

**LAPORAN AKHIR
PENELITIAN UNGGULAN UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
SKEMA DASAR**



**PREDIKSI PERKEMBANGAN LAHAN TERBANGUN BERDASARKAN *CELLULER
AUTOMATA MODELLING* MENGGUNAKAN CITRA PENGINDERAAN JAUH
SEBAGAI DASAR REKOMENDASI PERENCANAAN TATA GUNA LAHAN
DAERAH TANGKAPAN AIR RAWAPENING**

Tim Pengusul:

Dr. Tjaturahono Budi Sanjoto, M.Si	NIDN. 001962101907
Wahid Akhsin Budi Nur Sidiq S.Pd., M.Sc.	NIDN. 0613098702
Satya Budi Nugraha, ST., MT., M.Sc	NIDN. 0609128701

Dibiayai oleh:

Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Universitas Negeri Semarang
Nomor : SP DIPA-042.01.2.400899/2019. Tanggal 05 Desember 2018 sesuai dengan
Surat Perijinan Penugasan Pelaksanaan Penelitian Dana DIPA UNNES Tahun 2019
Nomor : 160.13/UN37/PPK.3.1/2019, tanggal 13 Mei 2019

**FAKULTAS ILMU SOSIAL
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
TAHUN 2019**

**HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR
PENELITIAN UNGULAN PERGURUAN TINGGI**

Judul Penelitian : Prediksi Perkembangan Lahan Terbangun Berdasarkan *Cellular Automata Modelling* Menggunakan Citra Penginderaan Jauh sebagai Dasar Rekomendasi Perencanaan Tata Guna Lahan Daerah Tangkapan Air Rawapening

Nama Rumpun Ilmu : Geografi
Bidang Kajian : Earth Science

Ketua Peneliti

a. Nama Lengkap : Dr. Tjaturahono Budi Sanjoto, M.Si
b. NIDN : 001962101907
c. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
d. Program Studi : Geografi
e. Nomor HP : 08122895044
f. Alamat surel (email) : tjaturahono@yahoo.co.id

Anggota Peneliti (1)

a. Nama Lengkap : Wahid Akhsin Budi Nur Sidiq, S.Pd, M.Sc
b. NIDN : 0613098702
c. Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Semarang

Anggota Peneliti (2)

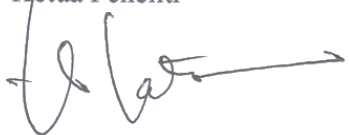
a. Nama Lengkap : Satya Budi Nugraha, ST., MT., M.Sc
b. NIDN : 0609128701
c. Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Semarang

Staff Pendukung Penelitian : -
Mahasiswa terlibat Penelitian : 2 orang
Biaya Penelitian Keseluruhan : Rp. 75.000.000,00
Biaya Tahun Berjalan :
- dana internal PT : Rp. 75.000.000,00
- dana institusi lain : -
- Inkind sebutkan : -

Mengetahui
Dekan Fakultas Ilmu Sosial

Dr. Moh Solehatul Mustofa, MA
NIP. 196308021988031001

Semarang, 25 Agustus 2019

Ketua Peneliti

Dr. Tjaturahono B.S, M.Si
NIP. 196210191988031002

Menyetujui
Ketua LPPM UNNES

Dr. Suwito Eko Pramono, M.Pd
NIP. 195809201985031003

RINGKASAN

Rawapening merupakan perairan danau memiliki bentuk biogeofisik yang spesifik. Selain mempunyai potensi keanekaragaman hayati juga mempunyai fungsi sosio-ekonomi dan ekologi yang sangat penting bagi kehidupan masyarakat dan lingkungan sekitarnya sehingga perlu dijaga dan dilestarikan agar keberadaannya bisa dinikmati dimasa yang akan datang. Meskipun demikian, fakta di lapangan menunjukkan bahwa aktifitas penduduk di sekitar Rawapening semakin berkembang sehingga muncul permasalahan berupa terjadinya degradasi lingkungan yang berlangsung hingga saat ini. Degradasi ini terjadi sebagai akibat penutupan tumbuhan eceng gondok dan proses pendangkalan dasar waduk oleh sedimen yang berasal dari tumbuhan eceng gondok, erosi tanah dan juga dari limbah permukiman. Proses degradasi ini juga dipercepat dengan semakin rusak hutan di daerah pegunungan sekelilingnya yang tercakup dalam Daerah Tangkapan Air (DTA) Rawapening.

Berdasarkan uraian di atas maka tujuan yang hendak diteliti dalam penelitian ini adalah untuk mengkaji perkembangan lahan terbangun yang ada di DTA Rawapening mulai dari tahun 2000, tahun 2009, dan tahun 2009. Data perkembangan lahan terbangun tahun 2000 hingga tahun 2019 tersebut akan menjadi dasar prediksi perkembangan lahan lahan terbangun tahun 2031 yang akan disesuaikan dengan RTRW DTA Rawapening.

Hasil pengolahan dan analisis Peta RBI, citra Landsat 7 dan Landsat 8 yang menghasilkan penutup lahan *time series* tahun 2000, tahun 2009 dan tahun 2019 menunjukkan bahwa terdapat 4 kelas penutup lahan di DTA Rawapening. Penutup lahan tahun 2019 menunjukkan bahwa lahan terbuka dan vegetasi merupakan penutup lahan terluas sebesar 9.120,61 ha dan 9.068 ha, disusul lahan terbangun dengan luas 8.053 ha dan tubuh air 1.529 ha. Lahan terbangun memiliki trend yang selalu mengalami peningkatan dari tahun 2000 – 2019 dengan peningkatan luas sebesar 2.851,50 ha dalam kurun waktu 19 tahun. Hasil prediksi dengan model cellular automata terhadap penutup lahan tahun 2019 dan 2031 dengan tingkat akurasi model dari hasil uji validitas terhadap peta prediksi tahun 2019 sebesar 0,55 (moderate agreement). Sedangkan pada tahun 2031 lahan terbangun di lokasi penelitian akan meningkat sebesar 1.814,78 ha. Hasil analisis kesesuaian penutup lahan tahun 2031 dengan RTRW diperoleh dari hasil ketidaksesuaian pertumbuhan lahan terbangun tahun sebesar 3.766 ha (14,16%) di DTA Rawapening yang di beberapa wilayah, seperti Kecamatan Bandungan, Kecamatan Ambarawa, Kecamatan Bawen, Kecamatan Banyubiru, Kecamatan Jambu dan Kecamatan Getasan.

PRAKATA

Puji dan syukur kami panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah serta inayah sehingga sebagian kegiatan penelitian ini sudah dapat terlaksana. Kegiatan penelitian ini dapat terlaksana karena bantuan dan dukungan dari semua pihak, oleh karena itulah dalam kesempatan yang baik ini kami mengucapkan banyak terimakasih kepada yang terhormat,

1. Bapak Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum selaku Rektor Unnes, Bapak Dr. Suwito Eko Pramono, M.Pd. selaku Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Unnes yang telah memfasilitasi dan memberikan arahan sehingga kami dapat mengikuti kegiatan penelitian ini;
2. Bapak Dr. Moh Solehatul Mustofa, MA, selaku Dekan FIS Unnes yang telah memberikan ijin dalam kegiatan penelitian ini; dan Bapak/Ibu tim evaluator Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Unnes yang telah banyak memberikan petunjuk, saran dan kritik, sehingga penelitian dapat searah dengan tujuan yang diharapkan.
3. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu terlaksananya penelitian ini dengan lancar.

Kami menyadari kegiatan penelitian ini masih banyak kekurangan dan memerlukan pengembangan lagi, sehingga kami masih mengharap saran dan kritik dari Bapak/Ibu semuanya demi kesempurnaan penelitian ini.

Semarang, 10 November 2019
Peneliti

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
RINGKASAN	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Urgensi Penelitian	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 State of The Art.....	5
2.2 Penggunaan Lahan	6
2.3 Pemodelan Perubahan Penggunaan Lahan.....	8
2.4 Road Map Penelitian.....	9
BAB III TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	12
3.1 Tujuan Penelitian.....	12
3.2 Manfaat Penelitian	12
BAB IV METODE PENELITIAN	13
4.1 Lokasi Penelitian	14
4.2 Variabel Penelitian.....	14
4.3 Alat dan Bahan Penelitian	14
4.4 Tahapan Rencana Penelitian.....	14
4.5 Teknis Analisis Data	17
4.6 Diagram Alir Penelitian.....	18
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	19
5.1 Letak Geografis DTA Rawapening.....	19
5.2 Kondisi Fisik DTA Rawapening	20
5.3 Kondisi Sosial Ekonomi	28
5.4 Penutup Lahan Eksisting dan Prediksi Perubahan Penutup Lahan.....	30
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbedaan Klasifikasi Penutup Lahan dengan Penggunaan Lahan 1:1.00.000	7
Tabel 5.1	Luas Setiap Kecamatan DTA Rawapening.....	20
Tabel 5.2	Luasan Formasi Batuan di DTA Rawapening	23
Tabel 5.3	Komposisi Penduduk di Kabupaten Semarang Berdasarkan Kelompok Umur.....	28
Tabel 5.4	Kepadatan Penduduk menurut Kecamatan Kabupaten Semarang	29
Tabel 5.5	Komposisi Penduduk Berdasarkan Mata Pencaharian	30
Tabel 5.6	Luas Penutup Lahan DTA Rawapening Tahun 2019.....	31
Tabel 5.7	Jumlah Titik Sampel Berdasarkan Skala	33
Tabel 5.8	Cofussion Matrix Citra satelit Landsat 8 OLI/TIRS Tahun 2019.....	34
Tabel 5.9	Luas Penutup Lahan DTA Rawapening Tahun 2000, 2009 dan 2019	37
Tabel 5.10	Prediksi Perubahan Penutup Lahan DTA Rawapening 2019 - 2031	41
Tabel 5.11	Kesesuaian Peta Prediksi Penutup Lahan Tahun 2031 dengan RTRW.....	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1	Lokasi Penelitian DTA Rawapening	13
Gambar 4.2	Diagram Alir Penelitian	18
Gambar 5.1	Peta Administrasi DTA Rawapening	19
Gambar 5.2	Topografi Lokasi Penelitian DTA Rawapening.....	21
Gambar 5.3	Peta Geologi Lokasi Penelitian DTA Rawapening	24
Gambar 5.4	Peta Tanah Lokasi Penelitian DTA Rawapening	25
Gambar 5.5	Peta Curah Hujan Kabupaten Semarang.....	26
Gambar 5.6	Morfologi dan Pola Aliran Lokasi Penelitian DTA Rawapening	27
Gambar 5.7	Penutup Lahan DTA Rawapening Tahun 2019	32
Gambar 5.8	Penutup Lahan Terbangun di Lokasi Penelitian.....	35
Gambar 5.9	Penutup Kelas Lahan Terbuka di Lokasi Penelitian.....	35
Gambar 5.10	Penutup Lahan Tubuh Air di Lokasi Penelitian	37
Gambar 5.11	Penutup Lahan Vegetasi di Lokasi Penelitian.....	38
Gambar 5.12	Penutup Lahan DTA Rawapening Tahun 2000, 2009 dan 2019.....	38
Gambar 5.13	Menu Land Change Modeler untuk Pemrosesan Prediksi Lahan Terbangun.....	39
Gambar 5.14	Penutup Prediksi dan Eksisting Penutup Lahan DTW Rawapening tahun 2031	40
Gambar 5.15	Grafik Prediksi Perubahan Penggunaan Lahan di DTA Rawapening Tahun 2019 - 2031.....	41
Gambar 5.16	Peta Penutup Lahan tahun 2019 dan Tahun 2031 DTA Rawapening	42
Gambar 5.17	Peta Prediksi Penutup Lahan Tahun 2031 dan RTRW DTA Rawapening.....	44

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Instrumen Penelitian.....	48
Lampiran 2. Personalia Tim Peneliti	51
Lampiran 3. Surat Perjanjian Penelitian.....	53
Lampiran 4. Artikel Ilmiah Penelitian	60
Lampiran 5. Dokumentasi	71

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rawapening merupakan danau alam yang terletak di Kabupaten Semarang, Propinsi Jawa Tengah, kurang lebih 40 km ke arah selatan Kota Semarang. Secara geomorfologis danau Rawapening dikelilingi pegunungan yang berfungsi sebagai Daerah Tangkapan Air (DTA). DTA Rawapening mempunyai sepuluh sub DAS yang mengalir dan bermuara di Rawapening. Danau Rawapening mempunyai banyak fungsi diantaranya sebagai sumber irigasi pertanian bagi Kabupaten Semarang, Kabupaten Grobogan dan Kabupaten Demak. pengendali banjir bagian hilir, sumber pembangkit listrik, tempat usaha perikanan darat, penyedia air baku, dan merupakan salah satu destinasi pariwisata yang menarik untuk dikunjungi (Dinas PSDA, 2013).

Saat ini Rawapening sedang menghadapi masalah degradasi lingkungan yang cukup parah terjadinya sedimentasi. Proses sedimentasi yang berlangsung menyebabkan Rawapening menjadi semakin dangkal dan semakin menyempit. Kondisi ini mengindikasikan bahwa DTA Rawapening sedang mengalami tekanan ekologis yang berat. Besarnya tekanan yang dialami kawasan Rawapening ini adalah konsekuensi dari besarnya laju pembangunan daerah itu. Tekanan ekologis terhadap kawasan ini juga diperparah oleh sistem pengelolaan pembangunan di lahan atas (hulu) yang buruk sehingga memberikan dampak terhadap kawasan tersebut berupa pencemaran dan sedimentasi. Selain memberikan dampak negatif berupa pencemaran dan sedimentasi, perubahan hidrologi akibat kegiatan manusia (pembangunan) juga memberikan dampak negatif lain di kawasan ini. Untuk mengurangi tekanan ekologis akibat perubahan penggunaan lahan maka perlu upaya monitoring perkembangan perubahan penggunaan lahan dengan menggunakan teknik yang efektif, salah satunya menggunakan citra penginderaan jauh Landsat.

Citra penginderaan jauh LANDSAT merupakan sarana yang efektif dan efisien untuk memperoleh informasi tentang penutup lahan, termasuk untuk mengkaji penutup lahan Daerah Tangkapan Air. Citra satelit LANDSAT merupakan citra satelit sumberdaya yang datanya relatif mudah diperoleh di Indonesia. Citra satelit ini sudah banyak digunakan untuk berbagai kegiatan survey, karena mempunyai beberapa kelebihan antara lain resolusi temporalnya sangat baik sehingga memudahkan mengolah informasi perkembangan penutup lahan wilayah yang terlibat.

Informasi perkembangan penutup lahan daerah penelitian dapat diperoleh berdasarkan hasil interpretasi citra LANDSAT multi temporal secara digital. Saat ini interpretasi citra

penginderaan jauh secara digital banyak didukung software image processing, diantaranya Software Idrisi. Software Idrisi dilengkapi fasilitas pengolahan data yang disebut *Cellular Automata* (CA) modelling. Model CA merupakan salah satu model spasial yang mampu memprediksi tutupan/penggunaan lahan, sehingga penggunaan model ini memungkinkan untuk prediksi perkembangan lahan terbangun. Beberapa peneliti yang pernah menggunakan model CA ini diantaranya Wijaya dan Susilo (2013) di Kota Salatiga, Nurhidayati dkk. (2017) di Kota Pontianak, dan Prabowo dkk. (2017) di Sub DAS Brantas Hulu.

Peningkatan berbagai aktifitas manusia di DTA Rawapening selain dapat mengganggu keseimbangan alam juga tidak mustahil dapat menimbulkan berbagai macam konflik. Oleh karena itu monitoring perkembangan penutup lahan, khususnya lahan terbangun harus dilaksanakan. Untuk mendukungnya perlu dilakukan Kajian Prediksi Perkembangan Permukiman Pada Daerah Tangkapan Air Rawapening Berdasarkan *Celluler Automata Modelling* menggunakan Citra Penginderaan Jauh. Diharapkan kegiatan ini dapat menjadi salah satu solusi memecahkan masalah lingkungan yang terjadi di wilayah tersebut sehingga Danau Rawapening sebagai wilayah yang diunggulkan secara komparatif, dapat didayagunakan secara optimal dan berkelanjutan.

1.2 Permasalahan

Permasalahan yang saat ini dihadapi oleh perairan Danau Rawapening adalah degradasi lingkungan yang berlangsung. Degradasi ini terjadi sebagai akibat penutupan tumbuhan eceng gondok dan proses pendangkalan dasar waduk oleh sedimen yang berasal dari erosi tanah dan juga dari limbah permukiman. Proses pendangkalan Danau Rawapening akibat erosi semakin menunjukkan peningkatan akibat perkembangan lahan terbangun semakin melalui di wilayah CAT Rawapening.

Oleh karena itu permasalahan yang akan dikaji pada penelitian ini adalah,

1. Bagaimanakah perkembangan lahan terbangun yang ada di CAT Rawapening dalam kurun waktu 1990 hingga 2019; dan
2. Bagaimanakah prediksi model pertumbuhan lahan terbangun di CAT Rawapening tahun 2031 yang akan datang menggunakan program *Celluler Automata Modlling*.

1.3 Urgensi (keutamaan) Penelitian

Rawapening merupakan danau alam yang terletak di Kabupaten Semarang, Propinsi Jawa Tengah. Danau Rawapening merupakan salah satu kawasan prioritas di Jawa Tengah dan memiliki keunggulan komparatif yang tidak dimiliki oleh kawasan lainnya, sehingga berpotensi

untuk dikembangkan menjadi salah satu kawasan andalan. Untuk mewujudkan Rawapening sebagai wilayah yang dapat diunggulkan secara komparatif, maka Rawapening perlu didayagunakan secara optimal dan berkelanjutan.

Waduk Rawapening mempunyai banyak fungsi diantaranya sebagai sumber irigasi pertanian bagi Kabupaten Semarang, Kabupaten Grobogan dan Kabupaten Demak. pengendali banjir bagian hilir, sumber pembangkit listrik, tempat usaha perikanan darat, penyedia air baku, dan tempat wisata. Upaya optimalisasi pemanfaatan Rawapening telah dilakukan oleh pemerintah daerah baik tingkat daerah maupun propinsi, diantaranya dengan menjadikan Rawapening sebagai daerah tujuan wisata air yang menawarkan sinergitas antara daya tarik wisata air dengan wisata kuliner. Pembukaan jalan lingkar selatan Ambarawa yang melalui dekat lokasi Rawapening telah memberikan atraksi yang menarik tentang Rawapening. Secara tidak langsung hal ini merupakan ajang promosi yang menarik. Beberapa tempat kuliner di pinggir Rawapening mulai bermunculan yang dilengkapi dengan wisata air.

Namun kondisi Rawapening saat ini mengalami penurunan dalam hal daya dukung dan fungsi utama sebagai akibat sedimentasi dan pendangkalan akibat enceng gondok yang mati dan hasil erosi dari air sungai yang masuk. Enceng gondok selain mengakibatkan sedimentasi, secara tidak langsung juga menyebabkan kapasitas air waduk menurun. Selain itu masuknya muatan hasil erosi yang masuk melalui sungai yang bermuara di waduk ini, mempercepat menurunnya kapasitas air, yang berarti makin dangkal kedalaman waduk tersebut. Erosi ini diakibatkan karena adanya penggundulan hutan dan berubah menjadi lahan terbangun seperti permukiman dan kawasan industri. Makin dangkal waduk berakibat daya tampung semakin sedikit, sehingga pada saat datang hujan, kemungkinan banjir tidak terelakkan lagi. Kemudian fungsi danau alam sebagai sumber bagi PLTA dan irigasi pun ikut menurun. Seterusnya akan menurunkan pula potensi wisata, perikanan, perkebunan, dan pertanian yang akhirnya berpengaruh menurunnya tingkat kemampuan ekonomi masyarakat setempat (Dinas PSDA, 2013).

Peningkatan proses sedimentasi Danau Rawapening, disamping dipengaruhi oleh pengendapan hasil enceng gondok yang mati, juga dipengaruhi proses erosi di wilayah CAT Rawapening sebagai akibat berkembangnya lahan terbangun di wilayah tersebut. Oleh karena itu perlu dilakukan upaya perencanaan penggunaan lahan di wilayah CAT agar mengurangi proses sedimentasi di Danau Rawapening.

Memperhatikan uraian tersebut di atas, maka penelitian ini akan menggunakan citra satelit tahun akuisisi mulai dari tahun 1990 hingga 2019. Upaya pemetaan penggunaan lahan mulai dari tahun 1990 hingga 2019 memberikan informasi perubahan penggunaan lahan dan

penutup lahan, khususnya lahan terbangun. Penelitian ini menjadi sangat relevan dengan Visi dan Misi Universitas.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 State of The Art

Daerah Tangkapan Air (DTA) merupakan suatu kawasan dengan batas pemisah topografi, yang menampung, menyimpan, dan mengalirkan curah hujan yang jatuh di atasnya, kesungai utama yang bermuara ke laut atau ke danau. Pemisah topografi tersebut berupa punggung bukit atau gunung yang umumnya berupa hutan, yang sekaligus merupakan bagian dari Sub DTA. Fungsi utama pengelolaan DTA adalah menjamin keadaan tata air yang baik, hasil air yang optimum dipandang dari segi kualitas dan kuantitas serta pengaturan waktu. Agar diperoleh hasil yang air yang optimum, perlu diadakan pengendalian dari segi-segi tersebut.

DTA Rawapening terdiri dari 10 sub DAS yang semuanya bermuara di Danau Rawapening. Kawasan Danau Rawapening terletak di Kabupaten Semarang Propinsi Jawa Tengah, kurang lebih 40 km ke arah selatan Kota Semarang. Kawasan Rawapening merupakan danau alami dan salah satu kawasan prioritas di Jawa Tengah yang memiliki keunggulan komparatif sehingga berpotensi untuk dikembangkan menjadi salah satu kawasan andalan. Untuk mewujudkan Rawapening sebagai wilayah yang dapat diunggulkan secara komparatif, perlu didayagunakan secara optimal dan berkelanjutan.

Permasalahan yang saat ini dihadapi oleh Danau Rawapening adalah degradasi lingkungan yang berlangsung selama beberapa tahun terakhir. Degradasi ini terjadi sebagai akibat penutupan tumbuhan eceng gondok dan proses pendangkalan dasar waduk oleh sedimen yang berasal dari tumbuhan eceng gondok, erosi tanah dan juga dari limbah permukiman (Dinas PSDA, 2013). Peningkatan berbagai aktifitas manusia, selain mengganggu keseimbangan alam juga tidak mustahil dapat menimbulkan berbagai macam konflik. Hal ini bertambah rumit ketika dihadapkan dengan siapa yang bertanggung jawab dalam pengelolaan wilayah Rawapening. Guna mengatasi permasalahan di atas, maka perlu diadakan kajian penggunaan lahan secara komperhensif meliputi daerah hilir hingga hulu, salah satunya adalah dengan meneliti bagaimana perkembangan tutupan lahan terbangun Daerah Tangkapan Air (DTA) Rawapening. Prediksi perkembangan penutup lahan terbangun di suatu daerah tangkapan air menjadi sangat penting karena semakin banyak lahan terbangun mengakibatkan meningkatnya debit limpasan. Peningkatan debit aliran permukaan berpengaruh pada meningkatnya tingkat erosi permukaan lahan sehingga meningkatkan proses sedimentasi di wilayah muara yaitu Danau Rawapening. Penelitian yang terkait dengan prediksi perkembangan tutupan lahan terbangun di DTA Rawapening belum pernah dilakukan, untuk itu penelitian ini perlu

dilakukan agar permbangan penggunaan lahan di wilayah DTA Rawapening menjadi lebih terpantau dan tertata dengan baik. Pada gilirannya nanti Danau Rawapening akan terjaga berkelanjutan (*Sustainable*). Rencana penelitian yang terkait dengan pengelolaan wilayah DTA Rawapening ini menjadi sangat sesuai dengan visi UNNES yaitu ber Wawasan Konservasi dan ber Reputasi Internasional.

2.2 Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan (*landuse*) adalah setiap bentuk campur tangan (*intervensi*) manusia terhadap lahan dalam rangka memenuhi kebutuhan hidupnya baik material maupun spiritual (Vink, 1975). Penggunaan lahan merupakan kegiatan manusia untuk memenuhi kebutuhannya yang sifatnya terus-menerus dengan memanfaatkan sumberdaya lahan yang tersedia (Sitorus, 2017). Istilah penggunaan lahan mengacu pada fungsi kenampakan penutup lahan bagi manusia. Fungsi kenampakan ini tergantung dari tindakan manusia yang menempati atau berada di sekitar lahan tersebut. Jenis-jenis mata pencaharian yang berbeda akan mempengaruhi kenampakan penggunaan lahan. Selain itu faktor kebutuhan juga akan menghasilkan berbagai bentuk penggunaan lahan.

