



**ANALISIS HUBUNGAN TUTUPAN LAHAN TERHADAP
DEBIT ALIRAN DI SUB DAS NGROWO-NGASINAN
MENGUNAKAN CITRA LANDSAT 8 OLI/TIRS**

SKRIPSI

Oleh

**Asih Sumarlin
NIM 141810201031**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2019**



**ANALISIS HUBUNGAN TUTUPAN LAHAN TERHADAP
DEBIT ALIRAN DI SUB DAS NGROWO-NGASINAN
MENGUNAKAN CITRA LANDSAT 8 OLI/TIRS**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Fisika (S-1) dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh

**Asih Sumarlin
NIM 141810201031**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2019**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Orangtua tercinta ibu Tomin dan bapak Atim yang selalu memberikan do'a, kasih sayang, pengorbanan, perhatian dan segalanya, semoga Allah SWT selalu memberikan kesehatan kepada beliau;
2. Semua saudara-saudara yang sudah membantu baik finansial maupun non finansial selama proses menempuh pendidikan sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi;
3. Almamater Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember.

MOTTO

Bersabarlah kamu dan kuatkanlah kesabaranmu dan tetaplah bersiap siaga dan bertaqwalah kepada Allah supaya kamu menang.
(terjemahan QS. *Al Imraan* ayat 200)*



*) Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Semarang: PT. Kumudarsono Grafindo.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Asih Sumarlin

NIM : 141810201031

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Analisis Hubungan Tutupan Lahan Terhadap Debit Aliran di Sub DAS Ngrowo-Ngasinan Menggunakan Citra Landsat 8 OLI/TIRS” adalah benar-benar karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian bersama dosen dan mahasiswa dan hanya dapat dipublikasikan dengan mencantumkan nama dosen pembimbing.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Januari 2019

Yang menyatakan,

Asih Sumarlin

NIM 141810201031

SKRIPSI

**ANALISIS HUBUNGAN TUTUPAN LAHAN TERHADAP
DEBIT ALIRAN DI SUB DAS NGROWO-NGASINAN
MENGUNAKAN CITRA LANDSAT 8 OLI/TIRS**

Oleh

Asih Sumarlin
NIM 141810201031

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Nurul Priyantari, S.Si., M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota : Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si., Ph.D.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisis Hubungan Tutupan Lahan Terhadap Debit Aliran di Sub DAS Ngrowo-Ngasinan Menggunakan Citra Landsat 8 OLI/TIRS”, karya Asih Sumarlin telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas MIPA Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Anggota I,

Nurul Priyantari, S.Si., M.Si.
NIP. 197003271997022001

Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si., P.hD.
NIP. 197202101998021001

Anggota II,

Anggota III,

Wenny Maulina, S.Si., M.Si.
NIP. 198711042014042001

Drs. Sujito, P.hD
NIP. 196102041987111001

Mengesahkan

Dekan FMIPA Universitas Jember,

Drs. Sujito, P.hD

NIP. 196102041987111001

RINGKASAN

Analisis Perubahan Hubungan Lahan Terhadap Debit Aliran di Sub DAS Ngrowo-Ngasinan Menggunakan Citra Landsat 8 OLI/TIRS; Asih Sumarlin, 141810201031; 2018; 78 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

DAS memiliki peran yang sangat penting bagi ekosistem perairan di sekitarnya. Salah satu sub DAS yang masuk ke dalam sistem DAS Brantas di Jawa Timur adalah sub DAS Ngrowo-Ngasinan. Sub DAS ini masuk ke dalam tiga kabupaten yakni Kabupaten Tulungagung, Kabupaten Trenggalek dan Kabupaten Ponorogo. Salah satu sistem DAS Brantas yang menampung air limpasan bagi DTA adalah Waduk Wonorejo di Kabupaten Tulungagung. Beberapa tahun terakhir, waduk ini mengalami permasalahan yakni fluktuasi debit air. Hal tersebut mengakibatkan masalah terhadap produksi energi listrik di PLTA Wonorejo. Masalah tersebut diduga akibat adanya perubahan tutupan lahan pada DTA di sekitar waduk tersebut. Informasi mengenai perubahan tutupan lahan dari tahun ke tahun diperlukan untuk memantau perubahan tutupan lahan pada daerah tersebut.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memetakan kelas tutupan lahan di sub DAS Ngrowo-Ngasinan di Kabupaten Tulungagung pada tahun 2014, 2016 dan 2018 dengan mengklasifikasikan jenis tutupan lahan sehingga didapatkan informasi mengenai besarnya luas tutupan lahan. Setelah mendapatkan nilai besarnya luas tutupan lahan maka perubahan luas tutupan lahan dapat diketahui. Apabila perubahan tutupan lahan telah didapatkan maka dapat diketahui pengaruhnya terhadap nilai debit aliran di sub DAS Ngrowo-Ngasinan.

Metode dalam penelitian ini menggunakan metode klasifikasi *supervised*, metode aljabar dan metode rasional. Metode klasifikasi *supervised* memerlukan pembuatan *training area* untuk setiap kelas yang akan diklasifikasikan. Klasifikasi digolongkan menjadi beberapa kelas yaitu air, hutan, tegalan, pemukiman, ladang dan sawah. Metode rasional digunakan untuk memperoleh nilai curah hujan dan menghitung nilai koefisien *run off* sedangkan metode rasional digunakan untuk menghitung nilai debit aliran. Penelitian ini menggunakan teknologi penginderaan jauh berupa data citra landsat 8 yang harus dilakukan pengolahan data terlebih dahulu.

Hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah terjadi penurunan luas hutan di tahun 2014 – 2016 dan 2016 – 2018. Pada tahun 2014 luas hutan sebesar 19.975 ha, tahun 2016 sebesar 18.912 ha dan tahun 2018 sebesar 15.981 ha. Luas ladang mengalami peningkatan dari tahun 2014 sampai tahun 2018. Pada tahun 2014 luas ladang sebesar 11.640 ha, tahun 2016 sebesar 11.973 ha dan tahun 2018 sebesar 15.548 ha. Penurunan luas hutan diakibatkan oleh pembukaan lahan baru sebagai sektor pertanian masyarakat. Luas tegalan mengalami peningkatan dan penurunan yang diakibatkan oleh faktor curah hujan. Pada tahun 2014 luas tegalan sebesar 11.286 ha, tahun 2016 sebesar 12.084 ha dan tahun 2018 sebesar 11.528. Tutupan lain yang mengalami fluktuasi akibat dari curah hujan adalah kelas air.

Pada tahun 2014 luas permukaan air sebesar 368 ha, tahun 2016 sebesar 384 ha dan tahun 2018 sebesar 379 ha. Luas pemukiman mengalami peningkatan dari tahun 2014 sampai 2018. Pada tahun 2014 luas pemukiman sebesar 3.599 ha, tahun 2016 sebesar 3.642 ha dan tahun 2018 sebesar 3.995 ha. Luas sawah mengalami penurunan selama tahun 2014 sampai 2018. Pada tahun 2014 luas sawah sebesar 18.761 ha, tahun 2016 sebesar 18.634 ha dan tahun 2018 sebesar 18.198 ha. Penurunan luas sawah diduga beralih fungsi menjadi pemukiman karena perluasan pembangunan. Hasil pengujian akurasi didapatkan pada tahun 2014 sebesar 94,90%, tahun 2016 sebesar 92,34% dan tahun 2018 sebesar 94,75%. Hasil perhitungan *koefisien run off* didapatkan debit aliran terbesar pada tahun 2018 sebesar 16,07 m³/s, sedangkan pada tahun 2016 debit aliran sebesar 12,1 m³/s dan tahun 2014 sebesar 11,48 m³/s. Sedangkan hasil perhitungan *koefisien run off* dari data luas hutan Dinas Kehutanan Provinsi Jawa Timur didapatkan debit aliran pada tahun 2014 sebesar 11,38 m³/s, tahun 2016 sebesar 11,81 m³/s dan tahun 2018 sebesar 15,38 m³/s. Perubahan debit aliran dipengaruhi oleh perubahan tutupan lahan khususnya hutan dan tegalan dan dipengaruhi oleh curah hujan wilayah. Berkurangnya luas hutan dan meningkatnya luas ladang mengakibatkan daerah resapan air pada sub DAS Ngrowo-Ngasinan berkurang. Hal tersebut mengakibatkan air limpasan yang jatuh di permukaan masuk ke dalam sungai dan mengalir ke tempat yang lebih rendah.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Hubungan Tutupan Terhadap Debit Aliran di Sub DAS Ngrowo-Ngasinan Menggunakan Citra Landsat 8 OLI/TIRS”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S-1) pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Nurul Priyantari, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran serta perhatiannya dalam membimbing penulisan skripsi ini;
2. Wenny Maulina, S.Si., M.Si., dan Drs. Sujito, Ph.D., selaku Dosen Penguji yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan kritik dan saran untuk penulisan skripsi ini;
3. Dr. Lutfi Rohman, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis selama menjadi mahasiswa;
4. Segenap dosen dan karyawan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
5. Teman-teman Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam angkatan tahun 2014 yang tercinta;
6. Tim Tugas Akhir *Remote Sensing* (Yossika Dwi, Shofitri Zuhannisa', Ira Apsari, Nurfaizatul Jannah, Cita Dewi Nindi, dan Ulfa Urfiyah) yang bersedia membantu memberikan masukan dan saran kepada penulis dalam pengerjaan skripsi;
7. Sahabat-sahabat (Binti Istikomatul, Umi Mahmudah, Ella Septa, Anis Aprilia, Ismunawati, Alfia Endah, Laily Mumtahana, Zakiya Rachmawati dan Aniatu Murtafi'in) yang selalu memberikan bantuan, dukungan, do'a dan semangat;

8. Guru SMA, Indiyah Nurhayati, M.Pd. yang pernah membantu penulis meringankan beban sekolah serta Sri Astutik, S.Pd yang pernah memberikan saran untuk penulis melanjutkan pendidikan ke perguruan tinggi;
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Penulis sadar bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata penulis berharap agar skripsi ini dapat dimanfaatkan sebagaimana mestinya.

