULC</i> tahun 2020 observasi dan model	28
12	Hasil proyeksi <i>LULC</i> tahun 2030 dan 2040 dengan CA-ANN	30
13	Perbandingan luasan area antara proyeksi <i>LULC</i> dari CA-ANN dengan RTRW Kota Surakarta	30
14	Luas kesesuaian hasil prediksi <i>LULC</i> terhadap RTRW Kota Surakarta	32
15	Hasil perbandingan nilai default dengan hasil parametrisasi	32
16	Parameter yang digunakan dalam proses kalibrasi	34
17	Evaluasi model curah hujan bulanan untuk periode historis (1991-2020)	34
18	Nilai resapan air tanah antara <i>LULC</i> hasil model dengan RTRW	36
		42

DAFTAR GAMBAR

1	Peta Cadangan Air Tanah (CAT) Kota Surakarta (Sumber: DLH Kota Surakarta 2022)	3
2	Siklus Hidrologi (Sumber: Neitsch <i>et al.</i> 2011)	5
3	Ilustrasi hubungan antara ketidakpastian parameter masukan dengan hasil prediksi (Sumber: Rakhman 2013)	8
4	Peta Administrasi Kota Surakarta	11
5	Distribusi spasial <i>LULC</i> tahun: (a) 2000; (b) 2010; dan (c) 2020	15
6	Peta Topografi di Kota Surakarta	17
7	Peta Jenis Tanah di Kota Surakarta	17
8	Topologi jaringan ANN (Sumber: Kusniawati <i>et al.</i> 2020)	18
9	Ilustrasi jaringan MLP (Sumber: Baig <i>et al.</i> 2022)	19
10	Skema koreksi bias curah hujan keluaran model global yang dikoreksi terhadap observasi curah hujan di setiap pos hujan	19
11	Hasil deliniasi DAS Bengawan Solo di Kota Surakarta dengan model SWAT	21
12	Hasil HRU yang terbentuk tahun 2000 – 2040	22
13	Posisi stasiun iklim dan pos hujan	23
14	Debit Sungai Bengawan Solo Pos Jurug tahun 2010 – 2021	23
15	<i>LULC</i> tahun 2020: (a) kondisi observasi (b) kondisi model	24
		29

16	Peta proyeksi perubahan <i>LULC</i> : a) tahun 2030 dan b) tahun 2040	30
17	Grafik perubahan 4 jenis <i>LULC</i>	31
18	Peta prediksi <i>LULC</i> : a) tahun 2030 dan b) 2040	31
19	Kesesuaian hasil prediksi dengan RTRW	33
20	Perbandingan debit observasi dan simulasi tahun 2011-2020 sebelum (kiri) dan setelah (kanan) proses kalibrasi	35
21	Hasil debit observasi dan terkalibrasi tahun 2011-2020	35
22	Perbandingan curah hujan observasi dan skenario sebelum dikoreksi	36
23	Perbandingan curah hujan observasi dan skenario setelah dikoreksi	37
24	Pola spasiotemporal dari resapan air tanah: (a) 2000; (b) 2010; (c) 2020	38
25	Perbandingan antara data hujan <i>baseline</i> dan proyeksi terhadap resapan air tanah di Kota Surakarta	39
26	Diagram boxplot kuantitas resapan air tanah kondisi historis hingga proyeksi di Kota Surakarta	40
27	Pola spasiotemporal kondisi resapan air tanah: (a) 2030_245; (b) 2030_585; (c) 2040_245; (d) 2040_585	41

DAFTAR LAMPIRAN

1	Diagram alir penelitian	52
2	<i>Transition Potential Model</i> pada CA-ANN (Tahun 2010-2020)	53
3	Format untuk list stasiun dan pos data iklim	53
4	Karakteristik tanah untuk input SWAT	53
5	Format dari tampilan unsur iklim	54
6	Nilai resapan air tanah pada file SWAT Output tahun 2000 yang ditunjukkan pada file hru kolom GW_RCHGmm	54
7	Nilai default parameter	55
8	Hasil kuantitas resapan air tanah (mm/tahun)	55
9	Kuantitas resapan air tanah tahunan periode historis 1991 – 2020 (mm/tahun)	55
10	Kuantitas resapan air tanah tahunan periode proyeksi 2021 – 2040 berdasarkan skenario iklim SSP2-45 dan SSP5-85 (mm/tahun)	56
11	Grafik hidrologi hasil simulasi SWAT tahun 2000	56
12	Analisis regresi berganda parameter yang mempengaruhi resapan air tanah	56
13	Nilai kelembaban tanah (CN2) untuk berbagai jenis <i>LULC</i> dengan kondisi hidrologi tanah	57
14	Jenis tanah di Kota Surakarta	58
15	Grafik resapan air tanah di setiap sub basin	58

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.