Secara umum penggunaan lahan menurut Sitorus (2017) dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok yaitu: 1) penggunaan lahan pedesaan (*rural land use*) secara luas, termasuk pertanian, kehutanan, cagar alam dan tempat-tempat rekreasi, 2) penggunaan lahan perkotaan dan industri (*urban and industrial land use*), termasuk kota, kompleks industri, jalan raya, dan pertambangan. Sistem klasifikasi lainnya dilakukan oleh USGS, yaitu dengan membagi tingkat I dan II. Tingkat I dan II ini dimaksudkan untuk membantu para peneliti dalam mengembangkan lagi klasifikasi yang lebih mendetail, yaitu tingkat III maupun IV. Contoh klasifikasi USGS pada tingkat I meliputi: perkotaan atau lahan terbangun, lahan pertanian, lahan peternakan, lahan hutan, air, lahan basah, lahan gundul, padang lumut, dan es atau salju abadi.

Danoedoro (2016) mengembangkan sistem klasifikasi penggunaan lahan yang bersifat multiguna. Pada klasifikasi ini aspek penutup dan penggunaan lahan dimuat sekaligus yang dikembangkan melalui citra penginderaan jauh., serta dibagi ke dalam 5 (lima) dimensi, yaitu: dimensi spektral, spasial, temporal, ekologis, dan fungsi sosial-ekonomi. Setiap dimensi disajikan ke dalam sekat terpisah dan diturunkan melalui metode pengolahan citra yang berbeda. Wardani dkk. (2016) dalam penelitiannya menggunakan klasifikasi yang mengacu pada standard Badan Pertanahan Nasional (BPN) tahun 2012 dengan klasifikasi penggunaan lahan skala 1:100.000 dengan modifikasi. Klasifikasi inilah yang kemudian digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 2.1 Perbedaan Klasifikasi Penutup Lahan dengan Penggunaan Lahan Skala 1:100.000

Klasifikasi Penutup Lahan	Klasifikasi Penggunaan Lahan
Lahan terbangun	Permukiman
Lahan terbuka	Lahan pertanian
Tubuh air	Danau/Tambak/Sungai
Vegetasi	Hutan dan kebun campur

Sumber: NSPK BPN RI (2012) dengan modifikasi, dalam Wardani dkk. (2016)

Perubahan penggunaan lahan tidak dapat dihindarkan karena pada dasarnya penggunaan lahan berkaitan dengan kebutuhan dan keinginan manusia. Manusia membutuhkan pembangunan untuk berkembang, sedangkan pembangunan tidak lepas dari alihguna lahan yang menyebabkan perubahan penggunaan lahan. Menurut McNeill (Siswanto 2006) faktor-faktor yang mendorong perubahan penggunaan lahan adalah politik, ekonomi, demografi dan budaya. Faktor politik berkaitan dengan kebijakan yang terdapat pada suatu wilayah, hal ini dapat mempengaruhi pola perubahan penggunaan lahan.

Selanjutnya faktor ekonomi, perubahan pendapatan yang dibarengi dengan perubahan perilaku konsumsi akan dapat mendorong perubahan penggunaan lahan. Sebagai contoh, meningkatnya pendapatan cenderung akan meningkatkan pula kebutuhan. Kebutuhan tersebut dapat berupa kebutuhan akan ruang sebagai tempat hidup, transportasi dan tempat rekreasi akan menyebabkan perubahan penggunaan lahan. Begitu pula faktor demografi dan budaya. Semakin bertambahnya jumlah penduduk dan semakin majunya teknologi akan berpengaruh besar dalam menggeser fungsi lahan. Pertambahan jumlah penduduk secara langsung akan memberikan dampak berupa kebutuhan terhadap lahan yang semakin meningkat, hal ini tentu akan berdampak pada perubahan penggunaan lahan.

Menurut Sitorus (2017) penggunaan lahan yang tidak sesuai dapat menyebabkan kerusakan, kerusakan tersebut berupa lahan kritis yang dapat menurunkan kemampuan DAS dalam menyimpan air sehingga frekuensi aliran permukaan akan meningkat yang akan menyebabkan banjir, erosi dan penyebaran tanah longsor pada musim hujan dan pada musim kemarau akan kekeringan. Selain itu perubahan tutupan/penggunaan lahan dari vegetasi atau lahan terbuka menjadi lahan terbangun akan menyebabkan debit aliran permukaan meningkat. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Syauqi dan Suprpto (2017) penggunaan lahan permukiman (lahan terbangun) memiliki korelasi positif dengan limpasan permukaan dengan angka korelasi sebesar 0,969, dengan kata lain semakin banyak lahan yang di atasnya tertutupi oleh bangunan maka akan semakin meningkatkan frekuensi limpasan permukaan, suplai

airtanah akan semakin sedikit karena sedikitnya air yang meresap ke dalam tanah, dan ancaman banjir akan meningkat.

2.3 Pemodelan Perubahan Penggunaan Lahan

Pemodelan spasial adalah salah satu keluaran dari analisis SIG. Model adalah suatu representasi terhadap suatu realitas, dengan kata lain model merupakan suatu penghubung antara dunia nyata dengan dunia berpikir dengan tujuan untuk mencari solusi dari permasalahan (Marfai, 2015). Model dapat membantu kita dalam memahami, mendeskripsikan atau bagaimana fenomena atau realitas berjalan pada dunia nyata tersebut (Indarto dan Faisol, 2012). Pemodelan spasial merupakan penggambaran dari suatu obyek nyata yang memiliki nilai ruang melalui penyederhanaan dengan maksud memberi informasi mengenai obyek tersebut.

Perubahan penggunaan lahan secara spasial dapat dimonitoring dan diprediksi melalui sebuah pemodelan. Salah satu model spasial yang mampu memprediksi tutupan/penggunaan lahan adalah model CA. CA merupakan model yang bersifat dinamis yang mengintegrasikan dimensi ruang dan waktu. Model CA banyak diadopsi dan digunakan dalam bidang ilmu kebumihan, termasuk salah satunya untuk kajian perubahan penggunaan lahan (Nahib, 2016).

CA dalam prosesnya mendasarkan pada prinsip ketetangaan sel. Model CA merupakan model yang bersifat dinamis dan baik digunakan untuk mengkaji ekspansi lahan terbangun yang juga bersifat dinamis. Salah satu kelebihan CA adalah dapat diintegrasikan dengan model lain baik yang berbasis visual, statistik, maupun kecerdasan buatan (Wijaya dan Umam, 2015). Sedangkan kekurangan CA adalah lebih menunjukkan proses pertumbuhan dan prediksi tumbuhnya suatu piksel tetapi tidak memberikan informasi penyebab tumbuhnya yaitu hubungan antar variabel terikat dan variabel bebasnya. Oleh sebab itu untuk mengatasi kekurangan/kelemahannya ini metode CA sering dikombinasikan dengan metode lain sehingga akan akan meningkatkan ketelitiannya (Wardani dkk., 2016). Seperti yang dilakukan oleh Wijaya dan Susilo (2013) mengintegrasikan CA dan *Regresi Logistik Binner*, Fitriyanto dkk. (2018) mengkombinasikan CA dan *Markov Chain*, Kurniawan (2017) mengintegrasikan CA dengan *Multi-layer Perceptron* (MLP) dan *Markov Chain*.

Dalam pemodelan perubahan penggunaan lahan MLP dan Markov Chain bisa digunakan sebagai teknik pendukung metode CA dalam membangun model. MLP merupakan teknik untuk mengintegrasikan berbagai faktor pendorong perubahan penggunaan/penutupan lahan sedangkan *Markov Chain* sebagai pengontrol dinamika temporal perubahan penggunaan/penutupan lahan. Oleh karena itu, CA bisa digunakan sebagai analisis untuk pemodelan prediksi penggunaan lahan. Pemodelan prediksi penggunaan lahan menggunakan CA memiliki

kemampuan yang cukup baik. Prabowo dkk (2017) memprediksi penggunaan lahan di Sub DAS Brantas Hulu dengan akurasi sebesar 80,57%.

2.4 Road Map Penelitian

Penelitian dengan lokasi di DTA Rawapening maupun di Danau Rawapening telah dilakukan beberapa kali oleh peneliti. Berikut diuraikan secara singkat kajian penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan penulis di daerah penelitian.

Pada tahun 2008 dan tahun 2009 peneliti melakukan penelitian hibah bersaing (selama 2 tahun) berjudul *Model Interaktif Perubahan Kerapatan Vegetasi dengan Citra Satelit dan Pengaruhnya Terhadap Dinamika Debit Danau di Rawapening Kabupaten Semarang*. Tujuannya untuk mengetahui perubahan kerapatan vegetasi di sekitar DTA Rawapening tahun 1998 dan 2007. Alat dan bahan yang digunakan meliputi (1) Citra Satelit Landsat 5 dengan pemotretan tahun 1998, dan SPOT 4 tahun 2007. (2) Global Positioning System (GPS). (3) Handycam. (4) Teropong binokuler. (5) Software Image Processing dengan program ERMapper versi 7.0, dan Software Arcview versi 3.2. (6) Data Primer dan sekunder berkaitan dengan informasi penutup lahan baik dari masyarakat maupun lembaga pemerintah yang terkait. Kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil penelitian ini adalah: (1) dalam kurun waktu 9 tahun DTA Rawapening mengalami perubahan kerapatan vegetasi yang cenderung lebih rendah, sehingga perlu monitoring dan pengawasan yang ketat agar kualitas DTA Rawapening tetap terjaga dengan baik. (2) Penggunaan citra penginderaan jauh sistem satelit dapat membantu dalam kegiatan monitoring tersebut. Saran yang diajukan adalah perlunya dibuat perencanaan tata guna lahan yang di DTA Rawapening yang mempunyai kekuatan hukum, sehingga setiap aktifitas yang berkaitan dengan perubahan penggunaan lahan harus melalui persyaratan yang ketat.

Pada tahun 2013, peneliti melakukan penelitian hibah bersaing dengan judul *Model Arahkan Kawasan Resapan di Daerah Tangkapan Air Rawapening Kabupaten Semarang*. Tujuan penelitian ini adalah membuat peta arahan Kawasan Resapan pada DTA Rawapening, membuat model pengelolaan kawasan resapan, dan memberikan rekomendasi teknis konservasi kawasan resapan air dan bentuk-bentuk bangunan konservasi yang sesuai di DTA Rawapening. Penelitian ini menerapkan pendekatan *Spasioekological* dengan menggunakan data citra inderaja multi spektral, diikuti kerja lapangan dan data sekunder yang ada di instansi terkait. Untuk mendukung kajian tersebut digunakan alat dan bahan penelitian yang terdiri atas: Citra Satelit tahun 2013, GPS, Software ERMapper dan Software Arcview versi 3.2 untuk layout peta akhir. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Potensi paling banyak di Kawasan Resapan di

DTA Rawapening adalah pada kategori Sedang (64,22%) dan kategori Cukup Tinggi (32,32%). Untuk kategori lainnya dalam luasan yang kecil. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa Kawasan Resapan di DTA Rawapening masih dalam keadaan cukup baik. Meskipun demikian berdasarkan sebarannya, ternyata potensi resapan kategori cukup tinggi maupun sedang, umumnya berada di bagian hilir DTA Rawapening, sedangkan di bagian hulu banyak dijumpai kategori Agak Rendah dan Sedang, sehingga perlu diwaspadai adanya perubahan penggunaan lahan di daerah hulu DTA Rawapening yang dapat menjadikan kawasan hulu berubah menjadi kawasan resapan kategori agak rendah.

Pada tahun 2017 peneliti melakukan penelitian dengan judul Partisipasi Masyarakat Dalam Melakukan Konservasi Lingkungan Sekitar Rawapening. Tujuan dari penelitian ini adalah ingin mengetahui partisipasi masyarakat dalam melakukan konservasi lingkungan sekitar Rawa Pening. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat partisipasi masyarakat dalam melakukan konservasi lingkungan sekitar Rawa Pening termasuk dalam kategori tinggi dengan persentase partisipasi sebesar 68,40%. Bentuk konservasi lingkungan sekitar Rawa Pening diantaranya adalah yaitu terbentuknya kelompok-kelompok usaha bersama masyarakat, kelompok sadar wisata, kelompok pengawas, kelompok padi organik dan penggunaan pupuk alam atau kompos dan kelompok pengelolaan limbah serta kegiatan save Rawa pening.

Beberapa penelitian terkait prediksi penggunaan lahan dengan *Cellular Automata Modelling* telah dilakukan. Penelitian ini merujuk pada penelitian terdahulu yang telah diuji kebenarannya. Penelitian yang dilakukan oleh Fitriyanto dkk. (2018) memprediksi perubahan penggunaan lahan dengan CA di Kabupaten Rokan Hulu, Provinsi Riau. Penelitian ini bertujuan mengetahui luas perubahan penggunaan lahan dari tahun 2000 sampai dengan 2012 dan memprediksi penggunaan lahan tahun 2030 di Kabupaten Rokan Hulu. Persamaan dari penelitian ini adalah metode yang digunakan yaitu dengan pendekatan CA untuk prediksi penggunaan lahan. Kemudian penelitian yang dilakukan oleh Kurniawan dkk. (2017) dengan judul Pemodelan Spasial Perubahan Penggunaan Lahan di Taman Nasional Gunung Halimun Salak dan Daerah Penyangganya. Tujuan penelitian ini yaitu menganalisis penggunaan/penutupan lahan pada tahun 2005, 2010 dan 2015 serta memprediksinya pada tahun 2025. Selanjutnya pada penelitian yang dilakukan oleh Prabowo dkk. (2017) di sub DAS Brantas Hulu, bertujuan untuk menganalisis perubahan penggunaan lahan dari tahun 2001 hingga 2011 dan 2015 serta memprediksinya di tahun 2020 dan 2025.

Dari uraian roadmap penelitian di atas dapat dipahami bahwa kajian yang dilakukan peneliti di lokasi DTA Rawapening sudah pernah dilakukan beberapa kali sehingga

penguasaan kondisi daerah penelitian relative baik serta identifikasi masalah yang membutuhkan pemecahan secara komprehensif dapat di angkat menjadi kajian penelitian.

BAB III

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1 Tujuan Penelitian

Secara khusus tujuan dari penelitian “Prediksi Perkembangan Lahan Terbangun Berdasarkan *Celluler Automata Modelling* Menggunakan Citra Penginderaan Jauh Sebagai Dasar Rekomendasi Perencanaan Tata Guna Lahan Daerah Tangkapan Air Rawapening” adalah untuk mengkaji:

1. Perkembangan lahan terbangun yang ada di CAT Rawapening dalam kurun waktu 1990 hingga 2019 menggunakan citra penginderaan jauh LANDSAT multi temporal; dan
2. Prediksi model pertumbuhan lahan terbangun di CAT Rawapening tahun 2031 yang akan datang menggunakan program *Celluler Automata Modelling*.

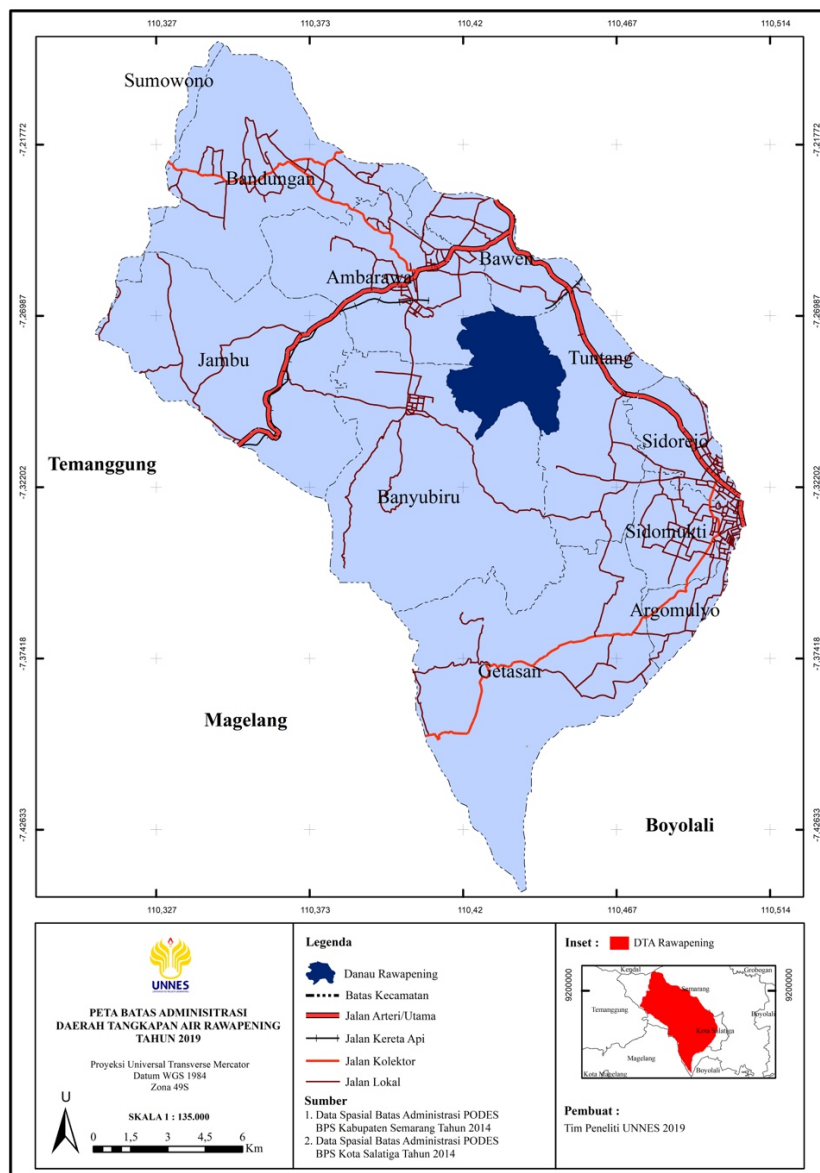
3.2 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini dapat dipakai sebagai bahan acuan dan bahan pertimbangan bagi pemerintah, khususnya Pemerintah Kabupaten Semarang untuk melakukan pengelolaan sumberdaya di wilayah Rawapening. Sebagai contoh, informasi tersebut dapat dimanfaatkan untuk penataan penggunaan lahan, perencanaan wilayah, dan perhitungan besarnya koefisien aliran permukaan. Selanjutnya hasil penelitian dasar ini dapat dipergunakan sebagai acuan untuk melakukan penelitian lanjutan (penelitian bersifat terapan) dan atau penelitian terhadap permasalahan yang belum terungkap melalui penelitian ini.

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian merupakan daerah tangkapan air Rawapening. Sebagai danau alami, input airnya (*inlet*) berasal dari sembilan sungai kecil yang ada di perbukitan yang mengelilingi rawa tersebut yaitu Sungai Kedungringin, Sungai Ringis, Sungai Sraten, Sungai Parat, Sungai Legi, Sungai Galer, Sungai Torong, dan Sungai Panjang. Outlet Danau Rawapening mencakup Sungai Tuntang di bagian timur dan Sungai Progo di bagian Barat.



Gambar 4.1. Lokasi Penelitian DTA Rawapening

4.2 Variabel Penelitian

Variabel yang akan diteliti terdiri atas:

- a. Luas dan sebaran penutup lahan DTA Rawapening tahun 2000, tahun 2009 dan tahun 2019 hasil interpretasi Citra Landsat dengan sistem klasifikasi penutup lahan berskala 1:50.000; dan
- b. Prediksi model pertumbuhan lahan terbangun di CAT Rawapening tahun 2031 menggunakan program *Celluler Automata Modelling*.

4.3 Alat dan Bahan Penelitian

Alat penelitian yang akan dipakai untuk kerja lapangan maupun pengolahan data, terdiri atas:

- ❖ Citra Landsat akuisisi tahun 1990, 2000, 2010 dan tahun 2019.
- ❖ Peta administrasi Kabupaten Semarang, skala 1 :50.000
- ❖ Peta Rupabumi skala 1 : 25.000
- ❖ Peta Geologi skala 1 : 100.000
- ❖ Peta Geomorfologi skala 1 : 50.000
- ❖ Global Positioning System (GPS).
- ❖ Handycam Teropong binokuler
- ❖ Software Image Proccesing Idrisi Selva 17.02
- ❖ Software ArcGIS

4.4 Tahapan Rencana Penelitian

a. Tahap Persiapan

Tahap ini meliputi studi kepustakaan, pengadaan peta tematik, pengadaan citra Landsat ETM. Perolehan citra Satelit tahun 2000, 2009, dan tahun 2019 yang mempunyai kualitas terbaik, bebas awan. Diusahakan agar pemilihan citra satelit diambil pada bulan akuisisi yang sama. Perolehan citra akan dilakukan di Lembaga Penerbangan Antariksa Negara dalam format **Geotiff**.

b. Tahap Pengolahan Citra Penginderaan Jauh Landsat 7 dan Landsat 8

Pada tahap ini ada tiga kegiatan yang dilakukan, yaitu:

1) Koreksi Radiometrik citra satelit Landsat

Secara sederhana teknik koreksi radiometrik adalah melakukan koreksi nilai kecerahan piksel hasil rekaman sensor dengan nilai kecerahan akibat penyimpangan pantulan.

Gangguan atmosfer menyebabkan nilai pantulan yang diterima oleh sensor mengalami penyimpangan (Elmaadi, 1999). Besarnya nilai penyimpangan dihitung berdasarkan nilai terendahnya. Teknik ini dilakukan dengan asumsi, nilai pancaran piksel tertentu seharusnya mempunyai nilai nol, tetapi karena adanya gangguan atmosfer nilai tersebut bergeser menjadi lebih besar dari nol (Jensen, 1986).

2) Koreksi Geometrik citra satelit Landsat

Sebagai titik kontrol medan (koordinat acuan) untuk koreksi geometrik digunakan peta rupa bumi skala 1:25.000. Titik-titik kontrol medan ditentukan dengan cara membandingkan antara kenampakan obyek pada peta dan citra satelit. Jumlah titik kontrol medan yang digunakan untuk koreksi geometrik sebanyak 10 titik, yang menyebar di daerah penelitian. Teknik transformasi koordinat yang digunakan menggunakan teknik transformasi affine orde1, sedang untuk *resampling* dilakukan dengan teknik *nearest neighbour*.

3) *Cropping Area of Interest*

Cropping berarti melakukan pemotongan citra sesuai dengan daerah yang dikehendaki. Pemotongan dilakukan karena setiap satu scene citra mengcover daerah seluas 185 km x 185 km, sehingga kita memerlukan pemotongan sesuai dengan daerah kita teliti. Dengan memotong citra berarti daerahnya menjadi lebih sempit dan hal ini akan lebih meringankan beban komputer dalam mengolah citra.

c. Tahap Interpretasi Citra Penginderaan Jauh Landsat 7 dan Landsat 8

Setelah dilakukan restorasi citra satelit maka tahapan selanjutnya adalah melakukan interpretasi citra secara digital. Perangkat lunak pengolah citra yang digunakan adalah Idrisi Selva 17.02. Pada tahap ini ada tiga kegiatan yang dilakukan, yaitu:

1) Interpretasi Penggunaan Lahan

Interpretasi penggunaan lahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah interpretasi secara digital menggunakan metode terbimbing (beracuan). Interpretasi ini dipilih karena pertimbangan penggunaan citra Landsat yang mempunyai resolusi mencapai 30 meter, dan wilayah kajian yang tidak terlalu luas.

Interpretasi penggunaan lahan menggunakan 4 (empat) kelas, yaitu: 1. Hutan dan Kebun Campur (Vegetasi), 2. Danau/Kolam/Tambak (Tubuh Air), 3. Lahan Pertanian (Lahan Terbuka) dan 4. Permukiman (Lahan Terbangun). Kelas penggunaan lahan tersebut mengacu pada standar Badan Pertanahan Nasional (BPN) tahun 2012.

2) Membuat Faktor Pendorong Perubahan Penggunaan Lahan

Sebelum membuat model, menentukan faktor pendorong perubahan penggunaan lahan harus dilakukan. Faktor pendorong perubahan penggunaan lahan diperlukan sebagai data penyusun *transition potential*. Faktor pendorong perubahan penggunaan lahan pada penelitian ini terdiri dari: jarak dari jalan, jarak dari pusat bisnis/kegiatan (CBD), jarak dari pusat pemerintahan, jarak antar permukiman, kelerengan. Variabel jarak dibangun dengan *Euclidean Distance Analysis* yang menghubungkan kedekatan secara spasial (akseibilitas). Sedangkan variabel kelerengan menggunakan *3D Analysis* yang menghubungkan pengaruh berdasarkan aspek topografi (kesesuaian lahan).

3) Membuat Prediksi Penggunaan Lahan dengan *Cellular Automata*

Cellular Automata (CA) digunakan untuk membuat prediksi penggunaan lahan tahun 2018 dan 2031. Data yang digunakan adalah penggunaan lahan tahun 2001 sebagai *earlier landcover* dan penggunaan lahan tahun 2016 sebagai *later landcover*. Input data penggunaan lahan harus sudah berformat raster. Tahapan membangun potensial transisi (*transition potential*) dilakukan untuk mengetahui lokasi yang memiliki potensi perubahan penggunaan lahan dengan metode *MLP Neural Network*. *MLP Neural Network* diketahui memiliki fungsi yang lebih baik dari regresi logistik dalam pemodelan perubahan penggunaan/penutupan lahan (Kurniawan, 2017). Input data pada tahap ini adalah faktor pendorong perubahan penggunaan lahan yang sudah melalui tahap *Euclidean Distance Analysis* dan *3D Analysis*.