Jember, Januari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan	4
1.5 Manfaat	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Kondisi Geografis	6
2.2 Daerah Aliran Sungai (DAS)	7
2.2.1 DAS Brantas.....	11
2.2.2 DAS Dlodo – Gedangan.....	11
2.3 Tutupan Lahan	12
2.4 Penginderaan Jauh	15
2.5 Gelombang Elektromagnetik	18
2.6 Satelit Landsat 8 OLI/TIRS	20
2.7 Curah Hujan (Presipitasi)	22
2.8.1 Metode Rata-rata Aritmatik (Aljabar).....	24

2.8.2 Metode Poligon Thiessen.....	24
2.8.3 Metode Isohyet.....	25
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	26
3.1 Rancangan Penelitian.....	26
3.2 Jenis dan Sumber Data.....	28
3.3 Operasional Variabel.....	28
3.4 Kerangka Pemecahan Masalah.....	29
3.5 Prosedur Penelitian.....	30
3.5.1 Perolehan Data.....	30
3.5.2 Pengolahan Awal Data Citra Satelit Landsat 8.....	30
3.5.3 Pemotongan (<i>cropping</i>) Citra.....	31
3.5.4 Klasifikasi Kelas Tutupan Lahan.....	32
3.6 Metode Analisis Data.....	32
3.6.1 Perhitungan Nilai Reflektansi.....	32
3.6.2 Perubahan Tutupan Lahan.....	33
3.6.3 Pengujian Akurasi.....	33
3.6.4 Perhitungan Debit Aliran.....	34
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	36
4.1 Pemetaan Tutupan Lahan.....	36
4.2 Klasifikasi Tutupan Lahan.....	40
4.2.1 <i>Training Area</i>	40
4.2.2 Hasil Klasifikasi <i>Supervised</i>	42
4.2.3 <i>Overall Accuracy</i>	44
4.3 Perubahan Luas Tutupan Lahan.....	45
4.4 Debit Aliran.....	47
BAB 5. PENUTUP.....	53
5.1 Kesimpulan.....	53
5.2 Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA.....	55
LAMPIRAN.....	59

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Peta administrasi Kabupaten Tulungagung.....	6
2.2 Peta penggunaan lahan Kabupaten Tulungagung.....	14
2.3 Sistem pengideraan jauh dapat disematkan dalam wahana satelit dan pesawat terbang.....	16
2.4 Spektrum elektromagnetik.....	18
2.5 Gelombang elektromagnetik.....	19
2.6 Gelombang elektromagnetik, komponen-komponen gelombang elektromagnetik dan magnetik.....	19
2.7 Interaksi antara sistem elektromagnetik dan atmosfer.....	20
3.1 Diagram alir rancangan penelitian.....	26
3.2 Kerangka pemecahan masalah.....	29
4.1 Citra landsat 8 setelah dikonversi band.....	37
4.2 Citra landsat 8 setelah dikoreksi.....	38
4.3 Citra landsat 8 dengan kombinasi RGB 5-4-3 setelah dipotong.....	39
4.4 Citra Google Earth.....	41
4.5 Pengambilan <i>training area</i>	41
4.6 Hasil klasifikasi <i>supervised</i> tahun 2014.....	42
4.7 Hasil klasifikasi <i>supervised</i> tahun 2016.....	43
4.8 Hasil klasifikasi <i>supervised</i> tahun 2018.....	43
4.9 Diagam batang luasan hasil klasifikasi <i>supervised</i>	45
4.10 Grafik hubungan antara tutupan lahan terhadap debit air.....	51

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Pembagian sub DAS (Wilayah Sungai).....	8
2.2 Nama sungai di wilayah Kabupaten Tulungagung.....	9
2.3 Julat panjang gelombang dan resolusi spasial saluran-saluran yang terdapat dalam landsat 8.....	21
2.4 Contoh aplikasi dan kemanfaatan masing-masing saluran landsat 8.....	22
4.1 Nilai <i>overall accuracy</i> hasil klasifikasi <i>supervised</i>	44
4.2 Perbedaan luas tutupan lahan sub DAS Ngrowo – Ngasinan.....	46
4.3 Perubahan luas tutupan lahan sub DAS Ngrowo – Ngasinan.....	46

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
4.1 Metadata Landsat 8 Tahun 2014.....	59
4.2 Metadata Landsat 8 Tahun 2016.....	63
4.3 Metadata Landsat 8 Tahun 2018.....	67
4.4 Hasil <i>Calculate Statistic</i> Tahun 2014.....	71
4.5 Hasil <i>Calculate Statistic</i> Tahun 2016.....	71
4.6 Hasil <i>Calculate Statistic</i> Tahun 2018.....	72
4.7 Komposit 5-4-3 Citra Landsat 8 Tahun 2014.....	72
4.8 Komposit 5-4-3 Citra Landsat 8 Tahun 2016.....	73
4.9 Komposit 5-4-3 Citra Landsat 8 Tahun 2018.....	73
4.10 Citra Google Earth Tahun 2014.....	74
4.11 Citra Google Earth Tahun 2016.....	74
4.12 Citra Google Earth Tahun 2018.....	75
4.13 Matrik Kesalahan Tahun 2014.....	75
4.14 Matrik Kesalahan Tahun 2016.....	75
4.15 Matrik Kesalahan Tahun 2018.....	76
4.16 Hasil <i>Overall Accuracy</i>	76
4.19 Koefisien <i>Run off</i> Tahun 2014.....	76
4.20 Koefisien <i>Run off</i> Tahun 2016.....	77
4.21 Koefisien <i>Run off</i> Tahun 2018.....	77
4.22 Hasil Debit Aliran Tahun 2014, 2016 dan 2018.....	78

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang dibatasi oleh pemisah topografis yang berfungsi untuk menampung, menyimpan, mengalirkan dan selanjutnya mengalirkan seluruh air hujan yang jatuh di atasnya menuju ke sistem sungai terdekat dan pada akhirnya bermuara ke waduk, danau atau ke laut (Seyhan, 1990). Faktor yang paling berpengaruh dalam sistem DAS atau tata air waduk adalah perubahan tutupan lahan dalam lingkungan Daerah Tangkapan Air (DTA). Luasnya lahan terbuka atau penggundulan hutan akan mempercepat aliran masuk ke waduk yang berdampak tingginya tingkat erosi dan penumpukan sedimentasi yang dapat mempengaruhi atau memperpendek umur rencana waduk (Nurdin *et al.*, 2016).

Dampak perubahan tutupan lahan dalam skala luas nampak dari perubahan fungsi hidrologi DAS yang berawal dari penurunan curah hujan wilayah dan diikuti oleh hasil air DAS (Pawitan, 2010). Perubahan penggunaan lahan di daerah DAS yang tidak memperhatikan kaidah-kaidah konservasi, dapat mengakibatkan berkurangnya daya serap air. Hal tersebut menyebabkan meningkatnya jumlah air limpasan yang masuk ke dalam sungai. Hal ini merupakan salah satu penyebab meningkatnya besar debit puncak/debit maksimum suatu DAS. Apabila nilai debit puncak suatu sungai terlalu besar maka air sungai akan meluap dan dapat menyebabkan terjadinya banjir di wilayah DAS tersebut (Saraswati *et al.*, 2017).

Waduk merupakan salah satu sistem bagi suatu DAS yang menampung air limpasan bagi DTA di sekitar waduk. Salah satu waduk yang berpengaruh dalam sistem DAS Brantas di Jawa Timur adalah Waduk Wonorejo. Ketidakstabilan debit air di suatu wilayah sub DAS dapat mengakibatkan beberapa masalah khususnya pada PLTA Wonorejo seperti berkurangnya produksi listrik sehingga mengakibatkan berkurangnya pasokan listrik. Keadaan tersebut diduga akibat dari perubahan penggunaan tutupan lahan oleh masyarakat. Salah satu sub DAS dari DAS Brantas yang berpengaruh dalam sistem tata air waduk adalah sub DAS Ngrowo-Ngasinan yang ada di Kabupaten Tulungagung. Luas wilayah sub DAS

ini mencakup 14 kecamatan dari 19 kecamatan. Perubahan penggunaan tutupan lahan di sub DAS Ngrowo-Ngasinan menyebabkan berkurangnya kawasan resapan air hujan dan mengakibatkan menurunnya debit air beberapa tahun terakhir. Perubahan tutupan lahan dapat diidentifikasi dengan menggunakan suatu teknologi penginderaan jauh.

Penggunaan *Google Earth Engine* dalam *Image Processing* dapat dilakukan untuk berbagai kajian. Salah satu kajian yang dapat dilakukan ialah untuk menilai kondisi perubahan tutupan lahan dengan ekstraksi data penginderaan jauh. Data penginderaan jauh ialah data yang diperoleh melalui teknologi satelit (Lillesand dan Kiefer, 1990). Teknologi penginderaan jauh dipilih karena memiliki banyak keuntungan. Keuntungan penggunaan teknologi penginderaan jauh antara lain, citra penginderaan jauh dapat memberikan gambaran objek, daerah dan gejala di permukaan bumi dengan wujud dan letak objek yang mirip dengan wujud dan letaknya di permukaan bumi. Citra penginderaan jauh juga memberikan gambaran objek yang relatif lengkap dan meliputi daerah kajian yang luas. Citra penginderaan jauh bersifat permanen sehingga mudah digunakan untuk kajian/penelitian. Citra penginderaan jauh sering dibuat dengan periode pengulangan yang pendek (Sutanto, 1999).