Untuk membangun prediksi dilakukan pada tahapan *Change Prediction* dimana pada tahap ini menggunakan metode *Markov Chain (MC)*. Metode ini sudah banyak digunakan dalam banyak penelitian seperti dilakukan oleh Prabowo dkk., (2017), Kurniawan dkk., (2017), Ridwan dkk., (2017), Nahib (2016), Wardani dkk., (2016), Wijaya dan Nuril (2015). Pembangunan probabilitas pada MC bekerja jika rentang antara tahun prediksi sama dengan rentang tahun inputnya (Wardani dkk., 2016). Pada penelitian ini rentang waktu adalah 15 (lima belas) tahun yaitu dari tahun 2001 ke tahun 2016 untuk prediksi 15 (lima belas) tahun kedepan yaitu 2031.

Hasil simulasi pada penelitian ini adalah penggunaan lahan 2018 dan 2031. Hasil simulasi penggunaan lahan tahun 2018 akan digunakan untuk uji validasi. Uji validasi dilakukan dengan membandingkan antara hasil simulasi penggunaan lahan tahun 2018 dengan penggunaan lahan aktual tahun 2018. Uji validasi dengan menggunakan uji Kappa akurasi yang terdapat pada *software Idrisi Selva 17.02*.

4.5 Teknik Analisis Data

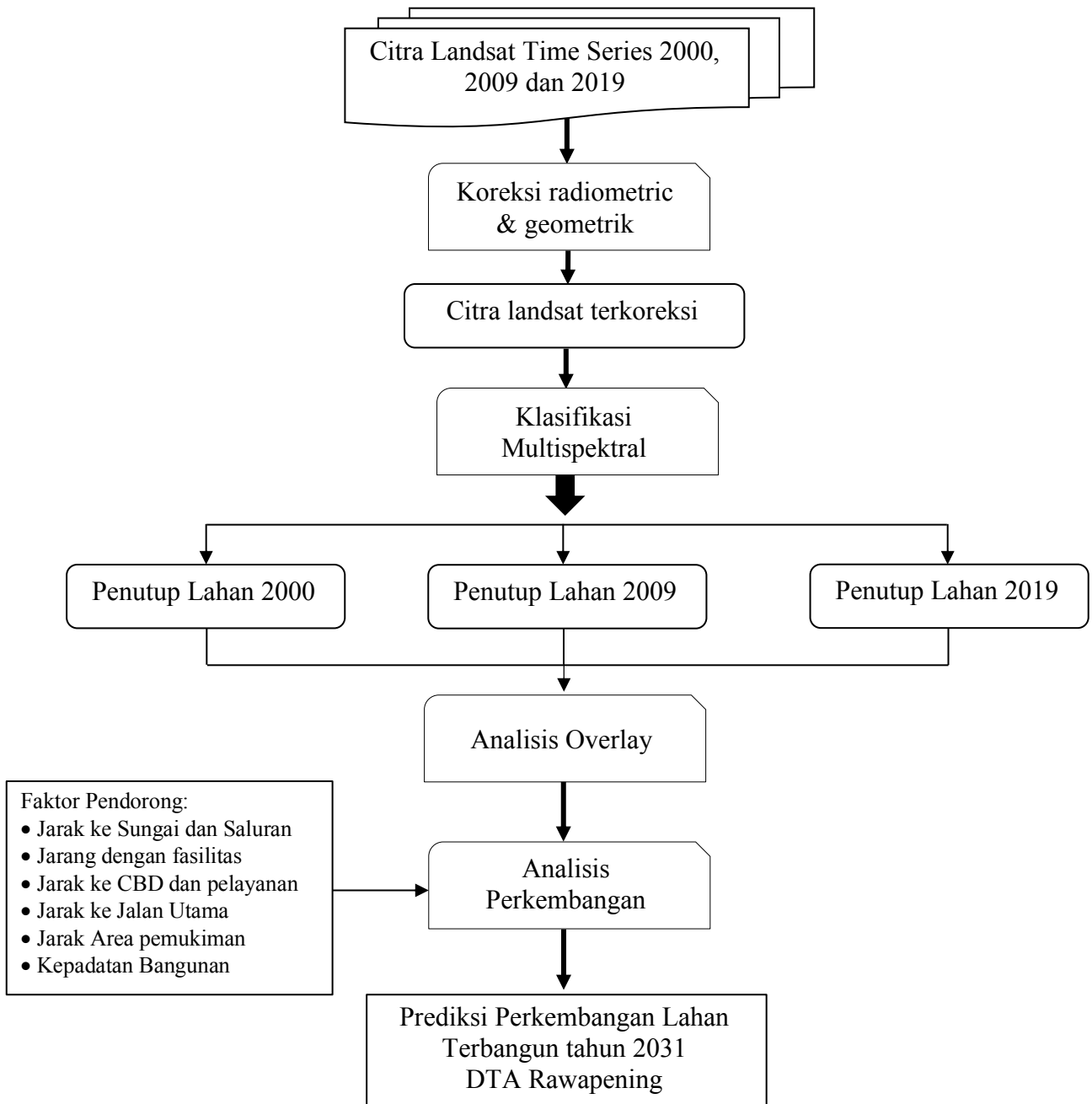
a. Analisis keruangan (*spatial distribution*)

Pendekatan keruangan digunakan untuk deliniasi dan identifikasi perubahan tata guna lahan, khususnya lahan terbangun dari tahun 1990 hingga 2019, yang diproses dengan menggunakan teknologi *sistem informasi geografis* (SIG). Analisis ini sangat diperlukan dalam kegiatan simulasi model prediksi penutup lahan terbangun di masa tahun 2030, sehingga menjadi masukan dalam perencanaan penggunaan lahan DTA Rawapening di masa datang.

b. Analisis ekologi (*ecological approach*)

Pendekatan lingkungan dilakukan untuk menelaah keterkaitan antara aspek lingkungan alam (kondisi fisik) dengan aspek manusia (perilaku masyarakat dalam mengelola kawasan resapan). Perancangan penggunaan lahan DTA Rawapening dilakukan selain berdasarkan pada kondisi fisik, juga memperhatikan perilaku masyarakat dan kebijakan.

4.6 Diagram Alir Penelitian



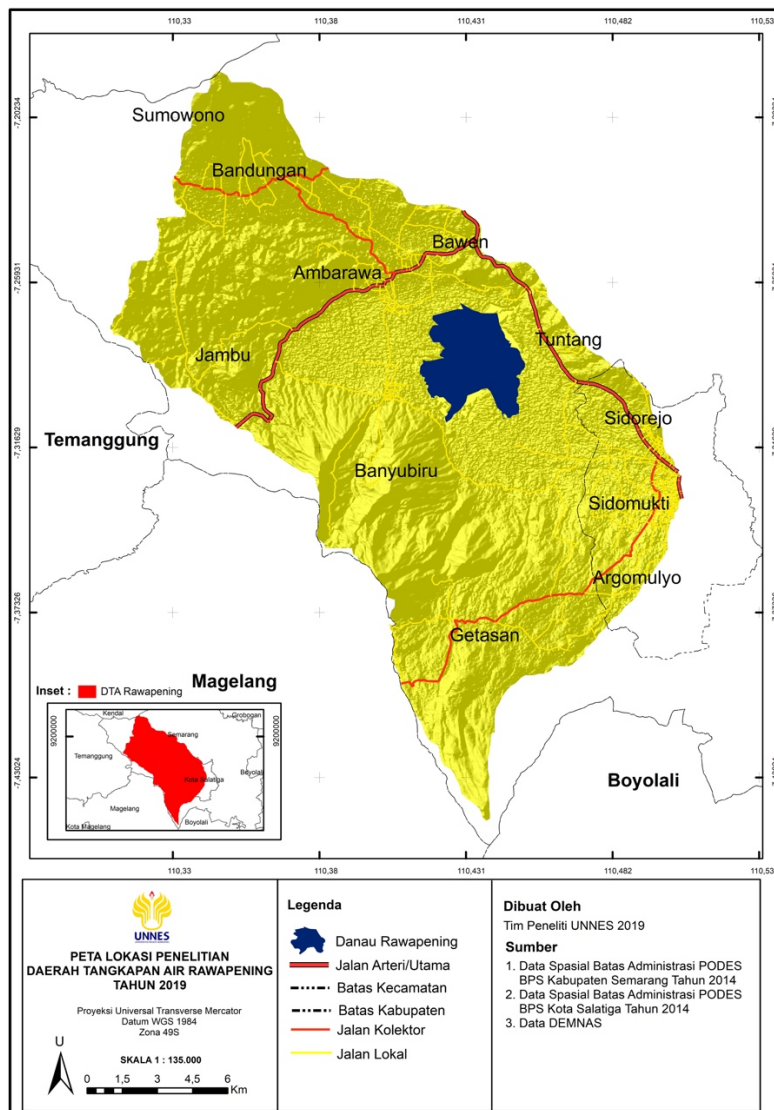
Gambar 4.2 Diagram Alir Penelitian

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Letak Geografis DTA Rawapening

Secara administratif DTA Rawapening berada di wilayah Kabupaten Semarang dan Kota Salatiga, dimana terdapat 11 kecamatan dan 72 desa/kelurahan yang berada di dalam wilayahnya. DTA Rawapening memiliki luas sekitar 265,96 km², dimana wilayah tersebut merupakan bagian hulu dari DAS Tuntang yang bermuara ke Laut Jawa. Gambar berikut menyajikan wilayah administratif lokasi penelitian, sedangkan tabel 5.1 menyajiakn luas setiap kecamatan di DTA Rawapening.



Gambar 5.1 Peta Administrasi DTA Rawapening

Tabel 5.1 Luas Setiap Kecamatan di DTA Rawapening

No	Kecamatan	Luas (Km2)	Jumlah Desa/Kelurahan
1	Sumowono	2,51	5
2	Argomulyo	5,45	2
3	Sidorejo	9,17	5
4	Sidomukti	10,38	4
5	Bawen	11,49	4
6	Tuntang	23,51	9
7	Ambarawa	27,6	10
8	Bandungan	34,76	8
9	Jambu	40,51	9
10	Banyubiru	50,11	9
11	Getasan	50,47	12
Jumlah		265,96	77

Sumber : BPS Provinsi Jawa Tengah, 2019

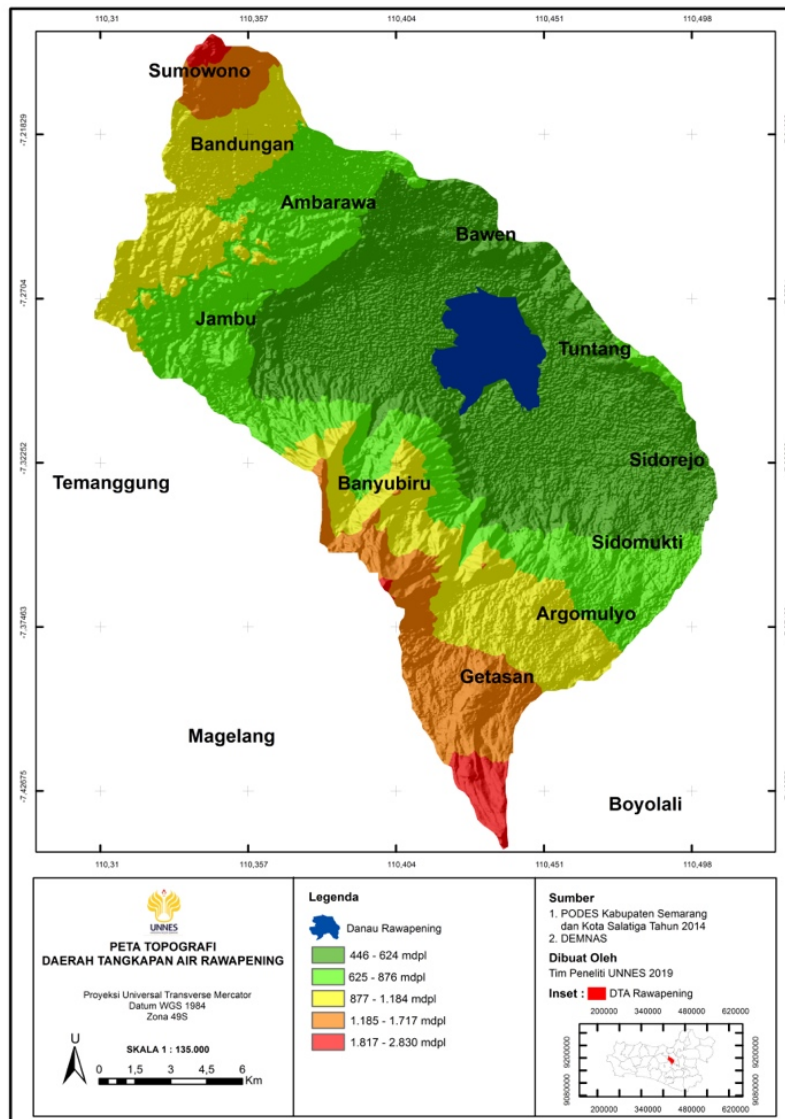
5.2 Kondisi Fisik DTA Rawapening

5.2.1 Topografi

Kabupaten Semarang memiliki dataran yang cukup bervariasi mulai dari dataran rendah sampai dataran tinggi. Untuk dataran rendah tersebar di Kabupaten Semarang bagian Utara dan selebihnya merupakan dataran tinggi dan perbukitan di sebelah Selatan yang merupakan kaki Gunung Ungaran. Ketinggian wilayah di Kabupaten Semarang sebagian besar pada kisaran 318 mdpl hingga 1.450 mdpl berada pada lereng Gunung Telomoyo dan Gunung Ungaran. Sedangkan berdasarkan kemiringan tanahnya wilayah Kabupaten Semarang diklasifikasikan sebagai berikut:

- ❖ Kemiringan 0-2% (datar) meliputi Kecamatan Bawen, Pringapus, Bergas, Bringin, Bancak, dan Pebelan.
- ❖ Kemiringan 2-8% (datar agak melandai) meliputi sebagian Kecamatan Kaliwungu, Suruh, Tenganan, Bancak, dan Bringin.
- ❖ Kemiringan 8-15% (landai) meliputi Kecamatan Bringin, Bancak, Pabelan, Suruh, Susukan, dan Bawen.
- ❖ Kemiringan 15-25% (agak curam) meliputi Kecamatan Bawen, Pringapus, Bancak, Bringin, Bawen, Jambu, Banyubiru, dan Tuntang.
- ❖ Kemiringan 25-40% (curam) meliputi sebagian Kecamatan Bergas, Ambarawa, Bergas, Bandungan, Getasan, dan Pringapus.

- ❖ Kemiringan 40% (sangat curam) meliputi sebagian Kecamatan Sumowono, Bergas, Bandungan, Getasan, dan Ambarawa. Gambar berikut menyajikan kondisi topografi di DTA Rawapening.



Gambar 5.2 Topografi Lokasi Penelitian DTA Rawapening

5.2.2 Geomorfologi

Morfologi yang terjadi di Kabupaten Semarang sangat kompleks yang terdiri bentuk medan dari datar, berombak, bergelombang, berbukit dan bergunung dapat dijumpai di Kabupaten Semarang. Semua bentuk medan ini juga tidak terlepas dari beragamnya kelas lereng dan wilayah ketinggian yang membentuk di Kabupaten Semarang.

- ❖ Gunung Ungaran

Endapan yang terdapat di sekitar Ungaran merupakan hasil sisa Ungaran Tua yang masih jelas terlihat. Wilayah ini mengalami pengangkatan seperti sisa-sisa Pegunungan

Kendeng dan di beberapa tempat terlihat patahan-patahan. Pusat dari Gunung Tua tenggelam sepanjang patahan-patahan yang berbentuk lingkaran. Pada depresi tadi Gunung Ungaran Muda muncul, sekarang dialiri oleh sungai yang telah membentuk lembah sempit menuju lingkaran kawah yang telah terangkat dari breksi vulkanis.

❖ Gunung Suropati dan Depresi Pening

Pada Gunung Suropati yang rendah terpotong menjadi 2 bagian oleh celah lembah yang besar. Lembah ini bergabung dengan depresi Pening di mana bahan-bahan vulkanis dari segala arah dibawa ke situ dan terbendung di sebelah timurnya oleh punggung lipatan. Terjadinya Rawapening sebenarnya karena pembendungan, baik oleh pengangkatan punggung tadi maupun oleh arus vulkanis. Sungai Tuntang telah memotong igir tadi, sehingga mengalirkan air Rawapening.

5.2.3 Geologi

Tinjauan geologi daerah penelitian dilakukan berdasarkan Peta Geologi Bersistem-Indonesia lembar Magelang-Semarang : 1408-5 dan 1409-2, Skala 1:100.000. Daerah Tangkapan Air Rawapening terbagi menjadi beberapa bagian, yaitu sebagai berikut.

- ❖ Batuan Sedimen formasi Kali Getas terdiri dari breksie vulkanik, aliran lava, tuff, batu pasir tuffan dan batu lempung. Breksie aliran dan lahar dengan sisipan lava dan tuff halus sampai kasar. Di bagian bawahnya ditemukan batu lempung yang mengandung moluscadan batu pasir tuffan. Batuan gunung api yang melapuk berwarna coklat kemerahan dan sering membentuk bongkah-bongkah besar. Ketebalan berkisar antara 50 m – 200 m. Adapun wilayah persebaran Kecamatan Ungaran Tengah, Jambu Utara, Sumowono Selatan, Bawen Barat, sebagian Kecamatan Pringapus dan Bergas. Batuan Sedimen Formasi Kali Getas ini menutupi hampir 15 % dari seluruh wilayah Kabupaten Semarang.
- ❖ Batuan Gunung Api Gajah Mungkur, terdiri dari andesit horenblenda augit yang umumnya merupakan aliran lava. Adapun wilayah persebaran batuan Gunung Api Gajah Mungkur ini meliputi : Kecamatan-kecamatan Bergas, Sumowono, Ambarawa, dan Ungaran.
- ❖ Formasi Kerek adalah perselingan batu lempung, napal, dan batu pasir tuffan, konglomerat, breksie vulkanik, dan batugamping. Batu lempung, kelabu muda-tua, gampingan, sebagian bersisipan dengan batu lanu atau batu pasir. Mengandung fosil foram, molusca dan koral-koral koloni. Lapisan tipis konglomerat terdapat dalam batu lempung di Kali Kripik dan di Batupasir. Batu gamping umumnya berlapis, kristalin

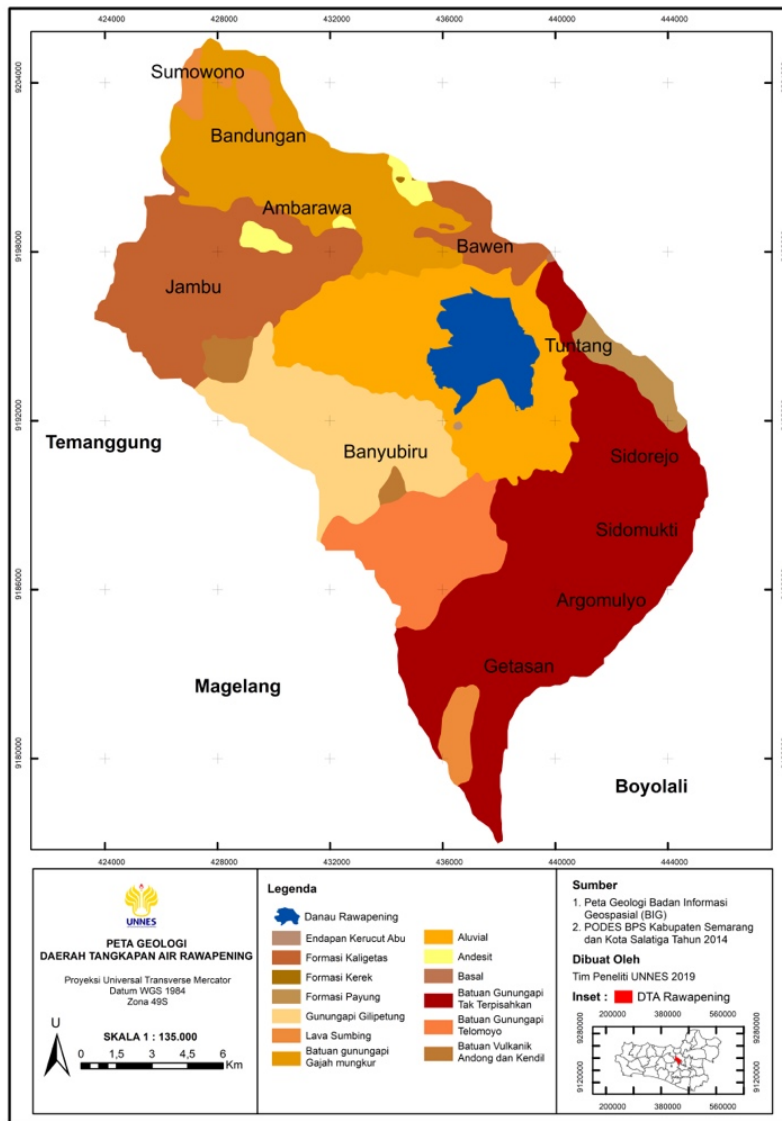
dan pasir memiliki ketebalan total lebih dari 400 m. Umur Batuan ini berumur Miosen Tengah. Adapun wilayah persebarannya meliputi Kecamatan Pringapus, Bancak, Bawen, dan Bringin.

- ❖ Formasi Batuan Gunung Api Merbabu, terdiri dari basal olivine dan andesit augit yang ditemukan sebagai kerucut utama. Formasi ini mendominasi wilayah Kabupaten Semarang bagian Selatan, dimana wilayah persebarannya meliputi Getasan, Tenganan, Pabelan, Kaliwungu, Susukan, Suruh, dan sebagian Tuntang dan Bringin. Formasi ini hampir melingkupi 35 % Kabupaten Semarang.
- ❖ Formasi Penyatan terdiri atas batupasir, breksi, tuff batu lempung dan aliran-aliran lava. Batupasir tuffan dan breksi vulkanik (aliran dan lahar) nampak dominan. Ditemukan juga batu lempung marin dan napal. Formasi ini mempunyai ketebalan lebih dari 1.000 m dan menunjukkan umur Miosen Tengah Pliosen. Wilayah persebarannya hanya di Sumowono bagian barat.
- ❖ Alluvium (Qa), merupakan dataran pantai, sungai dan danau. Dataran pantai umumnya terdiri dari lempung dan pasir mencapai ketebalan 50 m atau lebih. Endapan pasir umumnya membentuk endapan delta sebagai lapisan pembawa air dengan tebal 80 m lebih. Endapan sungai dan danau terdiri dari kerikil, kerakal, pasir dan lanau dengan tebal 1 sampai 3 m. Sedangkan bongkah tersusun dari andesit. Adapun wilayah persebarannya di sekitar Rawapening yang berada di Kecamatan-kecamatan Banyubiru, Tuntang, Jambu dan Ambarawa. Tabel berikut menyajikan luasan setiap formasi batuan di DTA Rawapening, sedangkan distribusi spasial jenis batuan di DTA Rawapening tersaji pada Gambar ...

Tabel 5.2 Luasan Formasi Batuan di DTA Rawapening

No	Jenis Batuan	Luas (km ²)
1	Formasi Kerek	0,06
2	Endapan Kerucut Abu	0,07
3	Batuan Gunungapi Telomulyo	19,09
4	Formasi Kaligetas	42,91
5	Batuan Gunungapi Gajah Mungkur	35,62
6	Basal	0,07
7	Formasi Payung	4,86
8	Gunungapi Gilipetung	30,16
9	Aluvial	51,32
10	Batuan Vulkanik Andong dan Kendil	3,28
11	Lava Sumbing	7,51
12	Batuan Gunungapi Tak Terpisahkan	7,62
13	Andesit	2,87

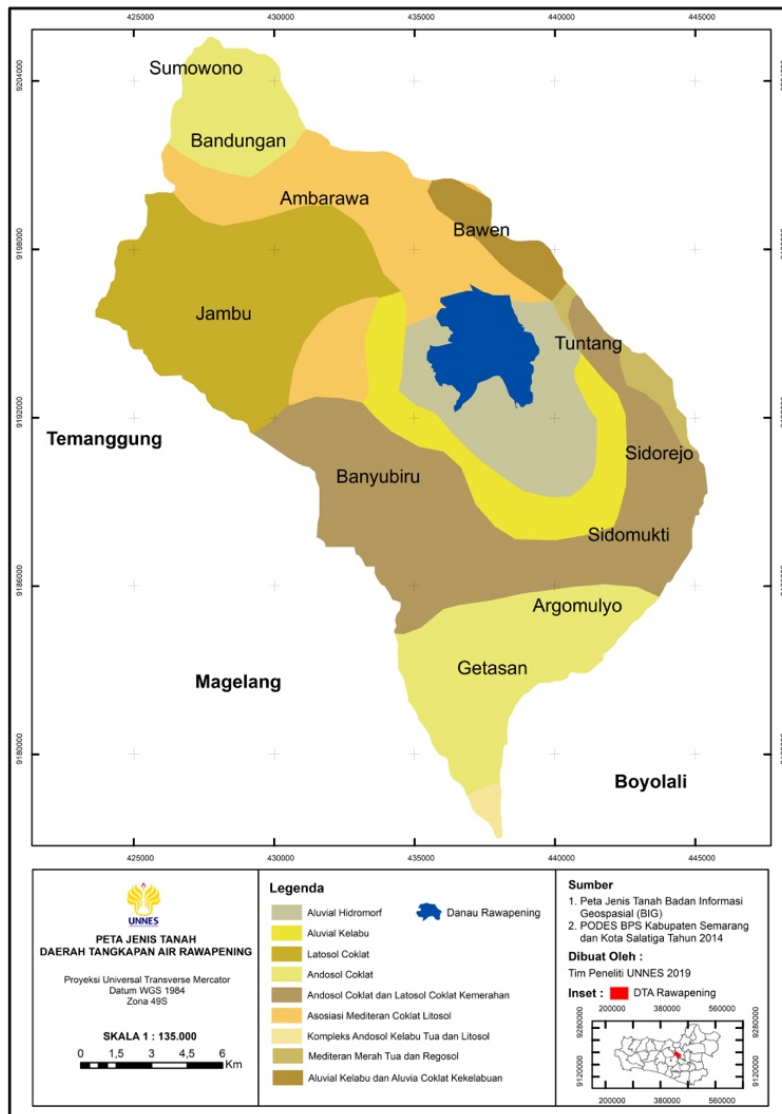
Sumber : Peta Geologi Lembar Magelang – Semarang



Gambar 5.3 Peta Geologi Lokasi Penelitian DTA Rawapening

5.2.4 Jenis Tanah

Wilayah Kabupaten Semarang terdiri dari berbagai jenis tanah yang membentuknya. Jenis-jenis tanah tersebut antara lain : Aluvial berwarna coklat tua. Regusol berwarna kelabu. Kompleks regusol berwarna kelabu dan gremosol berwarna kelabu tua. Grumosol berwarna kelabu. Andosol berwarna coklat. Asosiasi andosol berwarna coklat dan lansol berwarna coklat kemerahan. Kompleks andosol berwarna kelabu dan litosol. Litosol berwarna coklat kemerahan. Komplek latosol berwarna merah kekuningan, litosol berwarna coklat tua dan litosol. Latosol berwarna coklat tua dan kemerahan. Latosal berwarna coklat. Mediteran berwarna coklat tua. Bervariasi jenis tanah di lokasi penelitian sangat mempengaruhi terhadap penggunaan lahan terutama penggunaan lahan terkait budidaya tanaman perkebunan dan pertanian di DTA Rawapening. Gambar berikut menyajikan distribusi spasial jenis tanah di lokasi penelitian.



Gambar 5.4 Peta Tanah Lokasi Penelitian DTA Rawapening

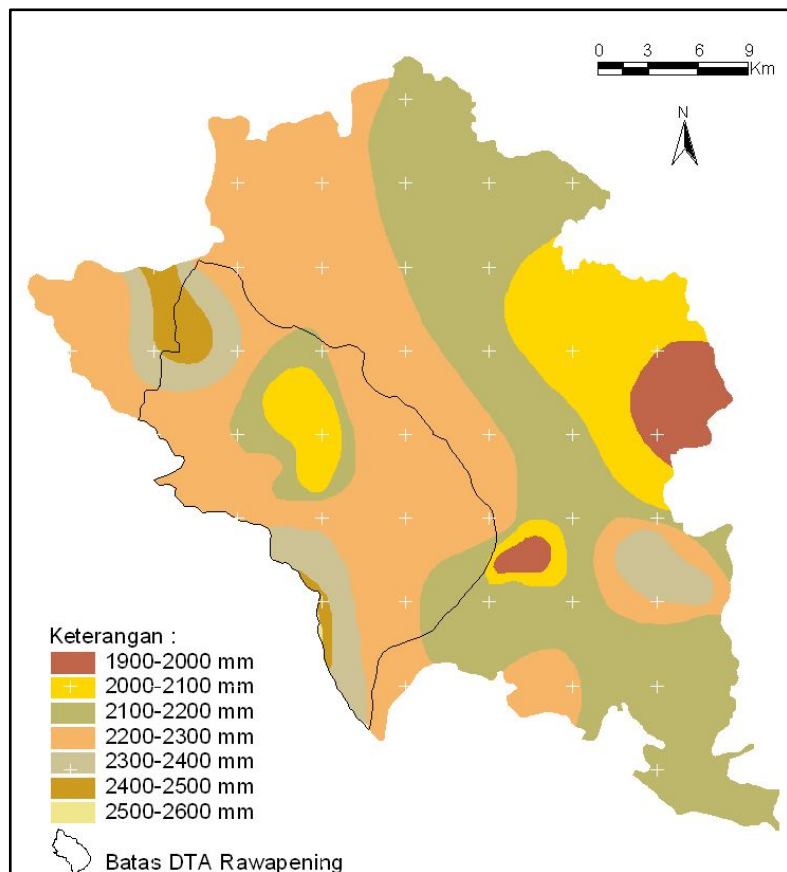
5.2.5 Iklim

Curah hujan di Kabupaten Semarang relatif merata di seluruh kecamatan dengan curah hujan rata-rata pada tahun 2018 sebesar 1.659 mm, dimana angka tersebut mengalami penurunan dibandingkan tahun sebelumnya yang sebesar 2.427 mm. Curah hujan tertinggi selama tahun 2018 terdapat di Kecamatan Getasan sebesar 2.374 mm dengan hari hujan salam satu tahun sebesar 142 hari, dimana dari segi lokasi Kecamatan Getasan berada pada ketinggian tertinggi dibandingkan kecamatan lainnya dengan ketinggian sekitar 1.450 mdp. Unsur curah hujan merupakan unsur iklim yang paling penting dan berpengaruh pada kehidupan pada umumnya karena menentukan dalam pemanfaatan lahan di suatu wilayah.

Dari Stasiun Klimatologi Semarang berhasil dikumpulkan data curah hujan harian yang terdiri dari 21 stasiun pemantau hujan yang tersebar di Kabupaten Semarang. Berdasarkan pada data curah hujan tahunan (+ 10 tahun terakhir) dipetakan garis isohyet, sehingga didapat pola

sebaran spasial curah hujan di wilayah Kabupaten Semarang. Peta Isohyet yang dihasilkan dari pengolahan data hujan harian dan dibandingkan dengan pola curah hujan musiman yang terdapat di Daerah Prakiraan Musim Kabupaten Semarang dengan series data 1950 – 2000 mempunyai pola sebaran hujan yang hampir sama.

Dari peta Isohyet rata-rata curah hujan tahunan di atas dapat dianalisis sebagai berikut. Jumlah curah tahunan di Kabupaten Semarang berkisar antara 1500 mm hingga 2600 mm. Pola umum curah hujan tahunan di Kabupaten Semarang adalah terbesar di bagian barat dan berkurang secara gradual ke arah timur. Curah hujan tahunan terbesar antara 2500 – 2600 mm terjadi di Desa-desanya Tolokan, Kopeng, di Kecamatan Getasan. Sementara itu curah hujan terkecil antara 1900 – 2000 mm terjadi di Desa Boto, Bantal, Jumpang, Bancak, Plumutan, Lembu di Kecamatan Bancak; Desa Rejosari, Pucung Kecamatan Bringin; Desa Ujung-ujung di kecamatan Pabelan; Desa Nyamat di Kecamatan Tengaran; dan Desa Dadapayam di Kecamatan Suruh. Gambar berikut menyajikan distribusi curah hujan di lokasi penelitian

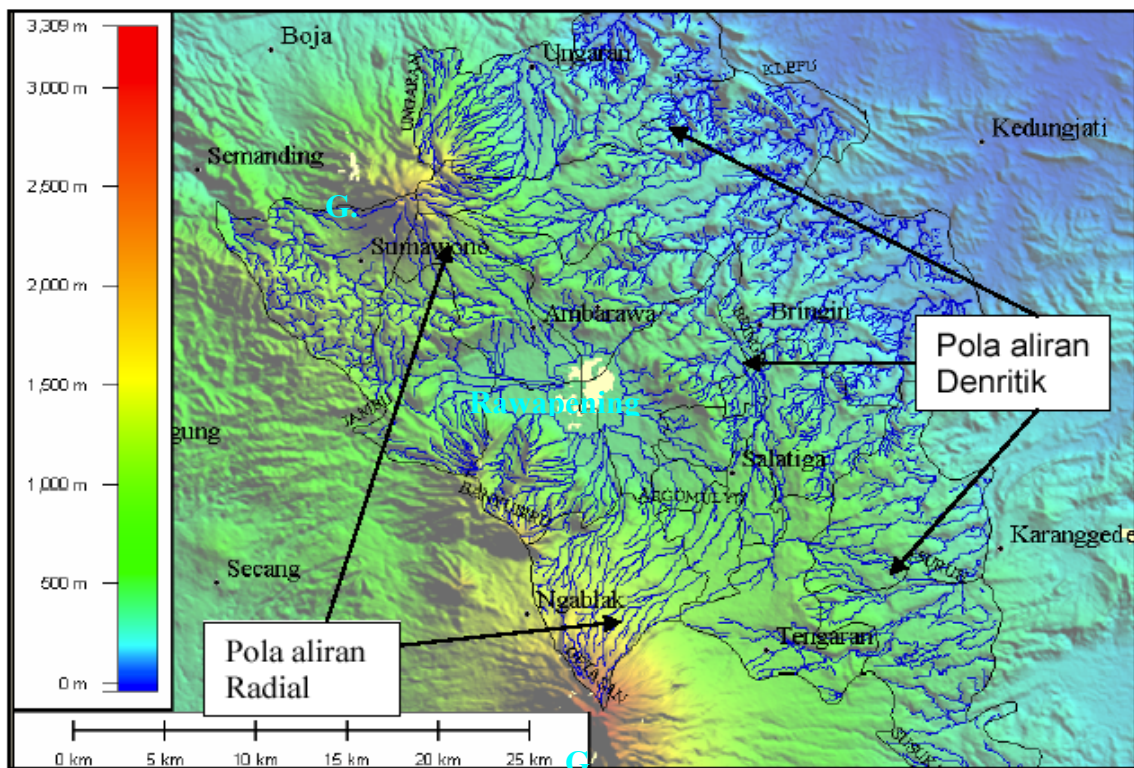


Gambar 5.5 Peta Curah Hujan DTA Rawapening

5.2.6 Hidrologi Permukaan

Sungai adalah suatu unsur alam yang sangat penting yang membentuk permukaan bumi. Sungai mengikis, mengangkat hasil kikisan dan kemudian mengendapkan bahan-bahan yang diangkatnya. Dengan demikian adanya proses pembentukan, pengikisan, pengangkutan dan

pengendapan dilakukan oleh sungai. Hasil kerja suatu sungai terhadap suatu wilayah sangat ditentukan oleh pola aliran yang terjadi. Karena itu sangat penting mengetahui pola aliran dan kedudukan sungai seiring sejarah pembentukan morfologi suatu wilayah. Sungai biasanya berawal langsung dari hujan. Lembah-lembah yang terdapat dekat puncak gunung biasanya berisi air apabila ada hujan, dan kering jika tidak ada. Sungai ada juga yang berawal dari mata air atau sumber air. Biasanya sumber mata air di lereng gunung itu terdapat di tempat-tempat yang jauh ke bawah dari puncak gunung. Sungai ada induknya atau ada anaknya. Kemudian anak sungaipun sering ada anaknya. Untuk tidak membingungkan, biasanya sungai mempunyai sistematika kepada sungai dan anak-anaknya, dengan memberikan sungai itu tingkatan. beberapa sungai secara bersama-sama biasanya membentuk pola aliran tertentu pada permukaan bumi. Untuk wilayah Kabupaten Semarang terdapat 9 Sub DAS yang rata-rata pola alirannya adalah radial bagi sungai yang berada di lereng Merbabu dan Ungaran. Sedangkan untuk selebihnya adalah dendritik (tulang daun) yang meliputi wilayah timur-utara dari Kabupaten Semarang, seperti ditunjukkan pada berikut.



Gambar 5.6 Morfologi dan Pola Aliran Lokasi Penelitian DTA Rawapening

Di Kabupaten Semarang terdapat beberapa sungai (kali) yang bermuara di Rawapening antara lain :

- ❖ Kali Pitung berasal dari Gunung Ungaran;
- ❖ Kali Muncul berasal dari Gunung Banyubiru;

- ❖ Kali Galeh berasal dari Gunung Kantong;
- ❖ Kali Terong berasal dari Gunung Kantong;
- ❖ Kali Legi berasal dari Gunung Kendil;
- ❖ Kali Parat berasal dari Gunung Telomoyo;
- ❖ Kali Rengas berasal dari Gunung Telomoyo;
- ❖ Kali Praganan berasal dari Gunung Payung;
- ❖ Kali Panjang berasal dari Gunung Ungaran.

5.3 Kondisi Sosial Ekonomi

5.3.1 Kondisi Kependudukan

Berdasarkan data sensus (BPS Kabupaten Semarang, 2019) hasil registrasi jumlah penduduk Kabupaten Semarang akhir tahun 2018 adalah sebesar 1.040.629 jiwa, dimana jika dibandingkan data penduduk tahun 2017 sebesar 1.027.489 jiwa maka laju pertumbuhan penduduk sebesar 0,52 % per tahun dari tahun sebelumnya. Dari hasil angka registrasi tersebut, diperoleh rasio jenis kelamin penduduk Kabupaten Semarang masih di bawah 100 yaitu sebesar 96,56% artinya disetiap 100 penduduk perempuan terdapat 96 penduduk laki-laki. Hal ini menggambarkan bahwa jumlah penduduk wanita lebih banyak daripada jumlah penduduk laki-laki. Fakta ini menunjukkan bahwa kecenderungan jumlah penduduk perempuan lebih banyak ketimbang laki-laki sesuai dengan kondisi demografi penduduk Indonesia. Fakta lain adalah adanya gambaran jumlah penduduk laki-laki yang merantau ke luar daerah untuk bekerja dan lainnya, sehingga banyak ditemukan di desa-desa rumah tangga yang suami atau penduduk laki-lakinya (usia kerja) tidak tinggal di rumah tetapi bekerja di luar Kabupaten Semarang. Sedangkan berdasarkan komposisi umur sekitar 75,12 % penduduk di Kabupaten Semarang merupakan penduduk usia produktif sedangkan sisanya merupakan usia non produktif, sehingga dengan tingginya jumlah penduduk usia produktif tersebut merupakan suatu aset dan potensi dalam penggerak pembangunan di wilayah tersebut. Tabel berikut menyajikan komposisi penduduk di Kabupaten Semarang berdasarkan kelompok umur.

Tabel 5.3 Komposisi Penduduk di Kabupaten Semarang Berdasarkan Kelompok Umur

No	Kelompok Umur	Jenis Kelamin		Jumlah
		Laki-laki	Perempuan	
1	0 – 4	40.273	38.261	78.534
2	5 – 9	40.795	38.155	78.950
3	10 – 14	39.601	37.614	77.215
4	15 – 19	41.125	42.614	83.739
5	20 – 24	43.462	47.312	90.774
6	25 – 29	39.949	40.847	80.796

7	30 – 34	35.961	37.300	73.261
8	35 – 39	36.306	38.386	74.692
9	40 – 44	36.593	37.544	74.137
10	45 – 49	34.531	35.936	70.467
11	50 – 54	32.532	34.645	67.177
12	55 – 59	28.403	29.745	58.148
13	60 – 64	20.803	21.382	42.185
14	65 – 69	14.913	15.924	30.837
15	70 – 74	10.848	13.273	24.121
16	75 +	15.107	20.489	35.596
Jumlah		511.202	529.427	1.040.629

Sumber: BPS Kabupaten Semarang, 2019

Sejalan dengan kenaikan penduduk maka kepadatan penduduk dalam kurun waktu lima tahun (2014 - 2018) cenderung mengalami kenaikan, pada tahun 2014 tercatat sebesar 1.006 jiwa setiap km², sedangkan tahun 2018 menjadi 1.095 jiwa setiap km². Untuk tahun 2016 rata-rata kepadatan penduduk adalah 1.067 jiwa/km². Jumlah penduduk yang terus bertambah setiap tahun tidak diimbangi dengan pemerataan penyebaran penduduk. Kepadatan penduduk di Kecamatan yang wilayahnya sebagian besar perkotaan dan kawasan industri, mempunyai kepadatan penduduk yang tinggi dibandingkan dengan Kecamatan yang wilayahnya masih merupakan daerah pedesaan. Selain itu kondisi topografi yang sangat bervariasi di Kabupaten Semarang menjadi salah satu penyebab kurang meratanya distribusi penduduk, dimana dari 19 kecamatan, sejumlah 8 kecamatan mempunyai kepadatan > 1000 jiwa/km². Kecamatan yang paling padat adalah Kecamatan Ungaran Barat sebesar 2.424 jiwa/km² dan disusul Kecamatan Ambarawa sebesar 2.239 jiwa/km², sedangkan untuk kecamatan dengan kepadatan penduduk terendah adalah Kecamatan Bancak sebesar 458 jiwa/km². Tabel berikut menunjukkan rata-rata kepadatan penduduk tiap kecamatan di Kabupaten Semarang.

Tabel 5.4 Kepadatan Penduduk menurut Kecamatan Kabupaten Semarang tahun 2018

No	Kecamatan	Luas (km ²)	Jumlah Penduduk (jiwa)	Kepadatan (jiwa/ km ²)
1	Getasan	65.80	51.399	781
2	Tengaran	47.30	72.207	1.527
3	Susukan	48.87	44.071	902
4	Kaliwungu	29.95	26.657	890
5	Suruh	64.02	60.424	944
6	Pabelan	47.97	40.099	836
7	Tuntang	56.24	66.373	1.184
8	Banyubiru	54.41	43.462	799
9	Jambu	60.88	39.583	767
10	Somowono	55.63	30.904	556

11	Ambarawa	28.22	63.193	2.239
12	Bandungan	48.23	57.849	1.199
13	Bawen	57.65	63.437	1.362
14	Bringin	61.89	43.306	700
15	Bancak	43.85	20.098	458
16	Pringapus	78.35	58.380	745
17	Bergas	47.33	87.609	1.851
18	Ungaran Barat	35.96	87.182	2.424
19	Ungaran Timur	37.99	84.196	2.216
Jumlah		950.21	1.040.629	Rata ² = 1.095

Sumber: BPS Kabupaten Semarang, 2019

5.3.2 Mata Pencaharian Penduduk

Mata pencaharian penduduk Kabupaten Semarang pada umumnya masih bekerja di bidang pertanian, hal ini sesuai dengan potensi wilayah Kabupaten Semarang yang sebagian besar masih berupa lahan pertanian. Tenaga kerja merupakan salah satu modal dalam perkembangan roda pembangunan. Jumlah dan komposisi tenaga kerja akan terus mengalami perubahan seiring dengan berlangsungnya proses demografi. Walaupun berdasarkan PDRB sektor industri menyumbang PDRB terbesar di Kabupaten Semarang, namun dari sisi penyerapan tenaga kerja sektor pertanian masih mendominasi dengan penyerapan sebanyak 35,90%, kemudian sektor industri 22,26%, sektor perdagangan sebanyak 16,03%, sektor jasa kemasyarakatan 13,51%, konstruksi 6,40%, sedangkan sisanya terbagi ke 4 sektor lainnya. Tabel 10 berikut menyajikan kondisi penduduk berdasarkan mata pencahariannya.

Tabel 5.5 Komposisi Penduduk Berdasarkan Mata Pencaharian

No	Mata Pencaharian	Jumlah	Persentase
1	Pertanian, perkebunan, kehutanan dan perikanan	133.947	23,48
2	Industri pengolahan	156.215	27,39
3	Perdagangan, rumah makan dan akomodasi	141.517	24,81
4	Jasa kemasyarakatan, sosial dan perorangan	78.259	13,72
5	Lainnya	4138	10,58
Jumlah		936802	100

Sumber: BPS Kabupaten Semarang, 2019

5.4 Penutup Lahan Eksisting dan Prediksi Perubahan Penutup Lahan

5.4.1 Penutup Lahan Eksisting

Penutup lahan eksisting (tahun 2019) daerah penelitian DTA Rawapening diperoleh dari hasil klasifikasi multispektral dengan metode supervised, dimana sumber data citra Landsat 8 akusisi tanggal 5 Juli 2019 dengan path 120 row 65 wilayah perekaman Jawa Tengah dan

sekitarnya dengan resolusi spasial 30 meter. Selanjutnya dari citra tersebut dilakukan koreksi terlebih dahulu yang terdiri dari koreksi radiometrik dan koreksi geometrik untuk membetulkan distorsi pada citra baik secara posisi dan visual. Pemilihan metode klasifikasi multispektral dengan pendekatan supervised didasarkan dari luas area penelitian yang cukup luas sebesar 265,96 ha.

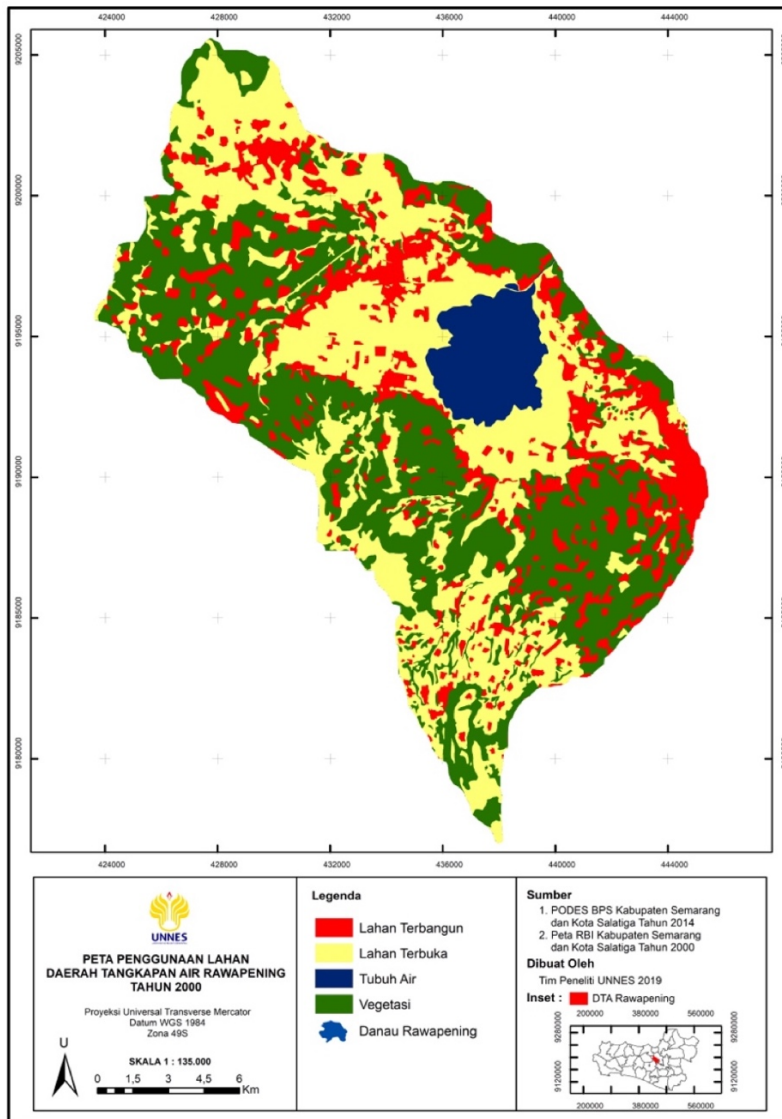
Berdasarkan hasil klasifikasi multispektral menunjukkan bahwa penutup lahan DTA Rawapening diklasifikasikan menjadi 4 (empat) kelas penutup lahan yang terdiri dari lahan terbangun, lahan terbuka, tubuh air dan vegetasi. Penutup lahan eksisting di wilayah DTA Rawapening di didominasi oleh lahan terbuka sekitar 9.120,61 ha (32,84 %) dan vegetasi sekitar 9.068,92 ha (32,65 %). Penutup lahan lahan terbuka terdiri dari lahan kosong, tegalan, ladang dan lapangan dengan distribusi yang merata di seluruh wilayah, sedangkan untuk penutup lahan vegetasi terdiri dari area hutan, kebun campuran dan sawah dengan distribusi menggerombol di bagian barat dan selatan dari wilayah penelitian. Penutup lahan vegetasi di DTA Rawapening memiliki fungsi yang sangat vital, mengingat area tersebut merupakan tempat resapan air hujan yang menjaga ketersediaan air tanah di seluruh wilayah penelitian.

Selanjutnya terdapat penutup lahan lahan terbangun dengan luas sekitar 8.053,64 ha atau sekitar 29,00% dari luas wilayah penelitian, dimana lahan terbangun memiliki pola menyebar di wilayah dengan topografi yang cenderung datar dan memanjang sepanjang jalan. Sebagian besar lahan terbangun berupa bangunan permukiman penduduk dan sebagian kecil berupa bangunan industri, sarana publick dan bangunan perdagangan dan jasa. Lahan terbangun tersebut yang nantinya akan diprediksi perkembangannya dalam 10 tahun ke depan dengan model cellular automata. Sedangkan penutup lahan lainnya berupa tubuh air dengan luas sekitar 1.529,68 ha (5,51%) yang merupakan Danau Rawapening. Tabel berikut menyajikan luas penutup lahan eksisting, sedangkan distribusi spasial penutup lahan di DTA Rawapening tersaji pada Gambar 5.7.