Penelitian sebelumnya yang membahas mengenai teknologi penginderaan jauh untuk analisis perubahan tutupan lahan DAS terhadap peningkatan debit maksimum adalah Saraswati *et al.* (2017). Daerah yang dikaji pada penelitian tersebut berada pada DAS Blorong Kabupaten Kendal, Jawa Tengah dengan menggunakan metode klasifikasi *Digitasi On Screen*. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa perubahan tutupan lahan di DAS Blorong mengakibatkan nilai debit puncak terbesar pada tahun 2003 dan tahun 2013 dengan nilai 14,950 m³/s dan 15,178 m³/s akibat dari alih fungsi lahan di daerah tersebut.

Penelitian lain yang juga membahas mengenai pengaruh perubahan tutupan lahan pada DAS dengan klasifikasi *supervised* adalah Fauzi *et al.* (2018). Pada penelitian tersebut daerah yang dikaji adalah Sub DAS Penggung, Kabupaten Jember. Hasil dari penelitian yang dilakukan tersebut adalah terjadi penurunan luas hutan sebesar 6,42 km² dan beralih fungsi menjadi sawah dengan

luas sebesar 4,14 km². Selain itu, perubahan luas penggunaan lahan mempengaruhi debit puncak sebesar 32,4 %.

Sriartha (2015) melakukan penelitian mengenai penggunaan citra Landsat 8 dan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk estimasi debit puncak di DAS Unda Provinsi Bali. Hasil dari penelitian tersebut adalah debit puncak dengan metode rasional menghasilkan nilai sebesar 16,07 m³/s. Selain itu interpretasi penutup lahan menggunakan citra Landsat 8 OLI memperoleh akurasi sebesar 85,7%.

Berdasarkan pada beberapa penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya, citra landsat 8 OLI/TIRS lebih banyak digunakan untuk penelitian terhadap debit aliran dibandingkan dengan citra satelit lainnya. Hal tersebut disebabkan karena tingkat akurasi untuk citra landsat ini lebih besar untuk wilayah cakupan yang kecil. Pada penelitian ini penulis akan melakukan analisis perubahan tutupan lahan terhadap debit aliran menggunakan citra landsat 8 OLI/TIRS dengan metode klasifikasi *supervised*. Berdasarkan penelitian sebelumnya klasifikasi *supervised* juga menghasilkan kelas klasifikasi yang lebih akurat berdasarkan kenampakan dari citra yang digunakan. Klasifikasi *supervised* dilakukan dengan membuat *training area* berdasarkan kenampakan aslinya. Klasifikasi *supervised* dilakukan berdasarkan beberapa kelas tutupan lahan yang berpengaruh terhadap fungsi hidrologis di sub DAS Ngrowo-Ngasinan yaitu hutan, tegalan, ladang, pemukiman, air dan sawah. Besarnya debit aliran dihitung dengan metode rasional yang memperhitungkan data curah hujan. Data curah hujan tersebut didapatkan dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Tulungagung. Penelitian ini dilakukan dengan menganalisis perubahan luas tutupan lahan terhadap debit aliran di wilayah sub DAS Ngrowo-Ngasinan tahun 2014, 2016 dan 2018. Hal ini disebabkan oleh adanya pembukaan lahan baru untuk sektor pertanian di wilayah tersebut. Penelitian ini digunakan untuk mengidentifikasi perubahan tutupan lahan di wilayah tersebut yang mempengaruhi besarnya debit aliran di sub DAS Ngrowo-Ngasinan Kabupaten Tulungagung.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, pada penelitian ini permasalahan yang diangkat adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pemetaan kelas tutupan lahan yang ada di sub DAS Ngrowo- Ngasinan?
2. Berapa besar perubahan luas tutupan lahan yang terjadi pada sub DAS Ngrowo- Ngasinan?
3. Bagaimana pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap debit aliran di sub DAS Ngrowo- Ngasinan?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian analisis hubungan tutupan lahan terhadap debit aliran di sub DAS Ngrowo- Ngasinan menggunakan citra landsat 8 dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Daerah yang dikaji dalam penelitian ini dibatasi pada sub DAS Ngrowo- Ngasinan yang berada di Kabupaten Tulungagung.
2. Data citra penginderaan jauh yang digunakan dalam penelitian ini dibatasi pada data citra satelit landsat 8 yang diakuisisi pada 26 Oktober 2014, 24 Mei 2016 dan 1 Juni 2018.
3. Data curah hujan yang digunakan dalam penelitian ini dibatasi pada data curah hujan wilayah Kabupaten Tulungagung tahun 2014, 2016 dan 2018.
4. Hasil debit aliran dalam penelitian ini merupakan hasil dari perhitungan klasifikasi luasan tutupan lahan berdasarkan data citra penginderaan jauh yang diambil pada waktu tersebut saja.

1.4 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memetakan kelas tutupan lahan yang ada di sub DAS Ngrowo- Ngasinan.
2. Mengetahui besar perubahan luas tutupan lahan yang terjadi pada sub DAS Ngrowo- Ngasinan.

3. Mengetahui pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap debit aliran di sub DAS Ngrowo-Ngasinan.

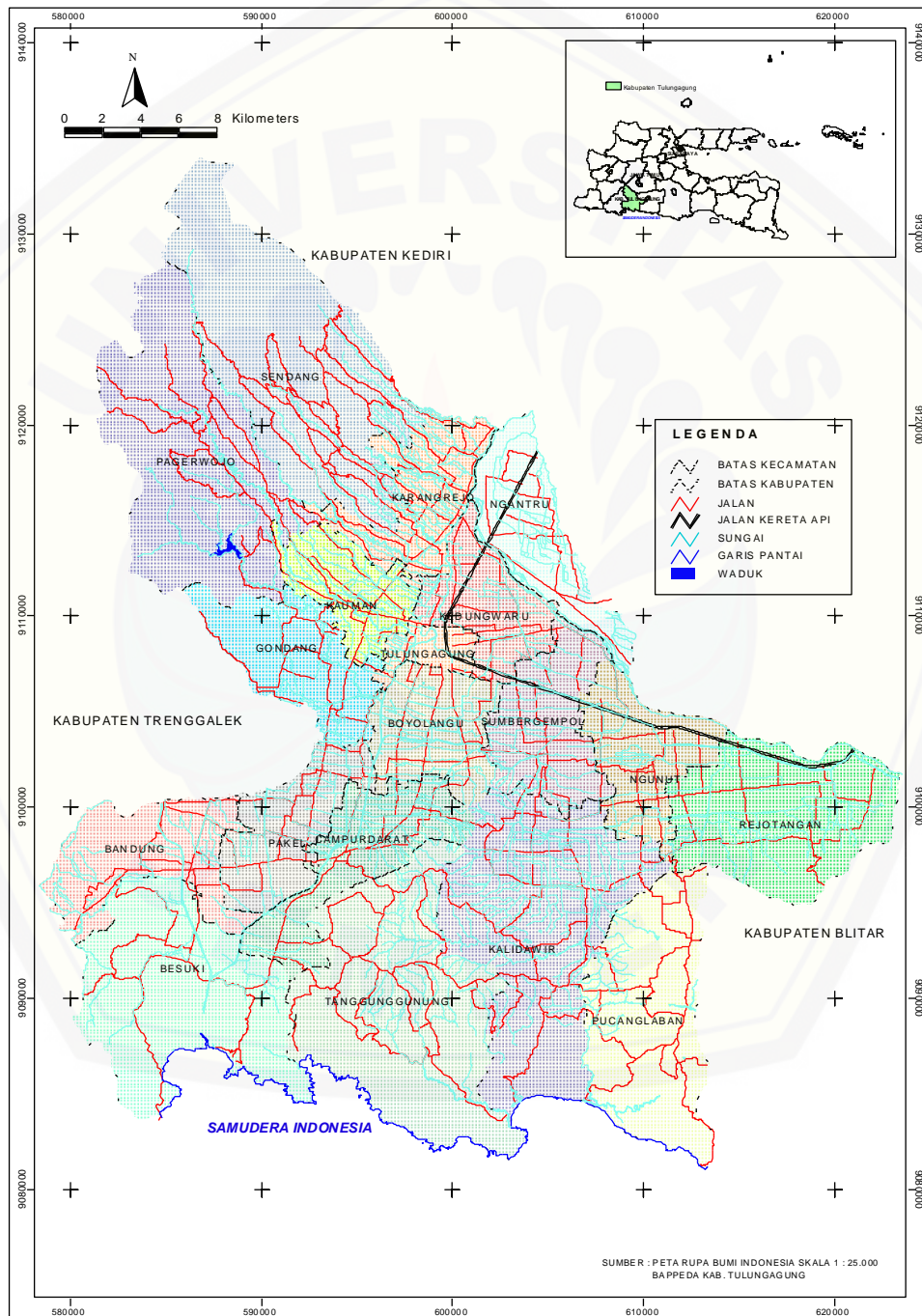
1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi mengenai metode klasifikasi *supervised* dengan analisis data citra penginderaan jauh landsat 8. Hal tersebut digunakan untuk mengetahui perubahan tutupan lahan pada wilayah sub DAS Ngrowo-Ngasinan di Kabupaten Tulugagung pada tahun 2014, 2016 dan 2018 melalui beberapa kelas klasifikasi. Informasi mengenai besarnya perubahan tutupan lahan dapat digunakan untuk mengidentifikasi kondisi kawasan yang dinilai berpengaruh terhadap fungsi hidrologis dari suatu daerah tertentu seperti waduk dan danau. Selain itu dapat digunakan untuk mengetahui besarnya debit aliran akibat dari perubahan penggunaan lahan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kondisi Geografis

Luas wilayah Kabupaten Tulungagung secara keseluruhan sebesar 1.150,41 (105.650 Ha) atau sekitar 2,2 % dari seluruh wilayah Provinsi Jawa Timur.