Tabel 5.6 Luas Penutup Lahan DTA Rawapening Tahun 2019

Kelas Penutup Lahan	Luas	
	Hectar (ha)	Percent (%)
Lahan Terbangun	8053,64	29,00
Lahan Terbuka	9120,61	32,84
Tubuh Air	1529,68	5,51
Area Vegetasi	9068,92	32,65

Sumber : Klasifikasi Multispektral Citra Landsat 8, 2019



Gambar 5.7 Penutup Lahan Lokasi Penelitian DTA Rawapening Tahun 2019

5.4.2 Uji Akurasi Peta Penutup Lahan

Uji akurasi penutup lahan dilakukan untuk mengetahui tingkat kebenaran peta penutup lahan eksisting (2019) yang telah disusun dari hasil klasifikasi multispektral, dimana tahapan ini dilakukan dengan mencocokkan setiap sampel kelas penutup lahan dengan kondisi di lapangan. Uji akurasi ini dilakukan terhadap 4 kelas penutup lahan yang terdiri dari lahan terbangun, lahan terbuka, tubuh air dan vegetasi dengan jumlah sampel yang proporsional untuk setiap kelas penutup lahan berdasarkan dari luasannya. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh total 100 sampel penutup lahan yang akan disurvei dengan mencocokkan penutup lahan yang terdapat di peta dengan kondisi aslinya di lapangan dengan dibantu alat survei GPS handheld, dimana lahan terbangun 25 sampel, lahan terbuka 26 sampel, tubuh air 21 sampel dan vegetasi 26 sampel. Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan *confussion matrix*. Tabel

berikut merupakan acuan penentuan jumlah titik sampel berdasarkan skala pemetaan, sedangkan dibawahnya merupakan perhitungan jumlah sampel setiap kelas penutup lahan yang akan disurvei

Tabel 5.7 Jumlah Titik Sampel Berdasarkan Skala

Skala	Total Sampel Minimal (TSM)
1 : 25.000	50
1 : 50.000	30
1: 250.000	20

Sumber : Pedoman Teknis Pengumpulan dan Pengolahan Data Spasial BIG, 2019

Rumus :

$$A = TSM + \left(\frac{\text{luas (ha)}}{1500} \right)$$

Keterangan

A = Jumlah Sampel

TSM = Total Sampel Minimal

❖ Lahan Terbangun

$$A = 20 + \left(\frac{8053,64}{1500} \right)$$

$$A = 20 + 5,36$$

$$A = 25 \text{ titik sampel}$$

❖ Lahan Terbuka

$$A = 20 + \left(\frac{9120,61}{1500} \right)$$

$$A = 20 + 6,08$$

$$A = 26 \text{ titik sampel}$$

❖ Tubuh Air

$$A = 20 + \left(\frac{1529,68}{1500} \right)$$

$$A = 20 + 1,01$$

$$A = 21 \text{ titik sampel}$$

❖ Vegetasi

$$A = 20 + \left(\frac{9375,85}{1500} \right)$$

$$A = 20 + 6,25$$

$$A = 26 \text{ titik sampel}$$

Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan confusion matrix terhadap 100 sampel menunjukkan bahwa tingkat akurasi peta penutup lahan eksisting sebesar 92,70%, dimana dari 100 sampel yang diambil sebanyak 96 sampel memiliki kesamaan antara peta dengan kondisi di lapangan. Sehingga dari nilai akurasi tersebut sudah melebihi batas minimum yang dipersyaratkan sebesar 85%, selanjutnya dapat digunakan sebagai data analisis berikutnya. Tabel berikut menyajikan perhitungan uji akurasi peta penutup lahan eksisting dengan metode *confusion matrix*, sedangkan gambar berikut merupakan kenampakan sampel penutup lahan di lokasi penelitian.

Tabel 5.8 Confusion Matrix Citra satelit Landsat 8 OLI/TIRS Tahun 2019

	Klasifikasi objek				Omisi	Jumlah	Omisi (%)	Komisi (%)	Ketelitian Pemetaan (%)
	LB	LT	TA	V					
LB	23	2			2	25	8	0	92
LT		25			0	25	0	16	86,21
TA			23		0	23	0	0	100
V		2		25	2	27	7	0,00	92,59
Komisi	0	4	0	0					Ketelitian Pemetaan Keseluruhan (%)
Jumlah	23	29	23	25		100			92,70

Keterangan :

LTB : Lahan Terbangun

LTA : Lahan Terbuka

TA : Tubuh Air

V : Vegetasi



Gambar 5.8 Penutup Lahan Terbangun di Lokasi Penelitian dengan Pola Memanjang Jalan
 (Sumber : Survei Lapangan, 2019)



Gambar 5.9 Penutup Kelas Lahan Terbuka di Lokasi Penelitian terdiri dari Semak Belukar, Tegalan dan Sawah Kering (Sumber : Survei Lapangan, 2019)



Gambar 5.10 Penutup Lahan Tubuh Air di Lokasi Penelitian yang terdiri dari Sungai dan Danau Rawapening (Sumber : Survei Lapangan, 2019)



Gambar 5.11 Penutup Lahan Vegetasi di Lokasi Penelitian (Sumber : Survei Lapangan, 2019)

5.4.3 Perubahan Penutup Lahan DTA Rawapening Tahun 2000 - 2019

Analisis perubahan penutup lahan di DTA Rawapening di lakukan dalam 3 (tiga) kurun waktu yang berbeda, yaitu tahun 2000, tahun 2009 dan tahun 2019, dimana dalam analisis ini lebih difokuskan pada perkembangan lahan terbangun di wilayah penelitian. Lahan terbangun di DTA Rawapening untuk setiap tahunnya memiliki trend peningkatan yang cukup besar, hal ini terlihat dari peta penutup lahan time series di lokasi penelitian. Bersumber peta RBI tahun 2000 lahan terbangun memiliki luas sekitar 5.202,14 ha (18,73%), dimana luasan tersebut meningkat menjadi 6.722,68 ha (24,21%) tahun 2009 dan mengalami peningkatan kembali menjadi 8.053,64 ha (29,00%) pada tahun 2019. Sehingga dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa terjadi peningkatan sebesar 2.851,50 ha atau sekitar 10,27% dalam kurun waktu 19 tahun terakhir (2000 – 2019). Peningkatan luas lahan terbangun yang tidak dibatasi dapat berdampak terjadinya degradasi lingkungan.

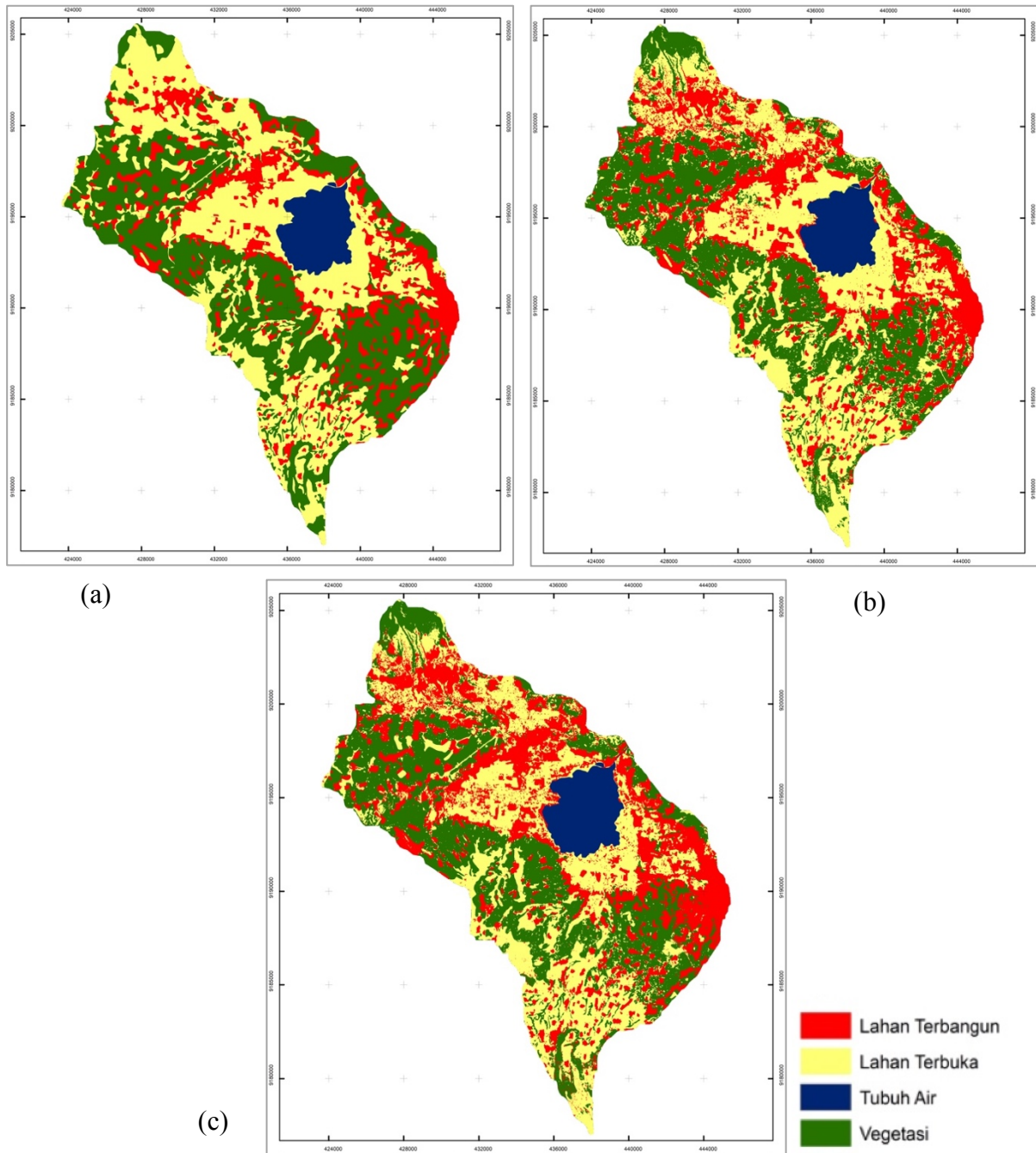
Tabel 5.9 Luas Penutup Lahan DTA Rawapening Tahun 2000, 2009 & 2019

Penutup Lahan	Luas (hectar)					
	2000	Persen (%)	2009	Persen (%)	2019	Persen (%)
Lahan Terbangun	5202,14	18,73	6722,68	24,21	8053,64	29,00
Lahan Terbuka	10510,57	37,84	10144,65	36,53	9120,61	32,84
Tubuh Air	1529,68	5,51	1529,68	5,51	1529,68	5,51
Vegetasi	10530,47	37,92	9375,85	33,76	9068,92	32,65

Sumber : Peta RBI 2000 dan Klasifikasi Multispektral Landsat 7 dan Landsat 8

Peningkatan luas lahan terbangun di DTA Rawapening dalam kurun waktu 19 tahun terakhir berdampak pada berkurangnya luas penutup lahan lainnya sebagai akibat alih fungsi lahan, dimana terdapat 2 (dua) kelas penutup lahan yang mengalami alih fungsi lahan menjadi lahan terbangun, yaitu lahan terbuka dan vegetasi. Lahan terbuka mengalami penurunan luas untuk setiap tahunnya, dimana pada tahun 2000 lahan terbuka memiliki luas sekitar 10.510,57 ha (37,84 %), dimana luasan tersebut sedikit menurun menjadi 10.144,65 ha (36,53 %) namun pada tahun 2019 lahan terbuka mengalami penurunan luas yang cukup signifikan menjadi 9.120,61 ha (32,84 %). Sedangkan untuk penutup lahan vegetasi pada tahun 2000 memiliki luas sekitar 10.530 ha (37,92%), dimana berkurang pada tahun 2009 menjadi 9.375,85 ha (33,76%) dan berkurang kembali pada tahun 2019 menjadi 9.068 ha (32,65%). Alih fungsi lahan pada kedua penutup lahan menjadi lahan terbangun sebagian besar terjadi pada penggunaan lahan ladang/tegalan, kebun campuran, sawah dan area hutan, dimana alih fungsi lahan tersebut sebagian besar berubah menjadi area permukiman. Meningkatnya area permukiman di suatu wilayah pada umumnya disebabkan oleh peningkatan jumlah penduduk yang membutuhkan

bangunan untuk tempat tinggal. Gambar berikut menyajikan distribusi spasial penutup lahan *time series* di DTA Rawapening.

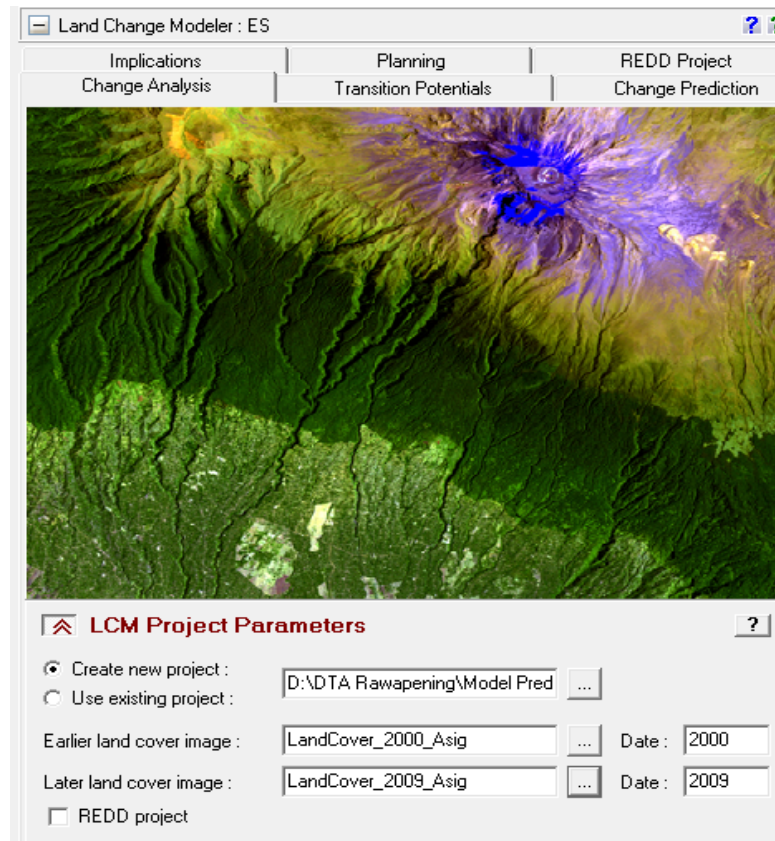


Gambar 5.12 Penutup Lahan DTA Rawapening Tahun 2000 (a), Tahun 2009 (b) dan Tahun 2019 (c)

(Sumber: Peta RBI 2000, Landsat 7 2009 & Landsat 8 2019)

5.4.4 Prediksi Perubahan Penutup Lahan Tahun 2019 dan 2031

Prediksi perubahan penutup lahan tahun 2019 dan 2031 diperoleh dari pemodelan cellular automata dengan menggunakan software Idrisi Selva 17.02 dengan metode Multi Layer Perceptron (MLP) di DTA Rawapening. Metode MLP dapat menggambarkan korelasi antar parameter input dan output, dimana dalam pemrosesannya metode ini terdiri dari 3 tahapan, yaitu *change analysis*, *transitional potential*, dan *change prediction*. Gambar berikut menampilkan menu land change modeler pada Idrisi Selva 17.02.

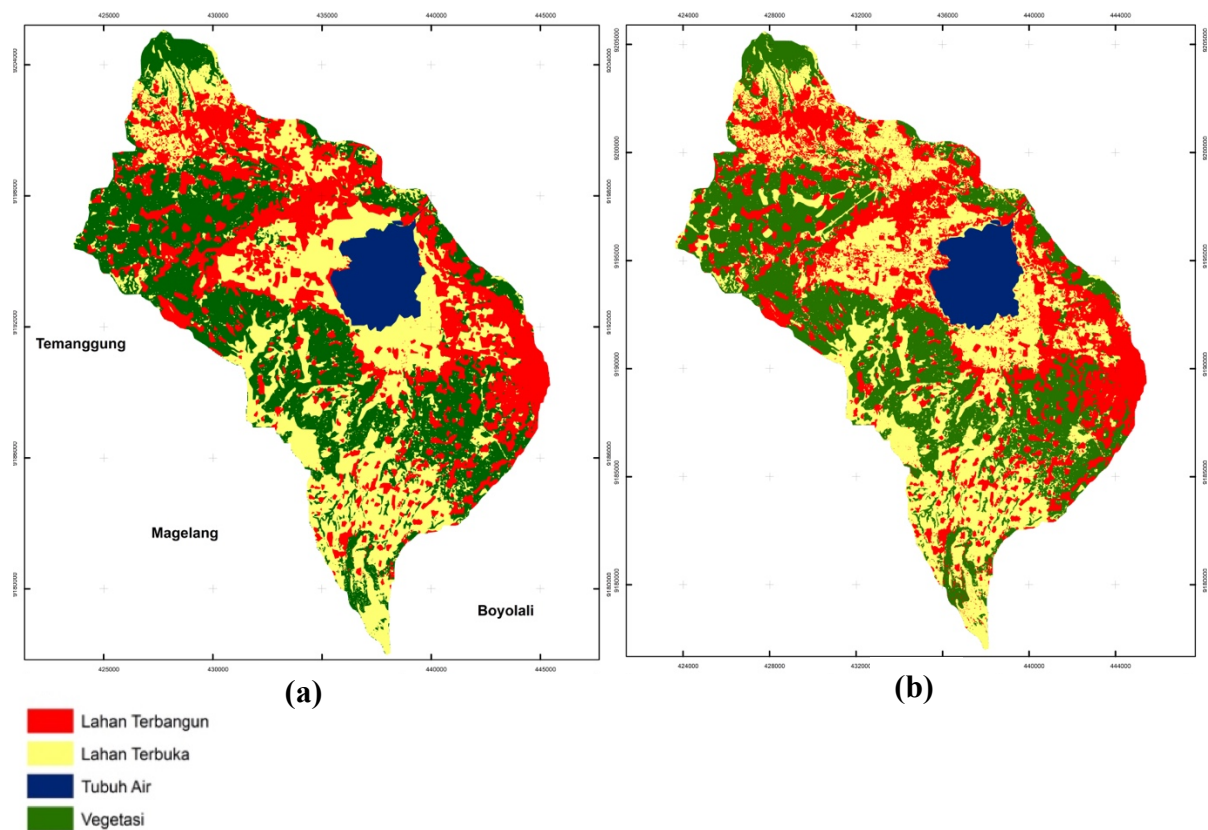


Gambar 5.13 Menu Land Change Modeler untuk Pemrosesan Prediksi Lahan Terbangun.

Prediksi perubahan penutup lahan pada tahun 2019 dan 2031 lebih difokuskan pada pertumbuhan lahan terbangun di lokasi penelitian dikarenakan kelas penutup lahan tersebut cukup dinamis dan dapat memberikan dampak negatif bagi keseimbangan lingkungan jika tidak dikontrol dan dibatasi. Penyusunan peta prediksi penutup lahan tahun 2019 menggunakan basemap peta penutup lahan tahun 2000 sedangkan peta prediksi penutup lahan tahun 2031 menggunakan acuan basemap penutup lahan tahun 2019 dengan beberapa parameter pengontrol antara lain jarak terhadap jalan, jarak terhadap pusat kegiatan masyarakat dan topografi, dimana

seluruh data tersebut dirubah terlebih dahulu ke dalam format data raster sebelum dilakukan pemrosesan.

Selanjutnya dari peta prediksi penutup lahan tahun 2019 dilakukan uji validasi model dengan penutup lahan eksisting tahun 2019 hasil klasifikasi multispektral, dimana tujuan dari uji validitas ini untuk melihat keselarasan peta prediksi penutup lahan tahun 2019 dengan peta penutup lahan eksistingnya. Validasi model yang dilakukan menggunakan metode *ROC (Relative Operating Characteristic)* pada menu *GIS Analysis* di Idrisi Selva 17.02, dimana dari hasil validasi tersebut nantinya akan menghasilkan nilai *Area Under ROC (AUC)*. Hasil perhitungan yang telah dilakukan menghasilkan nilai AUC sebesar 0,55 yang masuk kategori *moderate agreement*. Beberapa faktor yang mempengaruhi nilai AUC tidak maksimal seperti citra yang digunakan memiliki resolusi menengah (30 m) dan metode intepretasi yang digunakan dengan klasifikasi multispektral pendekatan *supervised*. Sedangkan untuk peta prediksi penutup lahan tahun 2031 tidak dilakukan uji validitas karena tidak terdapat peta acuan yang digunakan sebagai pembanding, sehingga estimasi tingkat akurasi model mengacu pada hasil validasi model penutup lahan tahun 2019.



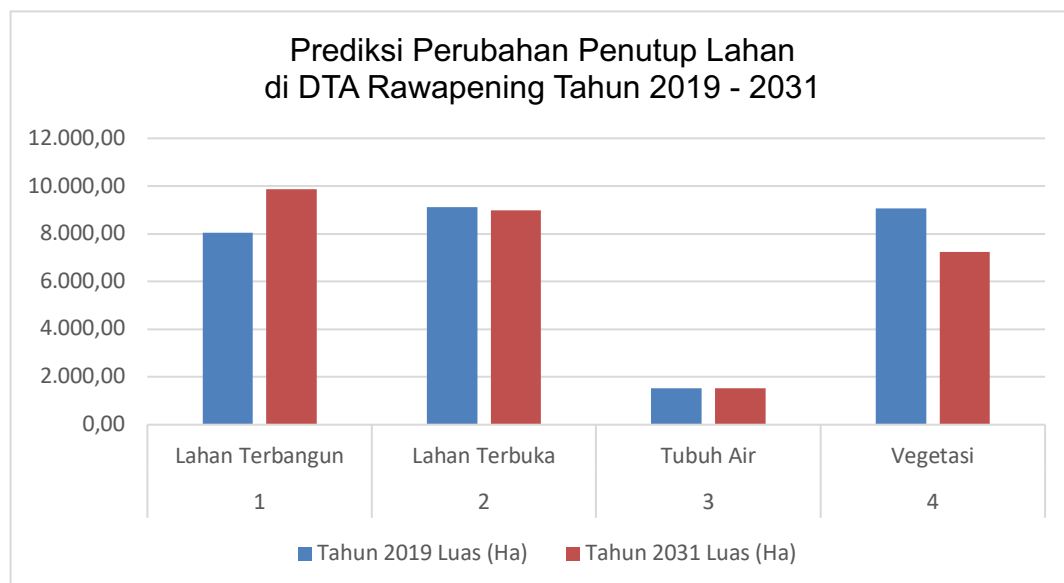
Gambar 5.14 Peta Prediksi (a) dan Eksisting (b) Penutup Lahan di DTA Rawapening Tahun 2031

Berdasarkan hasil pemodelan yang telah dilakukan dapat digambarkan bahwa lahan terbangun pada tahun 2031 meningkat menjadi 9.868,43 ha atau meningkat sebesar 1.814,78 ha selama kurun waktu 12 tahun. Peningkatan luas lahan terbangun memiliki korelasi dengan pertumbuhan penduduk yang mengalami peningkatan dalam kurun waktu tersebut. Lahan terbangun yang berkembang pada tahun 2031 sebagian besar memiliki pola memanjang di sepanjang jalan dan berada pada area yang memiliki topografi yang relatif datar. Perkembangan lahan terbangun tersebut akan berdampak pada berkurangnya luas lahan lainnya, seperti lahan terbuka yang dalam kurun waktu tersebut berkurang luasannya sebesar 126,42 ha dan area vegetasi berkurang sebesar 1.840,84 ha, sedangkan untuk tubuh air masih memiliki luas yang tetap karena memang dalam pemodelannya diasumsikan untuk tidak berubah. Tabel berikut menyajikan penutup lahan tahun 2019 dan hasil prediksi tahun 2031 di lokasi penelitian.

Tabel 5.10 Prediksi Perubahan Penutup Lahan di DTA Rawapening Tahun 2019 - 2031

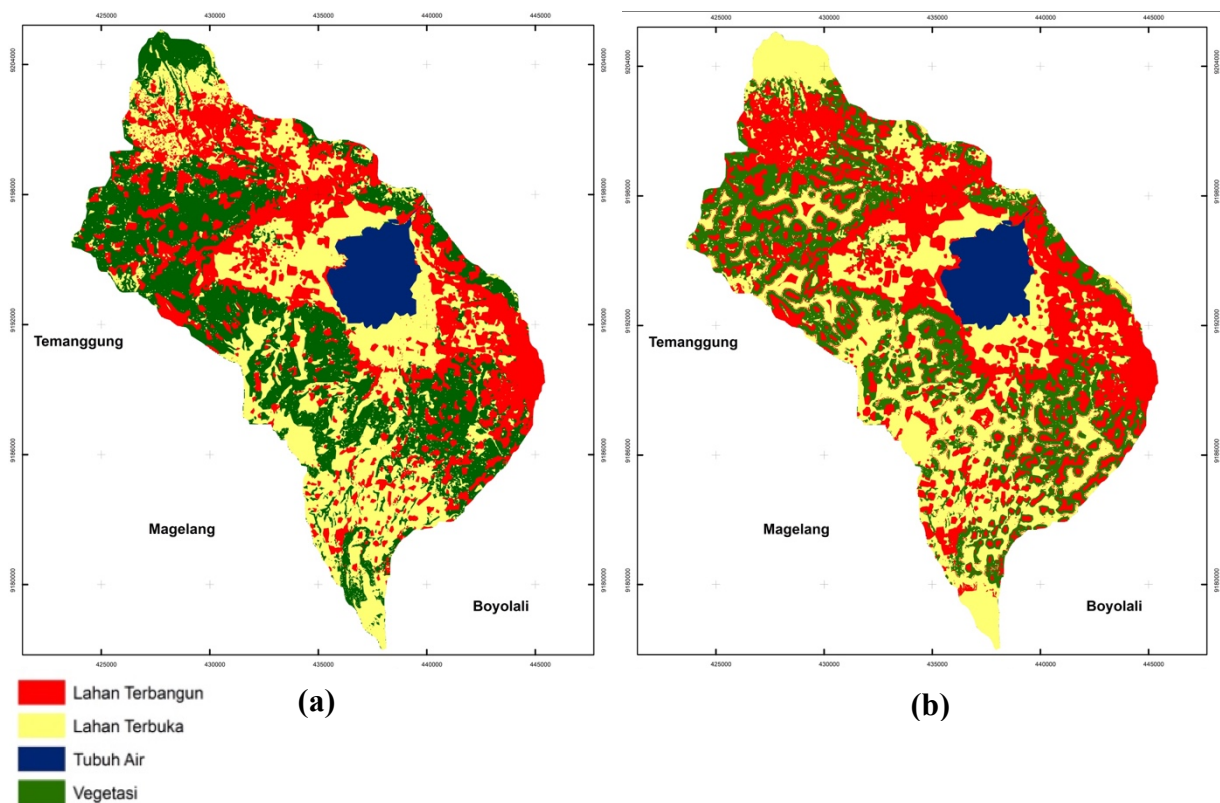
No	Penutup Lahan	Tahun 2019	Tahun 2031
		Luas (Ha)	Luas (Ha)
1	Lahan Terbangun	8.053,65	9.868,43
2	Lahan Terbuka	9.120,62	8.994,20
3	Tubuh Air	1.529,10	1.529,10
4	Vegetasi	9.068,93	7.228,09

Sumber : Intepretasi Citra 2019 & Simulasi Cellular Automata



Gambar 5.15 Grafik Prediksi Perubahan Penggunaan Lahan di DTA Rawapening Tahun 2019 - 2031

Hasil prediksi penutup lahan tahun 2031 menjadikan luas area vegetasi berkurang sangat drastis sebesar 1.840,84 ha yang dikonversi menjadi lahan terbangun. Berkurangnya area vegetasi akan berdampak pada menurunnya kualitas lingkungan, mengingat vegetasi memiliki manfaat yang sangat besar dalam menjaga keseimbangan lingkungan, seperti daerah resapan air, sumber oksigen dan dapat mengikat tanah untuk mengurangi risiko longsor. Selain itu berkurangnya area vegetasi akan berdampak pada peningkatan sedimen sungai yang bermuara ke Danau Rawapening sehingga berpotensi terjadinya pendangkalan dan mengakibatkan perairan menjadi subur yang dapat memicu pertumbuhan enceng gondok. Gambar berikut menyajikan distribusi spasial penutup lahan tahun 2019 dan hasil prediksi tahun 2031.



Gambar 5.16 Peta Penutup Lahan tahun 2019 (a) dan Tahun 2031 (b) DTA Rawapening

5.4.5 Kesesuaian Penutup Lahan Tahun 2031 dengan RTRW Lokasi Penelitian

Kesesuaian penutup lahan tahun 2031 dengan RTRW diperoleh dari hasil analisis *overlay* kedua peta tersebut, dimana berdasarkan analisis yang telah dilakukan terjadi ketidaksesuaian pertumbuhan lahan terbangun tahun 2031 dengan RTRW yang ada sebesar 3.766 ha (14,16%) di DTA Rawapening. Ketidaksesuaian tersebut terjadi di beberapa wilayah, seperti Kecamatan Bandungan, Kecamatan Ambarawa, Kecamatan Bawen, Kecamatan Banyubiru, Kecamatan Jambu dan Kecamatan Getasan. Kecamatan Bandungan memiliki tingkat ketidaksesuaian tertinggi sebesar 801,894 ha untuk pertumbuhan lahan terbangun, dimana wilayah yang

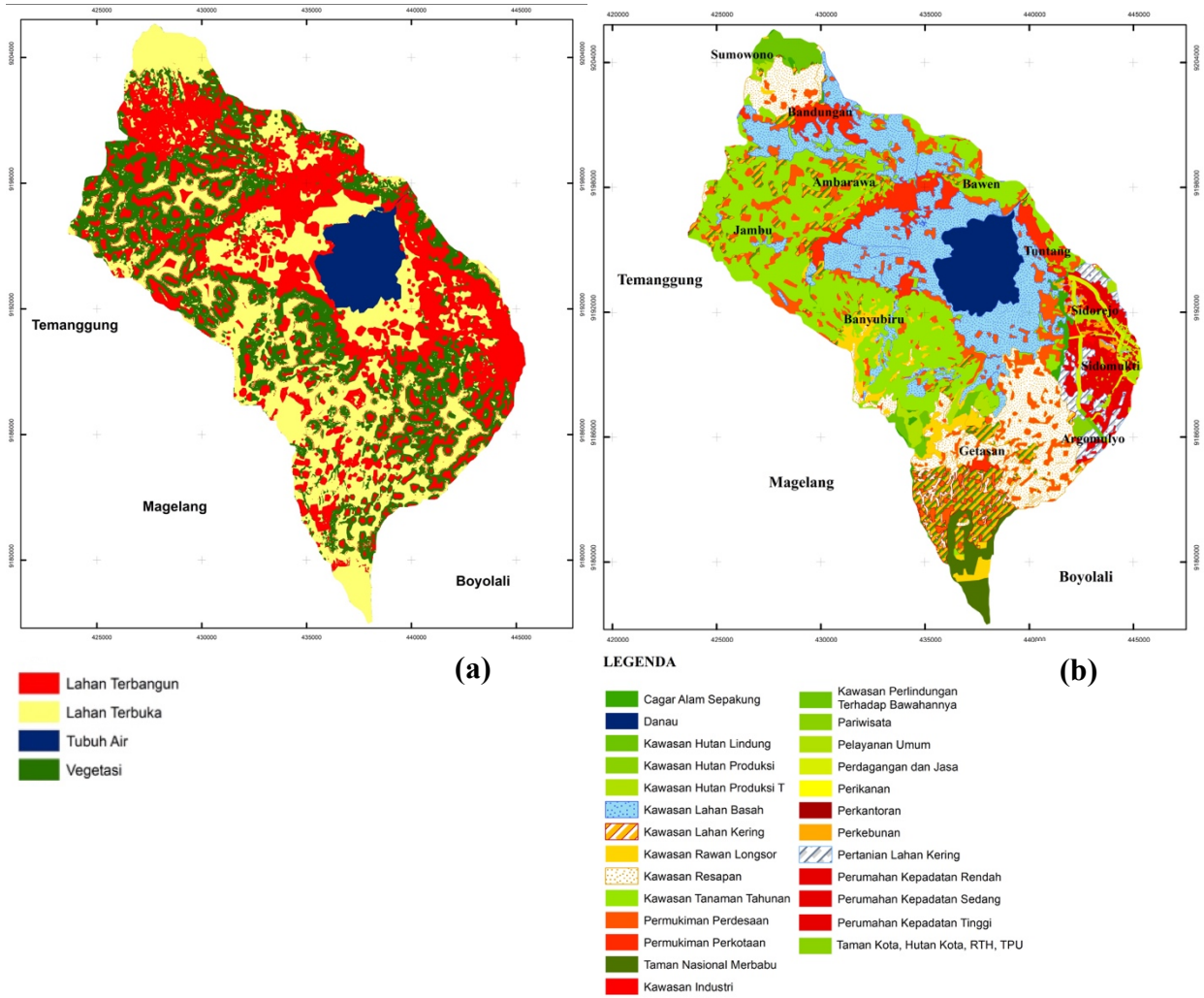
berubah menjadi lahan terbangun tersebut merupakan daerah resapan air, kawasan lahan basah dan kawasan tanaman tahunan di RTRW. Prediksi meningkatnya lahan terbangun dengan pesat di Kecamatan Bandungan pada tahun 2031 lebih dipengaruhi oleh kondisi geografis wilayahnya yang sangat potensial bagi pengembangan pariwisata sehingga pada tahun 2031 diprediksi akan terjadi pertumbuhan bangunan-bangunan baru untuk mendukung aktivitas tersebut seperti hotel, vila, fasilitas umum dan permukiman tentunya.

Selanjutnya pertumbuhan lahan terbangun yang tidak sesuai dengan RTRW juga terjadi di Kecamatan Ambarawa, dimana di wilayah tersebut terdapat sekitar 19,073 ha lahan terbangun yang tidak sesuai dengan RTRW. Pertumbuhan lahan terbangun di wilayah tersebut disebabkan bahwa terdapat beberapa industri, bangunan perdagangan, fasilitas publik. Berdasarkan hasil analisis tersebut yang menggambarkan prediksi pertumbuhan lahan terbangun yang tidak sesuai dengan RTRW pada tahun 2031 hendaknya dapat digunakan sebagai masukan bagi pemangku kepentingan untuk lebih ketat dalam memberikan izin mendirikan bangunan karena banyak terdapat lahan terbangun yang diprediksi akan berkembang di kawasan lindung dan budidaya yang berupa area vegetasi (hutan dan perkebunan). Selain itu hendaknya perlu dilakukan evaluasi perubahan penggunaan lahan untuk setiap 1 atau 2 tahun sekali terutama di kecamatan-kecamatan yang diprediksi memiliki pertumbuhan lahan terbangun yang tinggi, harapannya pertumbuhan lahan terbangun di area-area yang tidak semestinya dapat lebih terkontrol dan lebih mudah untuk ditertibkan. Sehingga kawasan-kawasan lindung yang berfungsi sebagai area konservasi masih dapat menjalankan fungsinya dengan baik untuk menjaga keseimbangan lingkungan di DTA Rawapening. Tabel berikut menyajikan tingkat kesesuaian peta prediksi lahan terbangun tahun 2031 dengan RTRW di DTA Rawapening.

Tabel 5.11 Kesesuaian Peta Prediksi Penutup Lahan Tahun 2031 dengan RTRW DTA Rawapening

No	Penutup Lahan	RTRW	PL Prediksi 2031	Ketidakselarasan (ha)	Ketidakselarasan (%)	Total
1	Lahan Terbangun	6.102,75	9.868,42	3.766	14,16	
2	Lahan Terbuka	9.853,00	8.994,20	859	3,23	32,31%
3	Vegetasi	9.562,70	7.228,09	2.334	8,78	

Sumber : Analisis, 2019



Gambar 5.17 Peta Prediksi Penutup Lahan Tahun 2031 dan RTRW DTA Rawapening

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

- a. Penutup lahan di lokasi penelitian DTA Rawapening diklasifikasikan menjadi 4 kelas yaitu lahan terbangun, lahan terbuka, tubuh air dan vegetasi dengan menggunakan klasifikasi multispectral pendekatan supervised dengan tingkat akurasi 92,70%. Penutup lahan lahan terbuka dan vegetasi merupakan penutup lahan terluas dengan luas sekitar 9.120,61 ha untuk lahan terbuka dan 9.068,92 ha untuk vegetasi. Sedangkan lahan terbangun memiliki luas 8.053 ha. Hasil analisis perubahan penutup lahan tahun 2000 – 2019 menunjukkan bahwa lahan terbangun memiliki trend yang selalu mengalami peningkatan luas sebesar 2.851,50 ha dalam kurun waktu 19 tahun.
- b. Hasil prediksi dengan model cellular automata terhadap penutup lahan tahun 2019 dan 2031 dengan tingkat akurasi model dari hasil uji validitas terhadap peta prediksi tahun 2019 sebesar 0,55 (moderate agreement). Sedangkan pada tahun 2031 lahan terbangun di lokasi penelitian akan meningkat sebesar 1.814,78 ha.
- c. Hasil analisis kesesuaian penutup lahan tahun 2031 dengan RTRW diperoleh dari hasil ketidaksesuaian pertumbuhan lahan terbangun tahun sebesar 3.766 ha (14,16%) di DTA Rawapening yang di beberapa wilayah, seperti Kecamatan Bandungan, Kecamatan Ambarawa, Kecamatan Bawen, Kecamatan Banyubiru, Kecamatan Jambu dan Kecamatan Getasan.

6.2 Saran

1. Perubahan penggunaan lahan terutama lahan terbangun hendaknya selalu dikontrol terutama di area-area vegetasi yang merupakan kawasan konservasi di DTA Rawapening.
2. Pemangku wilayah di DTA Rawapening hendaknya lebih selektif dalam memberikan Ijin Mendirikan Bangunan (IBM) dan dapat menertibkan bangunan-bangunan yang tidak sesuai dengan RTRW sehingga bangunan yang ada saat ini tidak semakin berkembang.

DAFTAR PUSTAKA

- Parman, S., Tjaturahono B.S., 2017. Partisipasi Masyarakat Dalam Melakukan Konservasi Lingkungan Sekitar Rawapening. FIS UNNES.
- Prabowo, D.P., Syamsul B., Bagus S.W. 2017. Prediksi Perubahan Penggunaan Lahan dan Pola berdasarkan Citra Landsat Multiwktu dengan Land Change Modeler (LCM) IDRISI Selva 17: Studi Kasus Sub DAS Brantas Hulu. *JURNAL PENDIDIKAN GEOGRAFI: Kajian, Teori, dan Praktek dalam Bidang Pendidikan dan Ilmu Geografi Tahun 22*, No. 1, Januari 2017 Halaman: 32-48
- Nurhidayati1, I Buchori, Mussadun dan T R Fariz. 2010. Cellular Automata Modelling in Predicting the Development of Settlement Areas, A Case Study in The Eastern District of Pontianak Waterfront City. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 79* (2017) 012010
- Kurniawan, I., Baba B., dan Andrea E.P. 2017. Pemodelan Spasial Perubahan Penggunaan Lahan di Taman Nasional Gunung Halimun Salak dan Daerah Penyangganya. *Journal of Regional and Rural Development Planning*. Vol. 1, No. 3. Hal. 270-286. (ISSN: 2549-3922, EISSN: 2549-3930).
- Nahib, Irmadi. 2016. Prediksi Spasial Dinamika Areal Terbangun Kota Semarang dengan Menggunakan Model Regresi Logistik. *Majalah Ilmiah Globe*. Vol. 18, No. 2. Hal. 95-104. ISSN: 2502-2172 (online) ISSN: 1411-0512 (print).
- Fitriyanto, B. R., Muhammad H., dan Hadiyanto. 2018. Model Prediksi Perubahan Penggunaan Lahan dengan Pendekatan Sistem Informasi Geografis dan Cellular Automata Markov Chain: Studi Kasus Kabupaten Rokan Hulu, Provinsi Riau. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) 2018* (ISSN: 1979-911X).
- Indarto dan Arif Faisol. 2012. *Konsep Dasar Analisis Spasial*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Marfai, Muh. Aris. 2015. *Pemodelan Geografi*. Yogyakarta: Penerbit Ombak.
- Ridwan, F., Muhammad A., dan Komarsa G. 2017. Pemodelan Perubahan Penutupan/Penggunaan Lahan dengan Pendekatan Artificial Neural Network dan Logistic Regression (Studi Kasus: DAS Citarum, Jawa Barat). *Buletin Tanah dan Lahan*. Vol. 1, No. 1. Hal. 30-36.
- Syauqi, M. Barron dan Suprpto D. 2017. Studi Pengaruh Penggunaan Lahan terhadap Perubahan Infiltrasi dan Limpasan Permukaan di Sebagian Wilayah Desa Maguwoharjo, Depok, Sleman, D.I Yogyakarta. *Jurnal Bumi Indonesia*. Vol. 6 No. 4.
- Wardani, D.W., Projo D., dan Bowo S. 2016. Kajian Perubahan Penggunaan Lahan Berbasis Citra Satelit Penginderaan Jauh Resolusi Menengah dengan Metode Multi Layer Perceptron dan Marcov Chain. *Majalah Geografi Indonesia*. Vol. 30, No. 1. (ISSN: 0215-1790 (print) ISSN: 2540-945X (online))
- Vink, A.P.A. 1975. *Land Use in Advance Agriculture*. Springer Verlag. New York

- Jensen, John R. 1986. *Introductory Digital Image Processing – a Remote Sensing Perspective*. London : Prentice Hall
- Elmaadi, A.R., 1999. *Pemodelan Interpretabilitas Citra Berdasarkan Pengolahan Secara Dijital untuk Wilayah Perkotaan*. Fakultas Geografi UGM, Yogyakarta.
- Danoedoro, Projo. 2016. *Membangun Sistem Klasifikasi Penggunaan Lahan Multiguna Berbasis Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis untuk Pengelolaan Lingkungan*. Fakultas Geografi UGM: Yogyakarta.
- Ritohardoyo, Su. 2013. *Penggunaan dan Tata Guna Lahan*. Yogyakarta: Ombak.
- Siswanto. 2006. *Evaluasi Sumberdaya Lahan*. Surabaya: UPN Press.
- Sitorus, Santun R.P. 2016. *Perencanaan Penggunaan Lahan*. Bogor: IPB Press.
- Wijaya, M.S., dan Bowo S., 2013. Integrasi Model Spasial Cellular Automata dan Regresi Logistik Biner untuk Pemodelan Dinamika Perkembangan Lahan Terbangun (Studi Kasus Kota Salatiga), *Jurnal Bumi Indonesia*. Vol. 2, No. 1. Hal.125-133.
- Wijaya, M.S. dan Nuril U., 2015. Pemodelan Spasial Perkembangan Fisik Perkotaan Yogyakarta Menggunakan Model Cellular Automata dan Regresi Logistik Biner. *Majalah Ilmiah Globe*. Vol. 17 No. 2 (2015). ISSN: 2502-2172 (online) ISSN: 1411-0512 (print).
- Dinas PSDA, *Sistem Pengelolaan Air Rawapening*, 2003.
- Sanjoto, T.B., Apik B. S., 2008. *Model Interaktif Perubahan Kerapatan Vegetasi Dengan Citra Satelit dan Pengaruhnya Terhadap Dinamika Debit Danau Rawapening Kabupaten Semarang*. FIS UNNES. Semarang.
- Sanjoto, T.B., Puji H., Apik B.S., Saptono P., 2013. *Model Arahkan Kawasan Resapan di Daerah Tangkapan Air Rawapening Kabupaten Semarang*. Laporan Penelitian Hibah Bersaing. LP2M. UNNES.

Lampiran 1. Instrumen Penelitian

INSTRUMEN PENELITIAN

A. Pengantar

Rawapening merupakan perairan danau memiliki bentuk biogeofisik yang spesifik, dimana selain mempunyai potensi keanekaragaman hayati juga mempunyai fungsi sosio-ekonomi dan ekologi yang sangat penting bagi kehidupan masyarakat dan lingkungan sekitarnya. Danau Rawapening telah ditetapkan menjadi salah satu destinasi pariwisata unggulan di Provinsi Jawa Tengah sehingga perlu dijaga dan dilestarikan agar keberadaannya bisa dinikmati oleh anak cucu kita. Meskipun demikian, fakta di lapangan menunjukkan bahwa aktifitas penduduk di sekitar Rawapening semakin berkembang sehingga muncul permasalahan berupa terjadinya degradasi lingkungan yang berlangsung hingga saat ini. Degradasi ini terjadi sebagai akibat penutupan tumbuhan eceng gondok dan proses pendangkalan dasar waduk oleh sedimen yang berasal dari tumbuhan eceng gondok, erosi tanah dan juga dari limbah permukiman (Dinas PSDA, 2013). Proses degradasi ini juga dipercepat dengan semakin rusak hutan di daerah bagian hulu yang tercakup dalam Daerah Tangkapan Air (DTA) Rawapening. Faktor utama penyebab kerusakan di wilayah tersebut akibat dari alih fungsi lahan di beberapa wilayah konservasi DTA Rawapening, dimana lahan yang awalnya berupa tutupan vegetasi beralih fungsi menjadi lahan terbangun.

Berdasarkan uraian tersebut, maka peneliti bermaksud untuk mengkaji perubahan penggunaan lahan di DTA Rawapening dari tahun 1990, tahun 2000, tahun 2010 dan tahun 2019 yang diprediksi sebagai penyebab kerusakan di Rawapening. Sehingga dari hasil perubahan penggunaan lahan tersebut digunakan sebagai dasar untuk memprediksi pertumbuhan lahan terbangun pada tahun 2030 yang harapannya dari hasil prediksi tersebut dapat digunakan sebagai rekomendasi pengelolaan dan perencanaan penggunaan lahan di DTA Rawapening.

B. Data yang Dibutuhkan

Data yang dibutuhkan dalam menunjang terlaksananya penelitian “Prediksi Perkembangan Lahan Terbangun Berdasarkan *Celluler Automata Modelling* Menggunakan Citra Penginderaan Jauh Sebagai Dasar Rekomendasi Perencanaan Tata Guna Lahan Daerah Tangkapan Air Rawapening”, antara lain:

- 1) Citra Landsat akusisi tahun 1990, tahun 2000, tahun 2010 dan tahun 2019 wilayah perekaman Jawa Tengah (path : 120, row : 65) yang digunakan untuk mendapatkan gambaran penggunaan lahan di lokasi penelitian secara *time series*;
- 2) Peta administrasi Kabupaten Semarang, skala 1:50.000 dalam format *shapfile*;
- 3) Peta Rupabumi skala 1 : 25.000 dalam format *shapfile*;
- 4) Peta Geologi skala 1 : 100.000 dalam format *shapfile*;
- 5) Peta Geomorfologi skala 1 : 50.000 dalam format *shapfile*;
- 6) Peta Topografi yang diturunkan dari data ASTER GDEM/ SRTM;
- 7) Peta Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Semarang;
- 8) Peta pusat-pusat kegiatan masyarakat;

C. Alat yang Dibutuhkan

Alat yang dibutuhkan dalam menunjang terlaksananya kegiatan penelitian ini, antara lain:

- 1) Seperangkat Komputer dengan processor Intel (R) Core (TM) i5-3217U CPU @ 2.80 GHz (4 CPUs), - 2.8 GHz, Memory 8096 MB Ram, VGA nvidia Geforce 720m 2 gb;
- 2) Software Image Processing ENVI 4.8;
- 3) Software ArcGIS 10.6;
- 4) Software Image Processing Idrisi Selva 17.02
- 5) GPS Garmin seri 76csx.

D. Teknik Pengolahan Citra Digital Landsat 5, Landsat 7 dan Landsat 8

Citra Landsat merupakan sumber data utama yang digunakan dalam penelitian ini, dimana sebelum digunakan untuk menurunkan data penggunaan lahan di lokasi penelitian, citra tersebut dilakukan pengolahan awal terlebih dahulu (pre processing image) yang meliputi koreksi radiometrik dan koreksi geometrik. Koreksi radiometrik menggunakan metode Dark Object Subtraction (DOS) dan Top of Atmosphere (ToA), sedangkan koreksi geometrik dilakukan dengan metode Registration image to image. Tahapan koreksi tersebut dilakukan terhadap 4 data citra *time series*. Setelah melalui tahapan tersebut, maka citra tersebut sudah terkoreksi secara radiometrik dan geometrik sehingga sudah siap digunakan untuk menurunkan data penggunaan lahan. Penggunaan lahan di lokasi penelitian diperoleh dari klasifikasi multispektral citra Landsat dengan pendekatan supervised sehingga diperoleh penggunaan lahan tentatif. Selanjutnya dari peta hasil klasifikasi yang menggambarkan penggunaan lahan eksisting (tahun 2019) dilakukan survei lapangan pada setiap kelas penggunaan lahan dengan mengambil sampel secara bertingkat. Tujuan survei lapangan tersebut untuk menguji tingkat

akurasi peta penggunaan lahan dari hasil klasifikasi citra. Berikut disajikan tabel yang digunakan sebagai acuan kegiatan survei lapangan untuk mengetahui tingkat akurasi penggunaan lahan di lokasi penelitian.