Gambar 2.1 Peta administrasi Kabupaten Tulungagung (Sumber: Nawasis, 2012)

Secara geografis Kabupaten Tulungagung terletak antara koordinat $111^{\circ}43'0'' - 112^{\circ}07'00''$ BT dan $7^{\circ}51'00'' - 8^{\circ}18'00''$ LS. Menurut pembagian Geomorfologi Jawa Timur, geomorfologi Tulungagung menempati Jalur Solo dan Pegunungan Selatan. Batas-batas administrasi Kabupaten Tulungagung sesuai Gambar 2.1 dibagi menjadi sebagai berikut:

Sebelah Utara : Kabupaten Kediri
Sebelah Timur : Kabupaten Blitar
Sebelah Selatan : Samudera Hindia/Indonesia
Sebelah Barat : Kabupaten Trenggalek

Salah satu bentuk upaya melestarikan sumber daya alam, pemerintah membangun sebuah waduk yang menjadi salah satu bendungan terbesar di Indonesia yaitu Bendungan Wonorejo. Waduk Wonorejo terletak di Desa Wonorejo, Kecamatan Pagerwojo, Kabupaten Tulungagung. (Permanasari *et al.*, 2017). Waduk Wonorejo dimanfaatkan sebagai PLTA yang menghasilkan energi sebesar 6,30 MW (Suharto dan Kusnan, 2017). PLTA sebagai sumber energi utama tentunya tetap menjadi prioritas utama dalam pengoperasian di Bendungan Wonorejo, sehingga apabila debit air tidak mencukupi untuk pengoperasian keduanya maka PLTMH akan berhenti beroperasi (Rositamega *et al.*, 2016).

2.2 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Suatu DAS dibatasi oleh topografi alami berupa punggung-punggung bukit, dengan presipitasi yang jatuh di atasnya mengalir melalui titik keluar tertentu yang akhirnya bermuara ke danau atau ke laut. Wilayah DAS terdiri dari komponen abiotik, biotik, dan lingkungan lainnya yang saling berinteraksi membentuk satu kesatuan ekosistem. Keberadaan DAS sangat penting untuk terus dipantau keadaannya dengan maksud untuk menjaga keberlangsungan kawasan tersebut sebagai daerah penyangga bagi debit sungai yang melaluinya. (Sulistiyono, 2008).

Wilayah Sungai Brantas terdiri dari 4 (empat) DAS yaitu DAS Brantas, DAS Tengah, DAS Ringin Bandulan dan DAS Kondang Merak secara rinci disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Pembagian sub DAS (Wilayah Sungai)

No.	DAS/Sub DAS	Basin Block	Catchment (km ²)
1	Brantas Hulu	Upper Brantas	180
		Bango-Sari	235
		Amprong	349
		Manten	176
		Upper Lesti	263
		Genteng	133
		Lower Lesti-Jaruman	239
		Metro	323
		Ampo	183
		Kedungbanteng	64
		Bambang	273
		Lemon-Putung	173
		Lekso	139
		Jari	78
		Putih	62
Abab	554		
Jimbe	336		
2	Brantas Tengah	Ngobo-Serinjing	647
		Badak-Sukorejo	302
		Catut-Kedak	193
3	Ngrowo-Ngasinan	Ngrowo	1.470
4	Konto	Konto	568
5	Widas	Amuger	269
		Widas	1.253
6	Brantas Hilir	Gunting	723
		Turibaru	109
		Beng	151
		Brangkal	221
		Sadar	358
		Bongkok	164
		Porong	420
		Mas	1.379
7	DAS Tengah		596
8	DAS Ringin Bandulan		595
9	DAS Kondang Merak		924

(Sumber: Ditjen Sumber Daya Air, 2016)

DAS bagian hulu didasarkan pada fungsi konservasi yang dikelola untuk mempertahankan kondisi lingkungan DAS agar tidak terdegradasi, yang dapat diindikasikan dari kondisi tutupan vegetasi lahan DAS, kualitas air, kemampuan menyimpan air (debit) dan curah hujan. Ekosistem DAS bagian hulu mempunyai

fungsi perlindungan terhadap keseluruhan DAS. Perlindungan ini antara lain dari segi fungsi tata air sehingga pengelolaan DAS hulu seringkali menjadi fokus perhatian mengingat dalam suatu DAS, bagian hulu dan hilir mempunyai keterkaitan biofisik melalui daur hidrologi (Effendi, 2008).

DAS bagian tengah didasarkan pada fungsi pemanfaatan air sungai yang dikelola untuk dapat memberikan manfaat bagi kepentingan sosial dan ekonomi, antara lain dapat diindikasikan dari kuantitas air, kualitas air, kemampuan menyalurkan air, dan ketinggian muka air tanah, serta terkait pada prasarana pengairan seperti pengelolaan sungai, waduk, dan juga danau (Effendi, 2008). Daerah aliran sungai tengah merupakan transisi diantara DAS hulu dan DAS hilir (Valiant, 2014).

DAS bagian hilir didasarkan pada fungsi pemanfaatan air sungai yang dikelola untuk dapat memberikan manfaat bagi kepentingan sosial dan ekonomi, yang diindikasikan melalui kuantitas dan kualitas air, kemampuan menyalurkan air, ketinggian curah hujan, dan terkait untuk kebutuhan pertanian, air bersih, serta pengelolaan air limbah (Effendi, 2008). DAS bagian hilir memiliki karakteristik sebagai daerah pemanfaatan, kerapatan drainase rendah dan kemiringan lahan kecil (Valiant, 2014).

Beberapa sungai yang ada di wilayah Kabupaten Tulungagung memiliki daerah pengaliran sungai yang cukup luas dan membentuk suatu DAS. Nama sungai yang ada di wilayah Kabupaten Tulungagung dapat disajikan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Nama sungai di wilayah Kabupaten Tulungagung

No.	Kecamatan	Nama Sungai	Panjang (km)
1	Besuki	Keboireng	10
		Karangtuwo (Batas Wilayah)	-
		Parit Raya	3
		Parit Agung	2
2	Bandung	Parit Agung	3
		Karangtuwo	18
		Parit Raya	7
3	Pakel	Parit Agung	4
		Ngasinan Lama	6

No.	Kecamatan	Nama Sungai	Panjang (km)
4	Campurdarat	Tlogo Buret	5
		Parit Agung	8
5	Kalidawir	Kali Dawir	21
6	Rejotangan	Rowo Remang	15
		Kali Brantas	9
		Kali Kandung	6
7	Ngunut	Kali Brantas	7
8	Sumbergempol	Kali Brantas	3
		Kali Dawir	7
9	Boyolangu	Kali Dawir	9
		Parit Agung	7
10	Tulungagung	Parit Agung	7
		Kali Jenes	4
		Song	2
11	Kedungwaru	Kali Brantas (Batas Wilayah)	-
		Ngrowo	6
		Parit Agung	2
		Wudu	3
		Kali Jenes	3
12	Ngantru	Kali Brantas	19
		Boto	33
13	Karangrejo	Kali Brantas (Batas Wilayah)	-
		Catut	6
		Klantur	11
		Baban	6
		Bajal Picisan	7
		Wudu (Batas Wilayah)	-
14	Kauman	Song	11
		Wudu	11
15	Gondang	Ngasinan Kanal	4
		Blendis	14
		Sengon	13
		Gondang	11
16	Pagerwojo	Song	30
		Gondang/Bodeng	19
17	Sendang	Baban	17
		Bajal Picisan	13
		Klantur	16
		Catut	8

(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2018)

Menurut Nawasis (2012), Kabupaten Tulungagung termasuk dalam DAS Brantas yaitu dimana terdapat sungai-sungai kecil yang bermuara di Kali Brantas.

Selain dialiri oleh sungai-sungai, keadaan hidrologi Kabupaten Tulungagung juga ditentukan oleh adanya waduk, dam, mata air, pompa air dan sumur bor. Secara garis besar DAS di Kabupaten Tulungagung yaitu:

2.2.1 DAS Brantas

DAS Brantas di Kabupaten Tulungagung dapat dibedakan:

1. Sub DAS Ngrowo – Ngasinan

Sub DAS ini menempati bagian tengah Kabupaten Tulungagung dengan pola aliran sungai yaitu Sungai Ngrowo/Parit Agung/Parit Raya sebagai sungai orde I beserta anak percabangan sungainya baik sebagai percabangan sungai Orde II, Orde III dan Orde IV. Anak-anak percabangan sungai tersebut antara lain: Sungai Kalidawir, Sungai Ngasinan, Sungai Song, Sungai Klantur, Sungai Babaan, Sungai Wudu, Sungai Gondang, Sungai Bajalpicisan, Sungai Keboireng dan lain sebagainya.

2. Sub DAS Lahar

Sub DAS ini menempati bagian utara Kabupaten Tulungagung dengan pola aliran sungai utama yaitu Sungai Brantas sebagai Sungai Orde I beserta anak-anak percabangannya sebagai Orde II, Orde III dan seterusnya. Anak-anak percabangan sungai yang dimaksud antara lain: Sungai Catut, Sungai Boto dan lain sebagainya.

2.2.2 DAS Dlado – Gedangan

Sub DAS ini di Kabupaten Tulungagung menempati bagian selatan, secara umum bentuk morfologinya miring. Sistem selatan dengan pola pengaliran maupun pengeringan sungainya mengalir dan bermuara di Samudera Indonesia/Hindia. Sungai-sungai yang dimaksud antara lain: Sungai Dlado, Sungai Kerecek, Sungai Ngelo, Sungai Urang, Sungai Molang, dan lain sebagainya.

Berdasarkan batas sistem penyebarannya berbeda antara batas administrasi Kabupaten Tulungagung dengan batas penyebaran daerah tangkapan (*Catchment area*) air hujannya pada sistem sub DAS yang ada. Khususnya pada 2 sub DAS

yaitu pada sistem sub DAS Ngrowo-Ngasinan ekosistem yang mempengaruhi mencakup 3 wilayah Kabupaten yaitu Tulungagung, Trenggalek dan Ponorogo. Sedangkan pada sistem sub DAS Lahar pengaruh ekosistemnya mencakup 3 wilayah Kabupaten yaitu Tulungagung, Blitar dan Kediri. Berdasarkan kenampakan karakteristik fisiknya pada sistem DAS – sub DAS di Kabupaten Tulungagung, secara umum dapat dibedakan menjadi daerah bagian hulu dan daerah bagian hilir. Daerah bagian hulu di Kabupaten Tulungagung menempati kawasan perbukitan/pegunungan dan lereng Tenggara Gunung Wilis. Kawasan ini mempunyai peranan embung/bendung, waduk, tandon air dan lain sebagainya. Sedangkan pada bagian daerah hilir, secara umum menempati daerah dataran rendah/daerah muara sungai yang merupakan daerah pemanfaatan dan penataan air oleh aktivitas kegiatan manusia. Potensi air disini sangat besar peranannya dimanfaatkan secara optimal untuk memenuhi kebutuhan dan keperluan irigasi, penyediaan air baku untuk minum, industri, perikanan dan lain sebagainya. Disamping pemanfaatan tersebut, dalam rangka penataan air banyak dilaksanakan program dan kegiatan pembangunan seperti pengembangan jaringan irigasi, pekerjaan normalisasi saluran, pembuatan tanggul sungai, pembuatan pelengsengan dan lain sebagainya (Nawasis, 2012).

2.3 Tutupan Lahan

Lahan merupakan material dasar dari suatu lingkungan yang diartikan berkaitan dengan sejumlah karakteristik alami yaitu iklim, geologi, tanah, topografi, hidrologi, dan biologi (Lo, 1996). Penting untuk diketahui bahwa istilah tutupan lahan (*land cover*) tidaklah sama dengan penggunaan lahan (*land use*). Tutupan lahan berhubungan dengan kondisi biofisik yang ada di permukaan bumi, sedangkan penggunaan lahan berhubungan dengan aktivitas manusia pada cakupan lahan tertentu (Ekadinata *et al.*, 2008). Istilah penggunaan lahan sering digunakan untuk tujuan formal tertentu seperti pada bidang pertanian dan perkebunan yang dinyatakan dalam bentuk luas areal penanaman dan pemanenan komoditas tertentu. Sedangkan dalam bidang kehutanan dikenal istilah kawasan

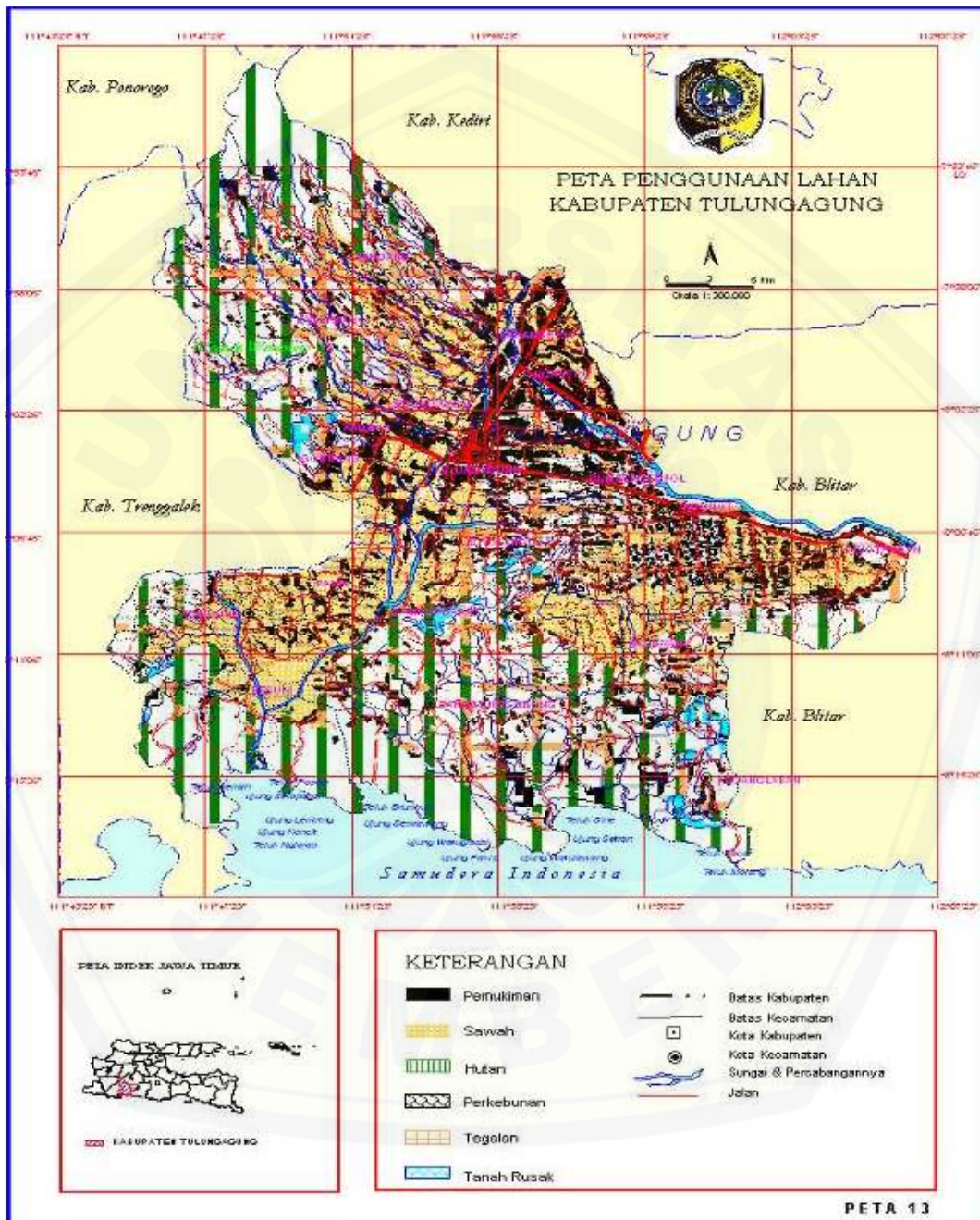
hutan sebagai bentuk penggunaan lahan, meskipun dalam kenyataannya tidak seluruhnya merupakan tutupan hutan (Dwiprabowo *et al.*, 2014).

Tutupan lahan adalah kenampakan alamiah bumi seperti vegetasi, biota, tanah, topografi, hutan, air, struktur buatan manusia dan sebagainya. Dengan kata lain, tutupan lahan merupakan hamparan biofisik dari sebagian permukaan bumi. Informasi tutupan lahan mempunyai peranan yang signifikan sebagai informasi tematik untuk melakukan perencanaan, pengendalian dan penataan ruang agar tercipta pembangunan berkelanjutan. Melalui bantuan citra satelit dan teknik penginderaan jauh, tutupan lahan yang tampak dalam citra dapat dikelompokkan kemudian dianalisis perubahannya. Perubahan tutupan lahan merupakan perubahan kenampakan yang ada di permukaan bumi. Deteksi perubahan tutupan lahan dalam suatu periode waktu merupakan hal penting untuk memahami hubungan antara manusia dan fenomena alam, yang berkaitan dengan menyusun keputusan pengelolaan dan penggunaan sumber daya alam (Barrett dan Curtis, 1983).

Menurut Nawasis (2012), permukiman merupakan lahan yang digunakan untuk segala jenis bangunan, termasuk daerah sekitar yang dalam penggunaan sehari-hari berkaitan dengan keperluan pemukiman seperti rumah mukim, daerah industri, daerah perdagangan, daerah perkantoran, daerah rekreasi, dan lain sebagainya. Permukiman di Kabupaten Tulungagung terdapat secara mengelompok di sekitar arah aliran sungai, jalan dan kawasan-kawasan yang berpotensi untuk dapat berkembang. Luasan keseluruhan kurang lebih 18,922%. Lahan ini merupakan lahan yang tergolong subur dan permukaan datar dengan lereng tanah berkisar antara $(0-8)^{\circ}$. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat peta penggunaan lahan Kabupaten Tulungagung pada Gambar 2.2.

Identifikasi perubahan penggunaan lahan pada suatu DAS merupakan suatu proses mengidentifikasi perbedaan keberadaan suatu objek atau fenomena yang diamati pada waktu yang berbeda di DAS tersebut. Identifikasi perubahan penggunaan lahan memerlukan suatu data spasial temporal. Data-data spasial tersebut bersumber dari hasil analisis citra maupun dari instansi-instansi pemerintah seperti Bakosurtanal. Mengetahui perubahan penggunaan lahan tidak

hanya berguna untuk pengelolaan sumberdaya alam berkelanjutan, tetapi juga dapat dijadikan suatu informasi dalam merencanakan tata ruang di masa yang akan datang (As-Syakur *et al.*, 2008).



Gambar 2.2 Penggunaan lahan Kabupaten Tulungagung (Sumber: Nawasis, 2012)

Identifikasi tutupan lahan dilakukan dengan melakukan interpretasi citra satelit. Melalui sensor yang dimilikinya, menggunakan gelombang

elektromagnetik, citra satelit merekam fenomena permukaan bumi secara berkala. Perekaman ini memanfaatkan perbedaan selang spektral yang dipantulkan. Beragam citra satelit yang tersedia saat ini baik optik maupun radar, memiliki berbagai tingkatan resolusi spasial (Suryadi, 2012).

2.4 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh adalah pengamatan muka bumi yang dilakukan dari ruang angkasa dengan menggunakan gelombang elektromagnetik tanpa menyentuh langsung objek yang diamati. Jauh sebelum adanya penginderaan jauh melalui satelit (*remote sensing by satelit*), penginderaan jauh telah dilakukan. Penginderaan jauh semula dilakukan secara konvensional dengan memakai sarana pesawat udara. Penginderaan jauh secara konvensional terdapat banyak kelemahan, karena jangka waktu penerbangan sangat terbatas, apalagi dengan ketinggian tertentu data yang diperoleh kurang akurat apabila tertutup awan tebal. Dengan penemuan teknologi penginderaan jauh melalui satelit kelemahan-kelemahan penginderaan secara konvensional dapat diatasi. Data yang diperoleh dengan menggunakan satelit lebih luas jangkauannya dan dapat dipasang sepanjang masa. Lokasi yang tinggi dari ruang angkasa, satelit penginderaan jauh dapat dengan mudah mengamati suatu wilayah di bumi selama 24 jam secara terus menerus (Hanafi, 2011).