Tabel 1. Uji Akurasi Penggunaan Lahan

No	Jenis Penggunaan Lahan Hasil Intepretasi	Koordinat		Penggunaan Lahan di Lapangan	Keterangan
		X	Y		
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					

Lampiran 2. Personalia Tim Peneliti

No	Nama/NIDN/NIP	Prodi/Fakultas	Bidang Ilmu	Alokasi waktu (jam/minggu)	Uraian Tugas
1	Dr. Tjaturahono BS, MSi / NIDN. 0019106207/ NIP. 196210191988031002	Pendidikan Geografi/FIS	Penginderaan Jauh	15	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mengarahkan dan menyusun proposal penelitian ▪ Melakukan survey awal lokasi penelitian ▪ Menyusun instrumen penelitian ▪ Mengarahkan dalam survei lapangan uji akurasi penggunaan lahan ▪ Melakukan analisis perubahan penggunaan lahan ▪ Melakukan analisis prediksi perubahan penggunaan lahan ▪ Menyusun laporan penelitian ▪ Presentasi pada seminar hasil penelitian
2	Wahid Akhsin Budi NS, S.Pd., M.Sc/ NIDN. 0613098702/ NIP. 198709132015041001	Survei dan Pemetaan Wilayah/FIS	SIG	10	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Menyusun proposal penelitian ▪ Melakukan survei awal lokasi penelitian ▪ Menyusun instrumen penelitian ▪ Mendesain dan koordinasi kegiatan survei lapangan ▪ Membimbing dan mengarahkan koreksi radiometrik dan geometrik ▪ Menyusun peta penggunaan lahan <i>time series</i> ▪ Mendampingi mahasiswa dalam survei lapangan ▪ Mengolah peta trend perubahan penggunaan lahan ▪ Menyusun laporan penelitian
3	Satya Budi Nugraha, ST., MT., M.Sc/ NIDN. NIP.	Geografi/FIS	Perencanaan Wilayah	10	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Menyusun proposal penelitian ▪ Melakukan survey awal lokasi penelitian ▪ Menyusun instrument penelitian ▪ Mendampingi mahasiswa dalam survei lapangan

No	Nama/NIDN/NIP	Prodi/Fakultas	Bidang Ilmu	Alokasi waktu (jam/minggu)	Uraian Tugas
					<ul style="list-style-type: none"> ▪ Menganalisis RTRW Kabupaten Semarang ▪ Menentukan parameter dalam pembuatan peta prediksi perubahan penggunaan lahan ▪ Menganalisis perencanaan penggunaan lahan yang disesuaikan dengan RTRW ▪ Menyusun laporan penelitian

Lampiran 3. Surat Perjanjian Kontrak



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
Gedung Prof. Dr. Retno Sriningsih Satmoko, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229
Telp/Fax (024) 8508087, (024) 8508089
Laman: <http://lppm.unnes.ac.id> Email: lppm@mail.unnes.ac.id

**SURAT PERJANJIAN PENUGASAN
PELAKSANAAN PENELITIAN UNGGULAN PT - DASAR
DANA DIPA UNNES TAHUN 2019
Nomor : 160.13.5/UN37/PPK.3.1/2019**

Pada hari ini Senin tanggal Tiga belas bulan Mei tahun Dua ribu sembilan belas, kami yang bertandatangan di bawah ini:

1. **Dr. Suwito Eko Pramono, M.Pd.** : **Pejabat Pembuat Komitmen** Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Negeri Semarang yang berkedudukan di Semarang, berdasarkan Keputusan Rektor Universitas Negeri Semarang Nomor : 1/P/2019 tanggal 02 Januari 2019, dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama KPA Universitas Negeri Semarang, untuk selanjutnya disebut **PIHAK PERTAMA**;
2. **Dr. Tjaturahono Budi Sanjoto, M.Si.** : Dosen pada Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Semarang, dalam hal ini bertindak sebagai Pengusul dan Ketua Pelaksana Penelitian Tahun Anggaran 2019 untuk selanjutnya disebut **PIHAK KEDUA**

PIHAK PERTAMA dan **PIHAK KEDUA** secara bersama-sama bersepakat mengikatkan diri dalam suatu Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Penelitian dengan ketentuan dan syarat-syarat yang diatur dalam pasal-pasal sebagai berikut.

**PASAL 1
Dasar Hukum**

Perjanjian penugasan ini berdasarkan kepada:

1. Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 2015 tentang Organisasi dan Tata Kerja Universitas Negeri Semarang.
2. Keputusan Rektor Universitas Negeri Semarang Nomor : 302/P/2018 tanggal 26 Juni 2018, tentang Pemberhentian dan Pengangkatan Pimpinan Lembaga dan Pimpinan Pascasarjana Antarwaktu Universitas Negeri Semarang.
3. Keputusan Rektor Universitas Negeri Semarang Nomor 1/P/2019 tanggal 2 Januari 2019, tentang Pengangkatan Pejabat Perbendaharaan / Pengelola Keuangan Tahun Anggaran 2019 Universitas Negeri Semarang.
4. Surat Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Negeri Semarang Nomor : 1603/UN37.3.1/TU/2019, tanggal 10 Mei 2019, perihal Hasil Seleksi Proposal Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Dana DIPA PNBPN UNNES Tahun Anggaran 2019.
5. Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Universitas Negeri Semarang (UNNES) Nomor DIPA : SP DIPA-042.01.2.400899/2019, tanggal 05 Desember 2018.

PASAL 2
Ruang Lingkup Perjanjian

- (1) **PIHAK PERTAMA** memberi tugas kepada **PIHAK KEDUA**, dan **PIHAK KEDUA** menerima tugas tersebut untuk melaksanakan Penelitian Unggulan PT - Dasar tahun 2019 dengan judul "PREDIKSI PERKEMBANGAN LAHAN TERBANGUN BERDASARKAN CELLULER AUTOMATA MODELLING MENGGUNAKAN CITRA PENGINDERAAN JAUH SEBAGAI DASAR REKOMENDASI PERENCANAAN TATA GUNA LAHAN DAERAH TANGKAPAN AIR RAWAPENING"
- (2) **PIHAK KEDUA** bertanggungjawab penuh atas pelaksanaan, administrasi dan keuangan atas pekerjaan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dan berkewajiban menyerahkan semua bukti-bukti pengeluaran serta dokumen pelaksanaan lainnya dalam hal diperlukan oleh **PIHAK PERTAMA**.

PASAL 3
Dana Penelitian

- (1) Besarnya dana untuk melaksanakan penelitian dengan judul sebagaimana dimaksud pada Pasal 2 adalah sebesar **Rp 75.000.000,- (Tujuh Puluh Lima Juta Rupiah)** sudah termasuk pajak.
- (2) Dana Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dibebankan pada Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran UNNES Nomor SP DIPA-042.01.2.400899/2019, tanggal 05 Desember 2018.

PASAL 4
Tata Cara Pembayaran Dana Penelitian

- (1) **PIHAK PERTAMA** akan membayarkan Dana Penelitian kepada **PIHAK KEDUA** secara bertahap dengan ketentuan sebagai berikut:
 - a. Pembayaran Tahap Pertama sebesar 70% dari total dana penelitian yaitu $70\% \times \text{Rp } 75.000.000,- = \text{Rp } 52.500.000,-$ (Lima Puluh Dua Juta Lima Ratus Ribu Rupiah), yang akan dibayarkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** setelah:
 - (1) Mengunggah hasil revisi proposal dan disahkan oleh Pejabat yang berwenang, RAB, dan instrumen penelitian ke SIPP
 - (2) Menyerahkan hardcopy asli revisi proposal dan disahkan oleh Pejabat yang berwenang, RAB, instrumen penelitian, dan nota persetujuan hasil evaluasi instrumen penelitian masing-masing satu eksemplar kepada **PIHAK PERTAMA**
 - b. Pembayaran Tahap Kedua sebesar 30% dari total dana penelitian yaitu $30\% \times \text{Rp } 75.000.000,- = \text{Rp } 22.500.000,-$ (Dua Puluh Dua Juta Lima Ratus Ribu Rupiah), dibayarkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** setelah:
 - (1) Mengunggah catatan harian, laporan kemajuan, atas anggaran yang telah ditetapkan ke SIPP paling lambat tanggal 7 Oktober 2019
 - (2) Menyerahkan hardcopy Catatan harian, laporan kemajuan, bukti penggunaan atas anggaran yang telah ditetapkan masing-masing satu eksemplar paling lambat tanggal 7 Oktober 2019
- (2) Dana Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) akan disalurkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** melalui rekening BNI atas nama Dr. Tjaturahono Budi Sanjoto, M.Si. dengan nomor rekening 0249066344

Pasal 5
Jangka Waktu

Jangka waktu pelaksanaan penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 sampai selesai 100%, adalah terhitung sejak **Tanggal 13 Mei 2019** dan berakhir pada **Tanggal 13 November 2019**.

Pasal 6
Target Luaran

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk mencapai target 1 (satu) luaran wajib
- (2) Target capaian luaran wajib dapat dipilih seperti tersebut di bawah:
 - a. Publikasi Karya Ilmiah (pilih salah satu):
 - 1) Jurnal Internasional Bereputasi
 - 2) Jurnal Internasional
 - 3) Prosiding Internasional Bereputasi
 - 4) Prosiding Internasional
 - 5) Prosiding Ber-ISBN
 - 6) Jurnal Terakreditasi Nasional
 - 7) Jurnal Tidak Terakreditasi
 - b. Buku Panduan (pilih salah satu):
 - 1) Blue Print
 - 2) Desain
 - 3) Model
 - 4) Prototipe
 - 5) Rekayasayang harus dibuat dengan surat keputusan Rektor
- (3) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk melaporkan perkembangan pencapaian target luaran sebagaimana dimaksud pada ayat (1) kepada **PIHAK PERTAMA**.

Pasal 7
Hak dan Kewajiban Para Pihak

- (1) Hak dan Kewajiban **PIHAK PERTAMA**:
 - a. **PIHAK PERTAMA** berhak untuk mendapatkan dari **PIHAK KEDUA** luaran penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 6;
 - b. **PIHAK PERTAMA** berkewajiban untuk memberikan dana penelitian kepada **PIHAK KEDUA** dengan jumlah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 dan dengan tata cara pembayaran sebagaimana dimaksud dalam Pasal 4.
- (2) Hak dan Kewajiban **PIHAK KEDUA**:
 - a. **PIHAK KEDUA** berhak menerima dana penelitian dari **PIHAK PERTAMA** dengan jumlah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 dan dengan tata cara pembayaran sebagaimana dimaksud dalam Pasal 4.
 - b. **PIHAK KEDUA** berkewajiban menyerahkan kepada **PIHAK PERTAMA** luaran wajib sebagaimana pada pasal 6

Pasal 8
Laporan Pelaksanaan Penelitian

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk menyampaikan kepada **PIHAK PERTAMA** berupa laporan kemajuan dan laporan akhir mengenai luaran penelitian dan rekapitulasi penggunaan anggaran sesuai dengan jumlah dana yang diberikan oleh **PIHAK PERTAMA** yang tersusun secara sistematis sesuai pedoman yang ditentukan oleh **PIHAK PERTAMA**.

- (2) **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengunggah Buku catatan harian, laporan penggunaan dana, Laporan kemajuan ke SIPP paling lambat 7 Oktober 2019
- (3) **PIHAK KEDUA** berkewajiban menyerahkan Hardcopy Buku catatan harian, laporan penggunaan dana, Laporan kemajuan atas dana yang telah ditetapkan masing-masing satu eksemplar kepada **PIHAK PERTAMA** paling lambat 7 Oktober 2019
- (4) **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengunggah Catatan Harian, Laporan Akhir, kwitansi pengeluaran, capaian hasil, Poster, artikel ilmiah, profil pada SIPP paling lambat 13 November 2019
- (5) **PIHAK KEDUA** berkewajiban menyerahkan Hardcopy Catatan Harian, Laporan Akhir, kwitansi pengeluaran, capaian hasil, Poster, artikel ilmiah, profil masing-masing satu eksemplar kepada **PIHAK PERTAMA** paling lambat 13 November 2019
- (6) Laporan hasil Penelitian sebagaimana tersebut pada ayat (4) harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:
 - a. Format font Times New Romans Ukuran 12 spasi 1,5
 - b. Bentuk/ukuran kertas A4;
 - c. Warna cover (d disesuaikan dengan ketentuan di panduan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat tahun 2019)
 - d. Di bawah bagian sampul cover ditulis:

Dibiayai oleh:

Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Universitas Negeri Semarang
Nomor : SP DIPA-042.01.2.400899/2019, tanggal 05 Desember 2018 sesuai dengan
Surat Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Penelitian Dana DIPA UNNES Tahun 2019
Nomor : 160.13.5/UN37/PPK.3.1/2019, tanggal 13 Mei 2019.

Pasal 9 Monitoring dan Evaluasi

PIHAK PERTAMA dalam rangka pengawasan akan melakukan Monitoring dan Evaluasi internal terhadap kemajuan pelaksanaan Penelitian Tahun Anggaran 2019

Pasal 10 Penilaian Luaran

Penilaian luaran penelitian dilakukan oleh Komite Penilai/*Reviewer* Luaran sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Pasal 11 Penggantian Ketua Pelaksana

- (1) Apabila **PIHAK KEDUA** selaku ketua pelaksana tidak dapat melaksanakan penelitian ini, maka **PIHAK KEDUA** wajib mengusulkan pengganti ketua pelaksana yang merupakan salah satu anggota tim kepada **PIHAK PERTAMA**.
- (2) Perubahan terhadap susunan tim pelaksana dan substansi pelaksanaan penelitian ini dapat dibenarkan apa bila telah mendapat persetujuan tertulis dari **PIHAK PERTAMA**.
- (3) Apabila **PIHAK KEDUA** tidak dapat melaksanakan tugas dan tidak ada pengganti ketua sebagaimana dimaksud pada ayat (1), maka **PIHAK KEDUA** harus mengembalikan dana penelitian kepada **PIHAK PERTAMA** yang selanjutnya disetor ke Kas Negara.
- (4) Bukti setor sebagaimana dimaksud pada ayat (3) disimpan oleh **PIHAK PERTAMA**.

Pasal 12
Sanksi

- (1) Apabila sampai dengan batas waktu yang telah ditetapkan untuk melaksanakan Kontrak Penelitian telah berakhir, **PIHAK KEDUA** belum menyelesaikan tugasnya dan atau terlambat mengirim dan mengunggah laporan Kemajuan, catatan harian, Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB) dan Laporan akhir, maka **PIHAK KEDUA** dikenakan sanksi denda sebesar 1% (satu permil) untuk setiap hari keterlambatan sampai dengan setinggi-tingginya 5% (lima persen) terhitung dari tanggal jatuh tempo dan denda administratif (tidak dapat mengajukan proposal penelitian dalam kurun waktu dua tahun berturut-turut).
- (2) Peneliti/Pelaksana yang tidak hadir dalam kegiatan monitoring dan evaluasi tanpa pemberitahuan sebelumnya kepada **PIHAK PERTAMA** maka Pelaksana Penelitian tidak berhak menerima dana tahap kedua sebesar 30%.

Pasal 13
Pembatalan Perjanjian

- (1) Apabila dikemudian hari terhadap judul Penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ditemukan adanya duplikasi dengan Penelitian lain dan/atau ditemukan adanya ketidakjujuran, itikad tidak baik, dan/atau perbuatan yang tidak sesuai dengan kaidah ilmiah dari atau dilakukan oleh **PIHAK KEDUA**, maka perjanjian Penelitian ini dinyatakan batal dan **PIHAK KEDUA** wajib mengembalikan dana penelitian yang telah diterima dari **PIHAK PERTAMA** yang selanjutnya akan disetor ke Kas Negara.
- (2) Bukti setor sebagaimana dimaksud pada ayat (1) disimpan oleh **PIHAK PERTAMA**

Pasal 14
Pajak-pajak

1. **PIHAK KEDUA** berkewajiban memungut dan menyetor pajak ke kantor pelayanan pajak setempat yang berkenaan dengan kewajiban pajak berupa :
 - a. Pembelian barang dan jasa dikenai PPN sebesar 10 % dan PPH 22 sebesar 1,5 %
 - b. Pajak-pajak lain sesuai ketentuan yang berlaku
- 2) **PIHAK PERTAMA** berkewajiban memungut dan menyetor pajak ke kantor pelayanan pajak setempat yang berkenaan dengan kewajiban pajak belanja honorarium yang dikenakan PPH Pasal 21.

Pasal 15
Peralatan dan/alat Hasil Penelitian

- (1) Hak kekayaan intelektual yang dihasilkan dari Pelaksana Penelitian diatur dan dikelola sesuai dengan peraturan dan perundang-undangan.
- (2) Setiap publikasi, makalah dan/atau ekspos dalam bentuk apa pun yang berkaitan dengan hasil penelitian ini wajib mencantumkan **PIHAK PERTAMA** sebagai pemberi dana.
- (3) Hasil penelitian berupa peralatan dan/atau peralatan yang dibeli dari kegiatan ini adalah milik negara, dan dapat dihibahkan kepada institusi/lembaga melalui Berita Acara Serah Terima (BAST)

Pasal 16
Keadaan Memaksa (*force majeure*)

- (1) **PARA PIHAK** dibebaskan dari tanggung jawab atas keterlambatan atau kegagalan dalam memenuhi kewajiban yang dimaksud dalam Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Penelitian disebabkan atau diakibatkan oleh kejadian di luar kekuasaan **PARA PIHAK** yang dapat digolongkan sebagai keadaan memaksa (*force majeure*).

- (2) Peristiwa atau kejadian yang dapat digolongkan keadaan memaksa (*force majeure*) dalam Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Penelitian ini adalah bencana alam, wabah penyakit, kebakaran, perang, blokade, peledakan, sabotase, revolusi, pemberontakan, huru-hara, serta adanya tindakan pemerintah dalam bidang ekonomi dan moneter yang secara nyata berpengaruh terhadap Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Penelitian.
- (3) Apabila terjadi keadaan memaksa (*force majeure*) maka pihak yang mengalami wajib memberitahukan kepada pihak lainnya secara tertulis, selambat-lambatnya dalam waktu 7 (tujuh) hari kerja sejak terjadinya keadaan keadaaan memaksa (*force majeure*), disertai dengan bukti-bukti yang sah dari pihak berwajib dan **PARA PIHAK** dengan etiket baik akan segera membicarakan penyelesaiannya.

Pasal 17
Penyelesaian Sengketa


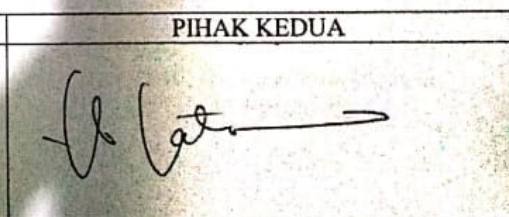
Apabila terjadi perselisihan antara **PIHAK PERTAMA** dan **PIHAK KEDUA** dalam pelaksanaan perjanjian ini akan dilakukan penyelesaian secara musyawarah dan mufakat, dan apabila tidak tercapai penyelesaian secara musyawarah dan mufakat maka penyelesaian dilakukan melalui proses hukum yang berlaku dengan memilih domisili hukum di Pengadilan Tinggi Semarang

Pasal 18
Lain-Lain

- (1) **PIHAK KEDUA** menjamin bahwa penelitian dengan judul tersebut di atas belum pernah dibiayai dan/atau diikutsertakan pada Pendanaan Penelitian lainnya, baik yang diselenggarakan oleh instansi, lembaga, perusahaan atau yayasan, baik di dalam maupun di luar negeri.
- (2) Segala sesuatu yang belum cukup diatur dalam Perjanjian ini dan dipandang perlu diatur lebih lanjut dan dilakukan perubahan oleh **PARA PIHAK**, maka perubahan-perubahannya akan diatur dalam perjanjian tambahan atau perubahan yang merupakan satu kesatuan dan bagian yang tidak terpisahkan dari Perjanjian ini.

Pasal 19
Penutup

Perjanjian ini dibuat dan ditandatangani oleh **PARA PIHAK** pada hari dan tanggal tersebut di atas, dibuat dalam rangkap 3 (tiga) dan bermeterai cukup sesuai dengan ketentuan yang berlaku, yang masing-masing mempunyai kekuatan hukum yang sama.

PIHAK PERTAMA	PIHAK KEDUA
	
Dr. Suwito Eko Pramono, M.Pd. NIP. 195809201985031003	Dr. Tjaturahono Budi Sanjoto, M.Si. NIP. 196210191988031002



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

Gedung Prof. Dr. Retno Sriningsih Satmoko, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229

Telp/Fax (024) 8508087, (024) 8508089

Laman: <http://lppm.unnes.ac.id> Email: lppm@mail.unnes.ac.id

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Dr. Tjaturahono Budi Sanjoto, M.Si.
NIP : 196210191988031002
Unit Kerja : Fakultas Ilmu Sosial
Universitas Negeri Semarang

Dengan ini menyatakan bahwa Penelitian saya berjudul: "PREDIKSI PERKEMBANGAN LAHAN TERBANGUN BERDASARKAN CELLULER AUTOMATA MODELLING MENGGUNAKAN CITRA PENGINDERAAN JAUH SEBAGAI DASAR REKOMENDASI PERENCANAAN TATA GUNA LAHAN DAERAH TANGKAPAN AIR RAWAPENING" yang dibiayai oleh DIPA (Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran) Universitas Negeri Semarang Nomor: SP DIPA-042.01.2.400899/2019, tanggal 05 Desember 2018, dengan Surat Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Penelitian Dana DIPA UNNES Tahun 2019 Nomor: Nomor : 160.13.5/UN37/PPK.3.1/2019, tanggal 13 Mei 2019, bersifat original dan belum pernah dibiayai oleh lembaga/sumber dana lain.

Bilamana dikemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku dan mengembalikan seluruh biaya penelitian yang sudah diterima ke kas negara.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenar-benarnya.

Semarang, 13 Mei 2019

Mengetahui,

Ketua LPPM UNNES



Dr. Suwito Eko Pramono, M.Pd.
NIP: 195809201985031003

Yang menyatakan,
Ketua Pelaksana

METERAI
TEMPEL

002BAAFF76716A155

6000
RUPIAH

Dr. Tjaturahono Budi Sanjoto, M.Si.
NIP. 196210191988031002

Lampiran 4. Artikel Ilmiah



1st IC GEO – 2019
1st International Conference of Geography
Faculty of Social Sciences, Universitas Negeri Padang
Prof. Dr. Hamka Street, Air Tawar Padang, West Sumatra (25171), Indonesia
Phone: +62 751 7053902, Fax: +62 751 7055628, E-mail: icgeofisunp@gmail.com
Website: <http://icgeo.fis.unp.ac.id>



Our Ref : ICGeo 2019-147
Date : 30.07.2019

NOTIFICATION OF ARTICLE ACCEPTANCE

Geography Department, Faculty of Social Science, Universitas Negeri Padang is pleased to inform you that the article has been accepted to be presented in the 1st International Conference of Geography (ICGEO 2019) at Universitas Negeri Padang Auditorium, Air Tawar, Padang on date 07-09th September 2019 07 below are the details of the article:

Title	Land Cover Change Analysis to Sedimentation Rate of Lake Rawapening
Author(s)	Tjaturahono Budi Sanjoto, Wahid Akhsin Budi Nur Sidiq, Satya Budi Nugraha
Theme	Landuse Change
ID	147

Please make the payment (IDR. 1.000.000,- One Millions Rupiah) to BNI account number: 668110902 (RPL 010 BLU UNP for DKE) and email the proof of payment to icgeofisunp@gmail.com before on date August 25th 2019. Your participation status is:

Local Presenter (Reguler)

The committee of ICGEO 2019 is not responsible for any not receive payment. Please refer to the invoice for details of payment.

The presenters/participants were responsible for the transportation arrangements for and from the venue related to the conference. The lead author is responsible for the ICGEO 2019 correspondence with the committee. We are looking forward to seeing your article published and making your journey a success.

Best Regards,


Dr. Dedi Hermon
Committee Chairman
Email: dedi.hermon@fis.unp.ac.id
Mobile/Whatshapp: +62 813-8633-4039

<http://icgeo.fis.unp.ac.id>



CERTIFICATE

No. 008/IC-GEO/UNP/IX-2019

This certificate is awarded to

TJATURAHONO BUDI SANJOTO

for participation in PIT IGI XXI & 1st International Conference of Geography
"Geography Science and Education for Industry 4.0"
as a presenter

Department of Geography, Faculty of Social Science, Universitas Negeri Padang
Padang, West Sumatera, Indonesia,
7 - 9th September 2019


Rector
UNP
NIP. 19681213 198903 1 003


Chairman of IGI
UNP
NIP. 19560105 198403 1 001


Head of
Geography Department
UNP
NIP. 19620603 198603 2 001


Chairman of IC-GEO 2019
UNP
NIP. 19740924 200312 1 004

Land Cover Change Analysis to Sedimentation Rate of Rawapening Lake

Tjaturahono Budi Sanjoto, Wahid Akhsin Budi Nur Sidiq,
Satya Budi Nugraha

Abstract

Rawapening is a lake that has a specific biogeophysical form. Besides having biodiversity potential, it also has socio-economic and ecological functions which are very important for people's lives and the surrounding environment. Therefore, Rawapening Lake needs to be maintained and preserved so that its existence can be enjoyed by our children and grandchildren. Even so, the facts on the ground show that the activities of the population around Rawapening are growing, so that problems arise in the form of environmental degradation that has continued to the present. This degradation occurs as a result of the closure of water hyacinth plants and the siltation of the bottom of the reservoir by sediments originating from water hyacinth plants, soil erosion and settlement waste. This degradation process is accelerated by the increasingly damaged forests in the surrounding mountainous areas covered by Rawapening Catchment Areas.

This study aims to determine the development of land cover in the Rawapening River catchment starting from 2000, 2010 and 2019 on the sedimentation rate that occurred in Rawapening Lake. This study applies a Spatial-ecological approach by using multi-temporal remote sensing image data accompanied by field surveys and secondary data from related agencies. The tools used in this study are image processing software and Global Positioning System (GPS), while the data used utilizes RBI maps, Landsat 7 Satellite Images in 2010 and Landsat 8 in 2019.