Penginderaan jauh merupakan suatu teknik untuk mengumpulkan informasi mengenai objek dan lingkungannya dari jarak jauh tanpa sentuhan fisik. Biasanya teknik ini menghasilkan beberapa bentuk citra yang selanjutnya diproses dan diinterpretasi guna membuahkkan data yang bermanfaat untuk aplikasi di bidang pertanian, arkeologi, kehutanan, geografi, geologi, perencanaan dan bidang-bidang lainnya (Lo, 1996).

Karakteristik dari objek atau area jika diasosiasikan dengan tingkatan energi elektromagnetiknya, dapat memberikan gambaran mengenai cara untuk mengidentifikasi, membatasi, dan membedakan diantara mereka. Dikarenakan karakteristik elektromagnetik dari objek-objek tersebut dikumpulkan menggunakan instrumen penginderaan jauh yang dipasang pada pesawat terbang

atau satelit yang mengorbit bumi, penginderaan jauh juga memberikan peluang untuk merekam area atau wilayah yang luas dengan hanya sebuah pengamatan tunggal.



Gambar 2.3 Sistem penginderaan jauh dapat disematkan dalam wahana satelit dan pesawat terbang (Sumber: Khorram *et al*, 2012)

Potensi keunggulan lainnya yang ditawarkan oleh penginderaan jauh, terutama yang direkam oleh wahana satelit adalah wilayah yang menjadi objek kajian dapat dikunjungi dan direkam dalam siklus waktu yang teratur, sehingga dapat menunjukkan perubahan kondisi area yang sama dalam kurun waktu yang berbeda. Waktu perekaman ulang tersebut, bergantung pada orbit satelit dimana instrumen penginderaan jauh terpasang juga lebar dari area yang direkam oleh sensor yang merupakan jalur pengamatan sensor tatkala satelit tersebut bergerak mengitari bumi. (Khorram *et al.*, 2012).

Penginderaan jauh berasal dari dua kata dasar yaitu indera berarti melihat dan jauh berarti dari jarak jauh. Jadi berdasarkan asal katanya, penginderaan jauh berarti melihat objek dari jarak jauh. Objek, daerah, atau gejala yang dikaji dalam definisi tersebut dapat berada di permukaan bumi, di atmosfer, atau planet di luar angkasa. Objek di permukaan bumi akan disadap informasinya menggunakan alat yang disebut sensor. Sensor tersebut dipasang pada sebuah wahana yang berada di

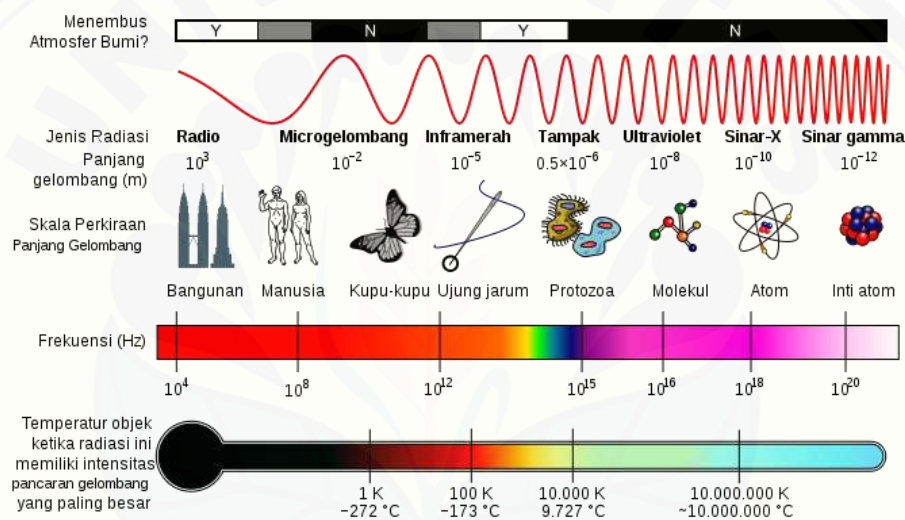
angkasa. Sensor yang digunakan bisa berupa kamera, scanner, magnetometer, maupun radiometer. Sensor tersebut menerima dan merekam sinyal dari tenaga pantulan objek yang diukurnya, berupa energi gelombang elektromagnetik, yakni energi elektrisitas dan magnetisme yang bergerak dengan kecepatan cahaya (3×10^8 m/s), pada frekuensi dan panjang gelombang yang sangat bervariasi. Semakin tinggi frekuensi gelombang sinar tersebut maka semakin tinggi pula energinya. Hasil pemotretannya disebut sebagai data indera yang dapat berwujud foto udara, citra satelit, citra radar, dan lainnya (Kusumowidagdo *et al.*, 2007).

Sistem elektronik pada penginderaan jauh mempunyai kelebihan dalam hal penggunaan spektrum elektromagnetik yang lebih luas, kemampuan yang lebih besar dan lebih pasti dalam membedakan karakteristik spektral objek, dan proses analisis yang lebih cepat karena digunakannya komputer. Kejelasan dalam membedakan karakteristik spektral objek sangat penting karena dalam pengenalan objek sangat penting artinya dalam penginderaan jauh karena pengenalan objek pada dasarnya dilakukan dengan mengenali dan membedakan karakteristik spektral objek yang bersangkutan. Berbeda dengan interpretasi secara visual yang keterbatasannya terletak pada kekurangmampuan untuk mengevaluasi pola spasial. Oleh karena itu kedua cara ini sebaiknya dipilih atau mungkin cara panduannya, kesemuanya harus disesuaikan terhadap tujuan aplikasi penginderaan jauh (Sutanto, 1994).

Menurut Suryadi (2012), analisis perubahan penutupan lahan dan identifikasi perubahannya merupakan bagian dari data aktivitas yang harus disiapkan dalam perhitungan emisi. Identifikasi penutupan lahan dilakukan dengan melakukan interpretasi citra satelit. Citra satelit dapat diinterpretasi melalui beberapa cara yakni interpretasi manual (*manual interpretation*) dan interpretasi digital (*digital interpretation*). Interpretasi manual dilakukan secara visual menggunakan meja digitasi (*digitation tablet*) ataupun digitasi on screen (*on screen digitation*). Interpretasi digital dilakukan menggunakan sistem yang sudah terkomputerisasi berdasarkan dengan atau tanpa menggunakan sampel atau algoritma yang telah pengguna tetapkan.

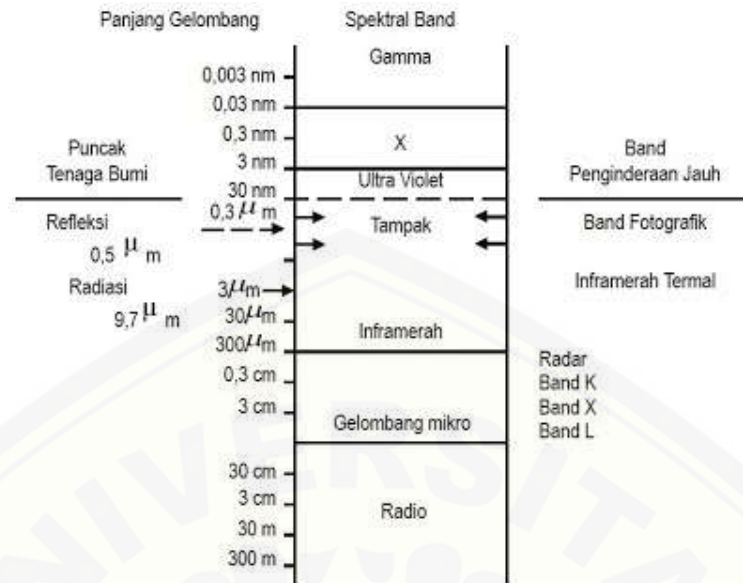
2.5 Gelombang Elektromagnetik

Radiasi elektromagnetik didefinisikan sebagai seluruh energi yang bergerak dengan kecepatan cahaya dengan pola gelombang yang beraturan (sebagai contoh setiap gelombang terpisah dengan jarak dan perulangan yang sama di dalam ruang dan waktu). Cahaya tampak adalah salah satu kategori dari radiasi elektromagnetik, jenis lainnya meliputi gelombang radio, inframerah, dan sinar gamma. Bersama dengan semua jenis radiasi elektromagnetik tersebut terangkum dalam spektrum elektromagnetik yang ditunjukkan pada Gambar 2.4 (Khorram *et al.*, 2012).