The results showed an increase in the area of developed land by 1,520.54 ha in the period 2000 - 2010 and experienced an increase again in 2019 amounting to 1,330.96 ha. The increase in the area of land developed was due to land conversion, which was largely derived from vegetation cover in the Rawapening DTA, where the impact caused by the change in land cover resulted in an increase in the rate of sedimentation that occurred in Rawapening Lake. This refers to the results of research conducted by Indrayati and Hikmah (2018) that an increase in sedimentation rate in Rawapening Lake from 2001 was 4,111,109.10 tons which increased to 4,215,121.59 tons in 2017, where most of the increase in sedimentation This is derived from the rate of land erosion and water hyacinth controller. Therefore, it is necessary to limit the transfer of land functions in the Rawapening DTA so that it does not cause siltation in Rawapening Lake in the future.

Keywords: Land Cover Change, Sedimentation, Lake Rawapening

BACKGROUND

Rawapening is a natural lake located in Semarang Regency, Central Java Province, approximately 40 km to the south of Semarang City. Geomorphologically, Lake Rawapening is surrounded by mountains that function as water catchments area. Rawapening water catchment area has ten sub-watersheds that flow into the lake. Rawapening Lake has many functions including as a source of agricultural irrigation for Semarang Regency, Grobogan Regency and Demak Regency, downstream flood control, power plant sources, inland fishing businesses, raw water providers, and is one of the attractive tourism destinations [1]–[4].

Rawapening Lake acts as a source of life for the community because it is inseparable from the various community activities carried out in the Rawapening Sub-watershed. Community activities have increased along with the development in the Rawapening Sub-watershed area. According to Kumurur [5], to meet human interests, the environment around the lake is changed to suit the way of life and ways of living in humans, or even this area is often overhauled to accommodate various forms of human activities such as settlements, road infrastructure, household sewage, agricultural land, recreation, etc [6], [7].

Currently Rawapening is facing the problem of environmental degradation which is quite severe occurrence of sedimentation. The ongoing sedimentation process causes Rawapening to become shallower and narrower. This condition indicates that Rawapening water catchment area is experiencing severe ecological pressure. The amount of pressure experienced by the Rawapening region is a consequence of the large pace of regional development. Ecological pressure on this area is also exacerbated by the poor development of upstream land management systems that have an impact on the area in the form of pollution and sedimentation. In addition to having negative impacts in the form of pollution and sedimentation, hydrological changes due to human activities (development) also have other negative impacts in the region [8]–[11]. To reduce ecological pressure due to land use change, it is necessary to monitor the progress of land use change using effective techniques, one of it was used Landsat image.

The use of remote sensing data (Landsat imagery) is an effective and efficient means for obtaining information about land cover, including for assessing catchment areas [12]–[17]. Landsat satellite imagery has been widely used for various survey activities, because it has several advantages including its excellent temporal resolution making it easy to process information on the development of land cover in an area [12], [14], [15]. This study aims to examine the development of built-up land in the Rawapening catchment area within period of 1990 to 2019 and then link the result to the increasement of sedimentation that occurred in Rawapening Lake.

METHOD

This research located in the Rawapening Water Catchment Area, where the area is an upstream part of the Rawapening Watershed sub-watershed. Administratively, the Rawapening River catchment area is in Semarang Regency with several sub-districts included in its territory. Water catchment area of Rawapening functions to accommodate, store and drain water that comes from rain water to Lake Rawapening through river flow [18]. Besides, its acts as a controller of the sedimentation rate in Lake Rawapening which has so far had high sedimentation [19]. The following figure shows the location of the Rawapening DTA research.

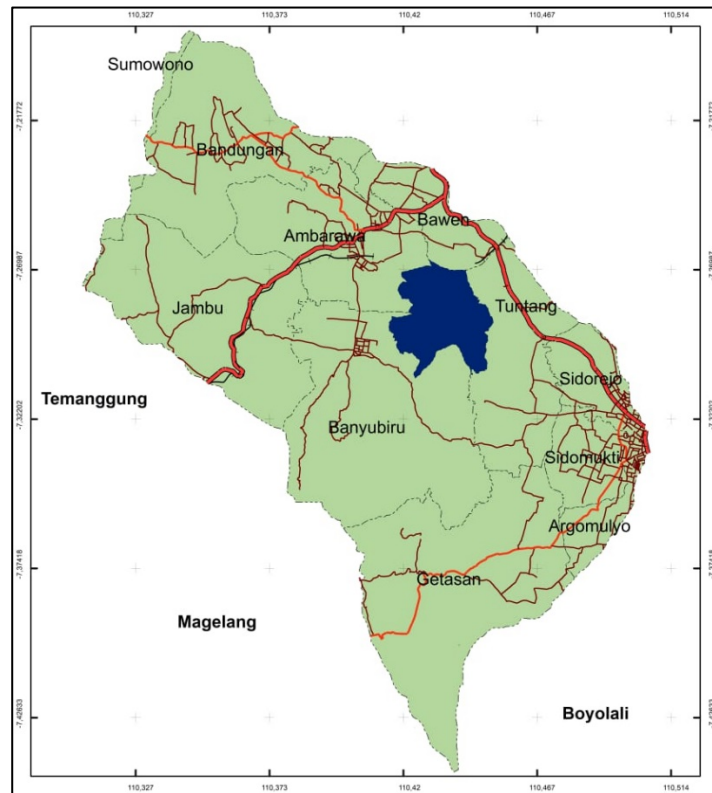


Fig. 1 Research Sites

The main data sources used are the Indonesian Earth Map (RBI) in 2000, Landsat 7 images in 2009 and Landsat 8 images in 2019 which are used to obtain time series land cover conditions. Secondary data in the form of sedimentation rate of Lake Rawapening in several years according to the time series land cover map sourced from literature studies and study results from relevant agencies.

The data processing stage begins with the preparation of the land cover map from the RBI Map, Landsat 7 and Landsat 8 imagery, where the initial stages are carried out radiometric and geometric corrections on satellite imagery. This stage is done to eliminate image distortion during the recording process [15]. Furthermore, the corrected imagery was carried out in a multispectral classification with a supervised approach to obtain maps of land cover in 2009 and 2019, whereas for maps of land cover in 2000 obtained from the generalization of land use maps from the RBI Map.

From the results of the preparation of the time series land cover map, an analysis of changes in land cover class is then carried out focusing on changes in the built land and vegetation in the Rawapening water catchment area. The analysis results of land cover changes then performed correlation to the rate of sedimentation in Lake Rawapening in a relatively close year to determine the effect of land cover changes in water catchment area of Rawapening to the rate of sedimentation in Lake Rawapening. The following figure shows the research flow diagram.

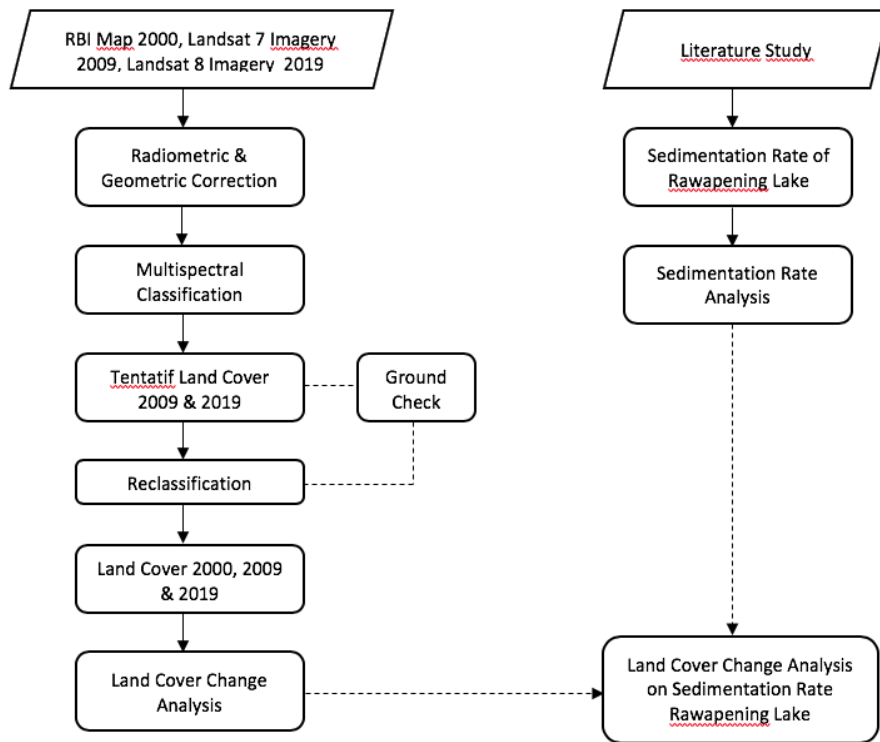


Fig. 2 Research Flow Chart

RESULT AND DISCUSSION

Based on the multispectral classification results with the supervised method which is then performed an interpretation accuracy test shows that the land cover in the Rawapening's water catchment area was classified into 4 (four) land cover classes consisting of built land, open land, water bodies and vegetation. Existing land cover (2019) in the Rawapening River catchment area is dominated by open land around 9,120.61 ha (32.84%) and vegetation around 9,068.92 ha (32.65%). Open land cover consists of vacant land, dry fields, shrub/moor and fields with equitable distribution throughout the area, while for vegetation land cover consists of forest areas, mixed gardens and rice fields with clustered distribution in the west and south of the study area. Land cover of developed/built land has an area of about 8,053.64 ha or 29% of the study area, where the developed land has a pattern of spread in areas with topography that tends to be flat and extends along a road. Most of the built land is in the form of residential buildings and a small part is in the form of industrial buildings, public facilities, also trade and service buildings. Other land cover in the form of waterbody with an area of about 1,529.68 ha (5.51%) which is Lake Rawapening. The following table presents the area of land cover in the water catchment area of Rawapening.

Tabel 1. Coverage of Rawapening Water Catchment Area in 2000, 2009 & 2019

Landcover	Land Cover Area (hectar)					
	2000	Percent (%)	2009	Percent (%)	2019	Percent (%)
Built Up	5202,14	18,73	6722,68	24,21	8053,64	29,00
Open Field	10510,57	37,84	10144,65	36,53	9120,61	32,84
Water Body	1529,68	5,51	1529,68	5,51	1529,68	5,51
Vegetation	10530,47	37,92	9375,85	33,76	9068,92	32,65

Source: RBI Map of 2000 and Multispectral Classification of Landsat 7 and Landsat 8

Analysis of land cover change in the Rawapening DTA was carried out in 3 (three) different time periods, namely in 2000, 2009 and 2019, which in this analysis was more focused on the development of built land in the study area. Land built in Dap Rawapening for each year has a fairly large upward trend, this can be seen from the time series land cover map at the study site. Based on the 2000 RBI map the developed land has an area of around 5,202.14 ha (18.73%), where the area has increased to 6,722.68 ha (24.21%) and has increased again to 8053.64 ha (29.00%) in 2019. So from these data it can be concluded that an increase of 2,851.50 ha or about 10.27% in the last 19 years (2000 - 2019). An increase in the area of developed land that is not restricted can result in environmental degradation [14].

The increase in the area of built land in the Rawapening DTA in the past 19 years has resulted in a reduction in the area of other land cover as a result of land use change, where there are 2 (two) land cover classes that have been converted into land use, namely open land and vegetation. Open land has decreased in size every year, where in 2000 open land had an area of around 10,510.57 ha (37.84%), where the area decreased slightly to 10,144.65 ha (36.53%) but in 2019 the land open area experienced a significant decrease in area to 9,120.61 ha (32.84%). Whereas for vegetation land cover in 2000 has an area of around 10,530 ha (37.92%), which was reduced in 2009 to 9,375.85 ha (33.76%) and reduced again in 2019 to 9,068 ha (32.65%). The conversion of land functions in both land cover to built-up land mostly occurred in the use of fields / dry land, mixed gardens, rice fields and forest areas, where most of the land conversion functions turned into residential areas. The increase in residential areas in an area is generally caused by an increase in the number of people who need buildings for shelter [18]. The following figure presents the spatial distribution of time series land cover in the Rawapening DTA.

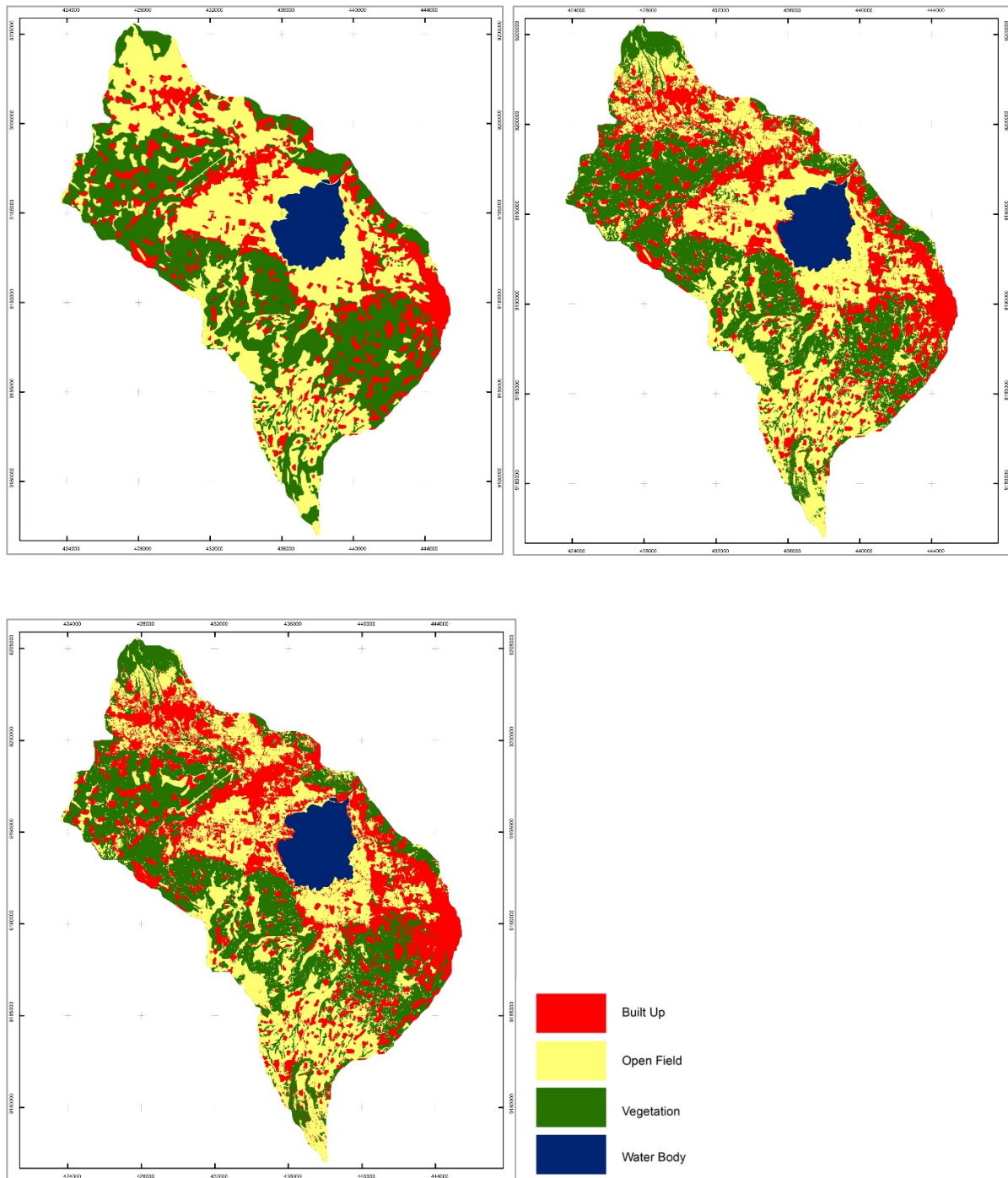


Fig. 3 Land Cover Map of Rawapening Water Catchment Area in 2000, 2009 and 2019
(Source: RBI Map in 2000, Landsat 7 in 2009 & Landsat 8 in 2019)

The increase of built-up land in the Rawapening water catchment area will have an impact on increasing the sedimentation rate found in Rawapening Lake. Based on the studies of Indrayati and Hikmah [20], it is stated that an increase in the area of developed land will trigger erosion of the surrounding land, which in turn will be carried by the erosion of water and settle in the estuary, where in 2001 land erosion factors affected 96.26 % of sedimentation rate in Rawapening Lake. In 2001 the total sedimentation in Rawapening Lake reached 4,111,109.10 tons consisting of 3,957,363.80 tons resulting from land erosion and 153,745.30

tons due to water hyacinth, even in 2017 sedimentation in Lake Rawapening increased to 4,215,121 , 59 tons [20]. Based on the trend of increasing sedimentation rates, Indrayati and Hikmah [20] predict with a systematic model using the RUSLE approach to determine the sedimentation rate in 2020, where the results of the model are estimated to be sedimentation in Rawapening Lake in 2020 could reach 4,752,961.04 tons if no preventive action is taken immediately by various parties. Therefore, it is necessary to change the management paradigm from the polarization of interests to the collaboration paradigm, so that all economic activities that support the Rawapening area can be managed comprehensively and environmental sustainability can be maintained [21].

In addition, Aprilliyana [8] conveyed the results of his research that the sedimentation rate in Lake Rawapening in 1991 reached 4,084,484.59 tons, where the largest contribution of sediment came from the Parat watershed caused by land erosion in the Rawapening Watershed. Whereas in 2011 the sedimentation rate in these waters decreased to 3,688,480.45 tonnes, where this decrease was most likely due to a decrease in erosivity factor caused by the decrease in rainfall in most Rawapening watersheds, but for water hyacinth sedimentation continued to increase from 153,745 , 30 tons in 2001 to 171,349.90 tons in 2011. The rapid growth of the water hyacinth plant indicates that the fertility of waters in Lake Rawapening continues to increase, one of which is caused by sedimentation sourced from various rivers that flow into the lake [8].

In 2011 the Ministry of Environment conducted a study of the physical conditions of Rawapening Lake, where it was found that the distribution of sediment to the lake during the rainy season reached 880 kg / day and in the dry season an average of 270 kg / day at an average rate of 778.93 ton / year. Referring to that number, Rawapening Lake is included in 15 national priority lakes which will be handled together in an integrated, environmentally and sustainable manner in the period 2010 - 2014, where the determination of priority lakes is based on lake damage, lake use, strategic functions for national interests, biodiversity and the level of disaster risk [1].

Based on the results of various studies it can be concluded that the high rate of sedimentation in Rawapening Lake is caused by the erosion factor of the land in the Rawapening River Basin, where the erosion factor of the land will continue to increase if the protected and cultivated areas in the upstream area are converted into developed land. Integrated management of the various sectors of the Rawapening water catchment area is needed, especially to limit the extent of the area built in protected and cultivation areas so that the environmental balance in the area is maintained so that the sedimentation rate on Lake Rawapening does not continue to increase every year.

CONCLUSION

1. Based on the analysis of time series land cover maps sourced from the RBI map, Landsat 7 and Landsat 8 images can be concluded that the land developed in the Rawapening DTA has a trend that continues to increase every year, where from 2000 - 2009 increased by 1,520 ha and increased again in the period 2009 - 2019 amounted to 1,330.96 ha. Land cover that is converted into built land in the form of open land and vegetation.
2. The increase in the area of developed land has an impact on the occurrence of land erosion in the Rawapening DTA, where land erosion is the main cause of sedimentation rates in

Rawapening Lake besides sedimentation from water hyacinth. Sedimentation rates entering Rawapening Lake in the rainy season reach 880 kg / day and 270 kg / day in the dry season with an average of 778.93 tons / year. So seeing that the high rate of sedimentation in Rawapening Lake requires integrated management by various sectors, especially to limit the conversion of land in protected and cultivated areas which can lead to increased rates of land erosion.

REFERENCE

- [1]Kementerian Lingkungan Hidup, *Gerakan Penyelamatan Danau (Germadan) Danau Rawapening*. 2011.
- [2]T. R. Soeprbowati, “Mitigasi Danau Eutrofik : Studi Kasus Dana Rawapening,” *Pros. Semin. Nas. Limnol.*, 2014.
- [3]T. R. Soeprbowati, “Lake management: Lesson learn from rawapening lake,” *Adv. Sci. Lett.*, 2017.
- [4]A. D. Ardi and S. Rahayu, “Kajian Kesesuaian Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Arahan Pemanfaatan Fungsi Kawasan Sub DAS Rawapening,” *J. Tek. PWK*, vol. 2, no. 4, pp. 958–967, 2013.
- [5]V. A. Kumurur, “Aspek Strategis Pengelolaan Danau Tondano Secara Terpadu,” *EKOTON*, vol. 2, no. 1, pp. 73–80, 2002.
- [6]R. Manda Putra, U. Muhammad Tang, Y. Ikhwan Siregar, and Thamrin, “Sustainability analysis of the management of Lake Baru in Buluh Cina Village, Indonesia,” *Smart Sustain. Built Environ.*, vol. 7, no. 2, pp. 182–211, 2018.
- [7]T. R. Soeprbowati, “Integrated Lake Basin Management for Save Indonesian Lake Movement,” *Procedia Environ. Sci.*, 2015.
- [8]D. Aprilliyana, “Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Sub DAS Rawapening terhadap Erosi dan Sedimentasi Danau Rawapening,” *J. Pembang. Wil. Kota*, vol. 11, no. 1, p. 103, 2015.
- [9]M. Khalifé, J. Gwyther, and J. Aberton, “Land use, water quality and ecological responses in Lake Colac - Trends from Australia,” *Manag. Environ. Qual. An Int. J.*, vol. 16, no. 4, pp. 362–379, 2005.
- [10] H. Ajiwibowo, R. H. B. Ash-Shiddiq, and M. B. Pratama, “Water quality and sedimentation modeling in singkarak lake, Western Sumatra,” *Int. J. GEOMATE*, vol. 16, no. 54, pp. 94–102, 2019.
- [11] H. Ajiwibowo, “Numerical model of sedimentation and water quality in Kerinci Lake,” *Int. J. GEOMATE*, vol. 15, no. 51, pp. 77–84, 2018.
- [12] N. Wondrade, Ø. B. Dick, and H. Tveite, “GIS based mapping of land cover changes utilizing multi-temporal remotely sensed image data in Lake Hawassa Watershed, Ethiopia,” *Environ. Monit. Assess.*, 2014.
- [13] A. Shalaby and R. Tateishi, “Remote sensing and GIS for mapping and monitoring land cover and land-use changes in the Northwestern coastal zone of Egypt,” *Appl. Geogr.*, 2007.
- [14] S. Budi Nugraha, W. Akhsin Budi Nur Sidiq, and F. Hanafi, “Landsat Image Analysis for Open Spaces Change Monitoring to Temperature Changes in Semarang City,” 2017.

- [15] L. L. Coulter *et al.*, “Classification and assessment of land cover and land use change in southern Ghana using dense stacks of Landsat 7 ETM+ imagery,” *Remote Sens. Environ.*, 2016.
- [16] J. S. Rawat and M. Kumar, “Monitoring land use/cover change using remote sensing and GIS techniques: A case study of Hawalbagh block, district Almora, Uttarakhand, India,” *Egypt. J. Remote Sens. Sp. Sci.*, 2015.
- [17] E. Albalawi, A. Dewan, and R. Corner, “Spatio-temporal analysis of land use and land cover changes in arid region of Saudi Arabia,” *Int. J. GEOMATE*, vol. 14, no. 44, pp. 73–81, 2018.
- [18] D. Suseno *et al.*, “Benefits of Embungs in the Rawa Pening Catchment Area for Reducing Tuntang River Flood Discharge,” in *E3S Web of Conferences*, 2018.
- [19] D. Ari Wulandari, D. Kurniani, S. Edhisono, F. Ardianto, and D. Dahlan, “The effect of small dams in Rawa Pening catchment area on sedimentation rate of Rawa Pening Lake,” *MATEC Web Conf.*, 2019.
- [20] A. Indrayati and N. I. Hikmah, “Prediksi Sedimen Danau Rawa Pening Tahun 2020 sebagai Dasar Reservasi Sungai Tuntang Berbasis Sistem Informasi Geografis,” in *Prosiding Seminar Nasional Geografi UMS IX*, 2018, pp. 543–552.
- [21] M. Nadjib, “The Problems of Collaborative Management in Rawapening Lake,” *J. Masy. dan Budaya*, vol. 18, no. 3, pp. 487–502, 2016.

Lampiran 5. Dokumentasi



Gambar 5.8 Penutup Lahan Terbangun di Lokasi Penelitian dengan Pola Memanjang Jalan
(Sumber : Survei Lapangan, 2019)



Gambar 5.9 Penutup Kelas Lahan Terbuka di Lokasi Penelitian terdiri dari Semak Belukar, Tegalan dan Sawah Kering (Sumber : Survei Lapangan, 2019)



Gambar 5.10 Penutup Lahan Tubuh Air di Lokasi Penelitian yang terdiri dari Sungai dan Danau Rawapening (Sumber : Survei Lapangan, 2019)



Gambar 5.11 Penutup Lahan Vegetasi di Lokasi Penelitian (Sumber : Survei Lapangan, 2019)