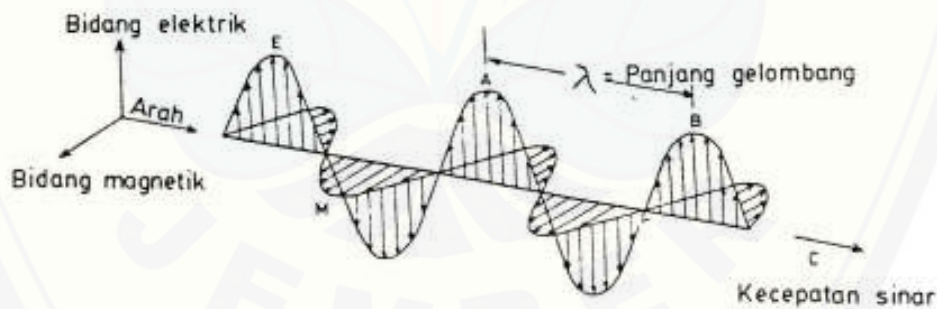
Gambar 2.4 Spektrum elektromagnetik (Sumber: Ramadianto, 2014)

Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang merambat secara kontinu dalam gerak yang harmonis. Sumber dari gelombang ini secara alami adalah sinar matahari, selain itu dapat pula dibuat secara artifisial seperti pada penginderaan dengan gelombang radar (gelombang mikro). Rentang panjang gelombang elektromagnetik mulai dari sekitar 0,3 nm sampai orde meter yang meliputi gelombang ultra ungu sampai radio. Energi elektromagnetik yang membentuk gelombang elektromagnetik dan diklasifikasikan menjadi spektrum dan saluran (band) ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Gelombang elektromagnetik (Sumber: Paine, 1981)

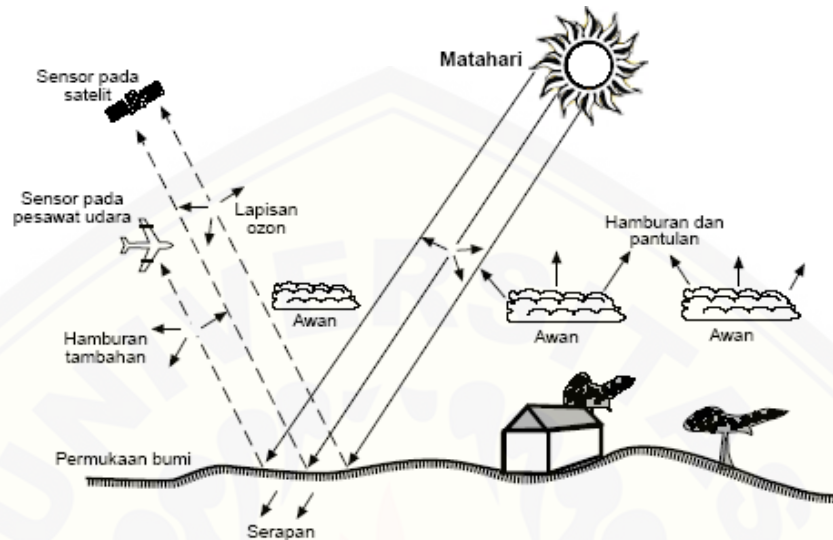
Energi elektromagnetik tidak dapat dilihat, kecuali bila berinteraksi. Energi matahari yang dipancarkan bergerak secara statis dan terurai sehingga membentuk berbagai panjang gelombang (λ). Gelombang elektromagnetik yang terpancar meliputi gelombang elektrik dan magnetik yang ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Gelombang elektromagnetik, komponen-komponen gelombang elektromagnetik dan magnetik (Sumber: Lillesand & Kiefer, 1979)

Pada dasarnya energi yang masuk ke permukaan bumi tidak seluruhnya sampai, tapi hanya sebagian kecil yang masuk ke permukaan bumi. Energi tersebut dihambat oleh atmosfer melalui serapan, pantulan dan transmisi (diteruskan). Energi yang mencapai permukaan bumi dan berinteraksi dengan objek, sehingga sebagian energi diserap, dipantulkan dan diteruskan oleh objek.

Jadi ketiga energi yang berinteraksi tersebut merupakan energi yang sampai ke permukaan bumi. Interaksi energi tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Interaksi antara sistem elektromagnetik dan atmosfer (Sumber: Sabin, 1978)

2.6 Satelit Landsat 8 OLI/TIRS

Satelit landsat 8 merupakan satelit penginderaan jauh generasi penerus landsat 7 yang diluncurkan pada tanggal 11 Februari 2013 yang merupakan kerjasama antara *United State Geological Survey* (USGS) dan *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) yang memiliki tujuan untuk mengamati atau memantau penggunaan lahan dan perubahan penutup lahan. Satelit Landsat 8 dibuat oleh *Orbital Sciences Corporation* yang memiliki masa operasi selama 5 tahun, namun mampu untuk beroperasi selama 10 tahun.

Sensor utama Landsat 8 adalah *Operational Land Imager* (OLI) yang memiliki fungsi untuk mengumpulkan data di permukaan bumi dengan spesifikasi resolusi spasial dan spektral yang berkonsistensi dengan data Landsat sebelumnya. Didesain dalam sistem perekaman sensor *push-broom* dengan empat teleskop cermin, performa *signal-to-noise* yang lebih baik, dan penyimpanan dalam format kuantifikasi 12-bit. OLI merekam citra pada spektrum panjang gelombang tampak, inframerah dekat, dan inframerah tengah yang memiliki resolusi spasial 30 meter, serta saluran pankromatik yang memiliki resolusi

spasial 15 meter. Dua saluran spektral baru ditambahkan dalam sensor OLI ini, yaitu saluran *deep-blue* untuk kajian perairan laut dan aerosol, serta sebuah saluran untuk mendeteksi awan cirrus. Saluran *quality assurance* juga ditambahkan untuk mengindikasikan keberadaan bayangan medan, awan, dan lain-lain.

Thermal Infrared Sensor (TIRS) merupakan sensor lain yang tersemat dalam Landsat 8 yang berfungsi untuk mengindera suhu dan aplikasi lainnya seperti pemodelan *evapotranspirasi* untuk memantau penggunaan air pada lahan teririgasi. TIRS merekam citra pada dua saluran inframerah termal dan didesain untuk beroperasi selama 3 tahun. Resolusi spasial yang dimiliki TIRS adalah 100 meter dan teregistrasi dengan sensor OLI, sehingga menghasilkan citra yang terkalibrasi secara radiometrik dan geometrik (USGS, 2018).

Tabel 2.3 Julat panjang gelombang dan resolusi spasial saluran-saluran yang terdapat dalam landsat 8

Saluran	Panjang Gelombang (μm)	Resolusi Spasial (m)
Saluran 1 – Pesisir dan Aerosol	0.43 – 0.45	30
Saluran 2 – Biru	0.45 – 0.51	30
Saluran 3 – Hijau	0.53 – 0.59	30
Saluran 4 – Merah	0.64 – 0.67	30
Saluran 5 – Inframerah Dekat	0.85 – 0.88	30
Saluran 6 – SWIR 1	1.57 – 1.65	30
Saluran 7 – SWIR 2	2.11 – 2.29	30
Saluran 8 – Pankromatik	0.50 – 0.68	15
Saluran 9 – Cirrus	1.36 – 1.38	30
Saluran 10 – Inframerah Termal 1	10.60 – 11.19	100
Saluran 11 – Inframerah Termal (TIRS) 2	10.50 – 12.51	100

(Sumber: USGS, 2018)

Tabel 2.4 Contoh aplikasi atau kemanfaatan masing-masing saluran landsat 8

Saluran	Panjang Gelombang (μm)	Contoh Aplikasi
Saluran 1 – Pesisir dan Aerosol	0.43 – 0.45	Kajian Pesisir dan Aerosol
Saluran 2 – Biru	0.45 – 0.51	Pemetaan Batimetri, Membedakan antara tanah dan vegetasi atau pohon semimusim dan berdaun jarum
Saluran 3 – Hijau	0.53 – 0.59	Analisis pantulan puncak vegetasi yang bermanfaat untuk menilai kekuatan tumbuhan
Saluran 4 – Merah	0.64 – 0.67	Analisis perubahan vegetasi
Saluran 5 – Inframerah Dekat	0.85 – 0.88	Analisis kandungan biomassa dan garis pantai
Saluran 6 – SWIR 1	1.57 – 1.65	Membedakan kelembapan tanah dan vegetasi, mampu menembus awan tipis
Saluran 7 – SWIR 2	2.11 – 2.29	Membedakan kelembapan tanah dan vegetasi dengan lebih baik, mampu menembus awan tipis
Saluran 8 – Pankromatik	0.50 – 0.68	Resolusi spasial 15 m, hasil perekaman yang lebih tajam
Saluran 9 – Cirrus	1.36 – 1.38	Mendeteksi awan cirrus dan kontaminasi
Saluran 10 – Inframerah Termal 1	10.60 – 11.19	Resolusi spasial 100 m, pemetaan suhu dan estimasi kelembapan tanah
Saluran 11 – Inframerah Termal (TIRS) 2	10.50 – 12.51	Resolusi spasial 100 m, pemetaan suhu dan estimasi kelembapan tanah

(Sumber: USGS, 2018)

2.7 Curah Hujan (Presipitasi)

Menurut Asdak (2010), presipitasi adalah curahan atau jatuhnya air dari atmosfer ke permukaan bumi dan laut dalam bentuk yang berbeda, yaitu curah hujan di daerah tropis dan curah hujan serta salju di daerah beriklim sedang. Mengingat bahwa di daerah tropis presipitasi hanya ditemui dalam bentuk curah hujan, maka presipitasi dalam konteks daerah tropis adalah sama dengan hujan.

Air limpasan adalah bagian dari curah hujan yang mengalir di atas permukaan tanah menuju ke sungai, danau dan lautan. Air hujan yang jatuh ke permukaan tanah ada yang langsung masuk ke dalam tanah, sebagian lagi tidak sempat masuk ke dalam tanah dan oleh karenanya mengalir di atas permukaan tanah ke tempat yang lebih rendah. Ada juga bagian air hujan yang telah masuk ke dalam tanah, terutama pada tanah yang hampir atau telah jenuh, air tersebut keluar ke permukaan tanah lagi dan lalu mengalir ke bagian yang lebih rendah. Kedua fenomena air limpasan permukaan tersebut disebut air limpasan. Koefisien air limpasan (C) adalah bilangan yang menunjukkan perbandingan antara besarnya air limpasan terhadap besarnya curah hujan.

Debit aliran adalah jumlah air yang mengalir dalam satuan volume per waktu. Debit adalah satuan besaran air yang keluar dari DAS. Satuan debit yang digunakan adalah meter kubik per detik (m^3/s). Debit aliran adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu (Asdak, 2010). Debit adalah suatu koefisien yang menyatakan banyaknya air yang mengalir dari suatu sumber persatuan waktu, biasanya diukur dalam satuan liter per detik (Dumiary, 1992).

Sebagian besar debit aliran pada sungai kecil yang masih alamiah adalah debit aliran yang berasal dari air tanah atau mata air dan debit aliran air permukaan (air hujan). Dengan demikian aliran air pada sungai kecil pada umumnya lebih menggambarkan kondisi hujan daerah yang bersangkutan. Sedangkan sungai besar, sebagian besar debit alirannya berasal dari sungai-sungai kecil dan sungai sedang di atasnya. Sehingga aliran air sungai besar tidak selalu menggambarkan kondisi hujan di lokasi yang bersangkutan (Saraswati *et al*, 2017). Pendugaan debit puncak dengan menggunakan metode rasional merupakan penyederhanaan besaran-besaran terhadap suatu proses penentuan aliran permukaan yang rumit, akan tetapi metode tersebut dianggap akurat untuk menduga aliran permukaan dalam rancang bangun yang relatif murah, sederhana dan memberikan hasil yang dapat diterima (*reasonable*) (Gunawan, 1991).

Setiap DAS mempunyai sifat-sifat khusus yang berbeda, hal ini memerlukan kecermatan dalam menerapkan suatu teori yang cocok pada daerah pengaliran.

Oleh karena itu, sebelum memulai perencanaan konstruksi waduk, perlu adanya kajian pustaka untuk menentukan spesifikasi-spesifikasi yang akan menjadi acuan dalam perencanaan pekerjaan konstruksi tersebut (Subarkah, 1980). Data curah hujan dan debit merupakan data yang sangat penting dalam perencanaan waduk. Analisis data hujan dimaksudkan untuk mendapatkan besaran curah hujan. Perlunya menghitung curah hujan wilayah adalah untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir (Sosrodarsono & Takeda, 1977). Metode yang digunakan dalam perhitungan curah hujan rata-rata wilayah DAS ada tiga metode, yaitu metode rata-rata aritmatik (aljabar), metode poligon Thiessen dan metode Isohyet (Loebis, 1987).

2.7.1 Metode Rata-rata Aritmatik (Aljabar)

Menurut Triadmodjo (2008), metode ini paling sederhana karena pengukuran yang dilakukan di beberapa stasiun dalam waktu yang bersamaan dijumlahkan dan kemudian dibagi jumlah stasiun. Stasiun hujan yang digunakan dalam hitungan adalah yang berada dalam DAS, tetapi stasiun di luar DAS tangkapan yang masih berdekatan juga bisa diperhitungkan. Metode rata-rata aljabar memberikan hasil yang baik apabila, stasiun hujan tersebar secara merata di DAS dan distribusi hujan relatif merata pada seluruh DAS.

2.7.2 Metode Poligon Thiessen

Metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya. Pada suatu luasan di dalam DAS dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun yang terdekat, sehingga hujan yang tercatat pada suatu stasiun mewakili luasan tersebut. Metode ini digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata, pada metode ini stasiun hujan minimal yang digunakan untuk perhitungan adalah tiga stasiun hujan. Hitungan curah hujan rata-rata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh dari tiap stasiun. Metode poligon Thiessen banyak digunakan untuk menghitung hujan rata-rata kawasan. Poligon Thiessen adalah tetap untuk suatu jaringan stasiun hujan tertentu. Apabila terdapat perubahan jaringan stasiun

hujan seperti pemindahan atau penambahan stasiun, maka harus dibuat lagi poligon yang baru (Triatmodjo, 2008).

2.7.3 Metode Isohyet

Isohyet adalah garis yang menghubungkan titik-titik dengan kedalaman hujan yang sama. Pada metode Isohyet, dianggap bahwa hujan pada suatu daerah di antara dua garis Isohyet adalah merata dan sama dengan nilai rata-rata dari kedua garis Isohyet tersebut. Metode Isohyet merupakan cara paling teliti untuk menghitung kedalaman hujan rata-rata di suatu daerah, pada metode ini stasiun hujan harus banyak dan tersebar merata, metode Isohyet membutuhkan pekerjaan dan perhatian yang lebih banyak dibanding dua metode lainnya (Triatmodjo, 2008).

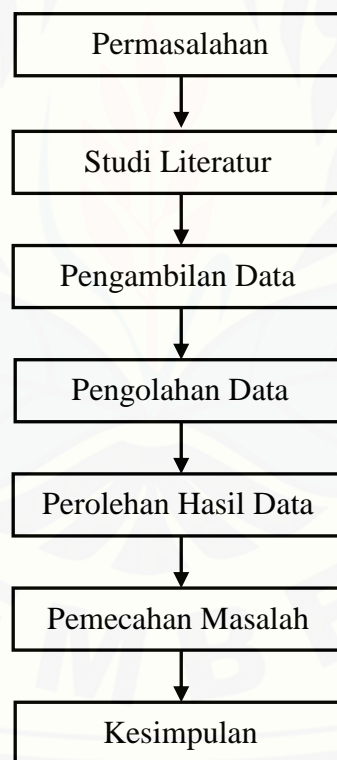
Menurut Nawasis (2012), secara garis besar Kabupaten Tulungagung mempunyai iklim tropis yang terbagi ke dalam dua musim yaitu penghujan dan kemarau. Musim penghujan dipengaruhi oleh angin barat (muson barat) yang jatuh pada bulan Oktober sampai Maret, dan musim kemarau (muson timur) yang jatuh pada bulan April sampai September dengan suhu udara 9°C di Pantai Selatan, sedangkan curah hujan rata-rata 2.000 mm per tahun. Hari dan curah hujan antara lain dipengaruhi oleh keadaan iklim, keadaan topografi dan perputaran atau pertemuan arus udara. Curah hujan dan hari hujan tidak merata antar waktu dan antar daerah, sehingga mengakibatkan suatu keadaan yang saling bertentangan, yaitu misalnya terjadi banjir di suatu daerah sementara di daerah lain terjadi kekeringan pada saat yang sama. Oleh karena itu harus selalu diwaspadai bulan-bulan hari hujannya banyak dan sedikit, sehingga dapat diminimalkan terjadinya suatu bencana.

BAB 3. METODE PENELITIAN

Pada metode penelitian ini menjelaskan mengenai rancangan penelitian mulai dari perumusan masalah, studi literatur tentang penginderaan jauh, skema penyelesaian masalah, data yang digunakan, variabel penelitian sampai dengan metode analisisnya.

3.1 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian merupakan sebuah desain atau pola-pola operasional yang dapat dijadikan panduan atau pedoman teknis oleh peneliti dalam melaksanakan rangkaian kegiatan penelitian.



Gambar 3.1 Diagram Alir Rancangan Penelitian

Terdapat tiga perumusan masalah yaitu mengenai pemetaan kelas tutupan lahan, besarnya perubahan tutupan lahan dan pengaruh perubahan luas tutupan lahan terhadap debit aliran. Penelitian dilakukan dengan memanfaatkan teknologi

penginderaan jauh dan beberapa data input untuk mendukung pengolahan data landsat. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data citra landsat 8 dan data curah hujan. Data citra landsat memuat tentang kenampakan permukaan bumi sehingga dapat digunakan untuk mengetahui perubahan tutupan lahan wilayah sub DAS Ngrowo-Ngasinan. Data yang digunakan merupakan data citra dari kurun waktu tahun 2014 sampai 2018. Data tersebut dibagi dalam tiga data citra, yakni data 26 Oktober 2014, data 24 Mei 2016, dan data 1 Juni 2018.

Data citra landsat 8 mempunyai 11 jenis band. Masing-masing band mempunyai karakteristik dan fungsi yang berbeda-beda. Pada penelitian ini data citra landsat 8 akan diolah menjadi suatu data informasi berupa luasan perubahan tutupan lahan wilayah sub DAS Ngrowo-Ngasinan. Sebelum melakukan pengolahan data dilakukan, data citra satelit yang didapatkan harus dikonversi band terlebih dahulu. Konversi band dilakukan agar data yang akan diolah dapat menghasilkan citra menyerupai kenampakannya aslinya untuk memudahkan proses klasifikasi. Band-band yang telah dikonversi kemudian dilakukan koreksi. Koreksi yang akan dilakukan adalah koreksi TOA (*Top of Atmosfer*) matahari dan koreksi atmosfer. Selanjutnya, citra landsat 8 dipotong sesuai wilayah penelitian agar dapat diolah untuk proses klasifikasi.

Metode klasifikasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode klasifikasi *supervised*. Hasil klasifikasi pada waktu yang berbeda dapat menunjukkan adanya perubahan tutupan lahan di wilayah sub DAS Ngrowo-Ngasinan, Kabupaten Tulungagung. Terdapat tiga data klasifikasi pada penelitian ini, yakni:

1. Klasifikasi pada 26 Oktober 2014
2. Klasifikasi pada 24 Mei 2016
3. Klasifikasi pada 1 Juni 2018

Masing-masing klasifikasi tersebut kemudian digolongkan menjadi beberapa kelas sebagai berikut:

1. Hutan
2. Tegalan
3. Ladang

4. Pemukiman
5. Air
6. Sawah

Perubahan luas tutupan lahan dapat diidentifikasi dengan melakukan perbandingan hasil pemetaan tutupan lahan. Nilai perubahan luas tutupan lahan dihasilkan dengan membandingkan hasil pemetaan tutupan lahan antara tahun 2014 dengan 2016 dan tahun 2016 dengan 2018.

3.2 Jenis dan Sumber Data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder dimana data ini berupa data citra satelit penginderaan jauh dan data curah hujan. Data penginderaan jauh didapatkan dari *United States Geological Survey (USGS)* yang berupa data citra satelit landsat 8. Data tersebut merupakan data kuantitatif yang menyajikan nilai reflektansi dalam bentuk citra satelit landsat 8. Data curah hujan didapatkan dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Tulungagung. Data tersebut merupakan data kuantitatif berupa data statistik curah hujan di wilayah Kabupaten Tulungagung.

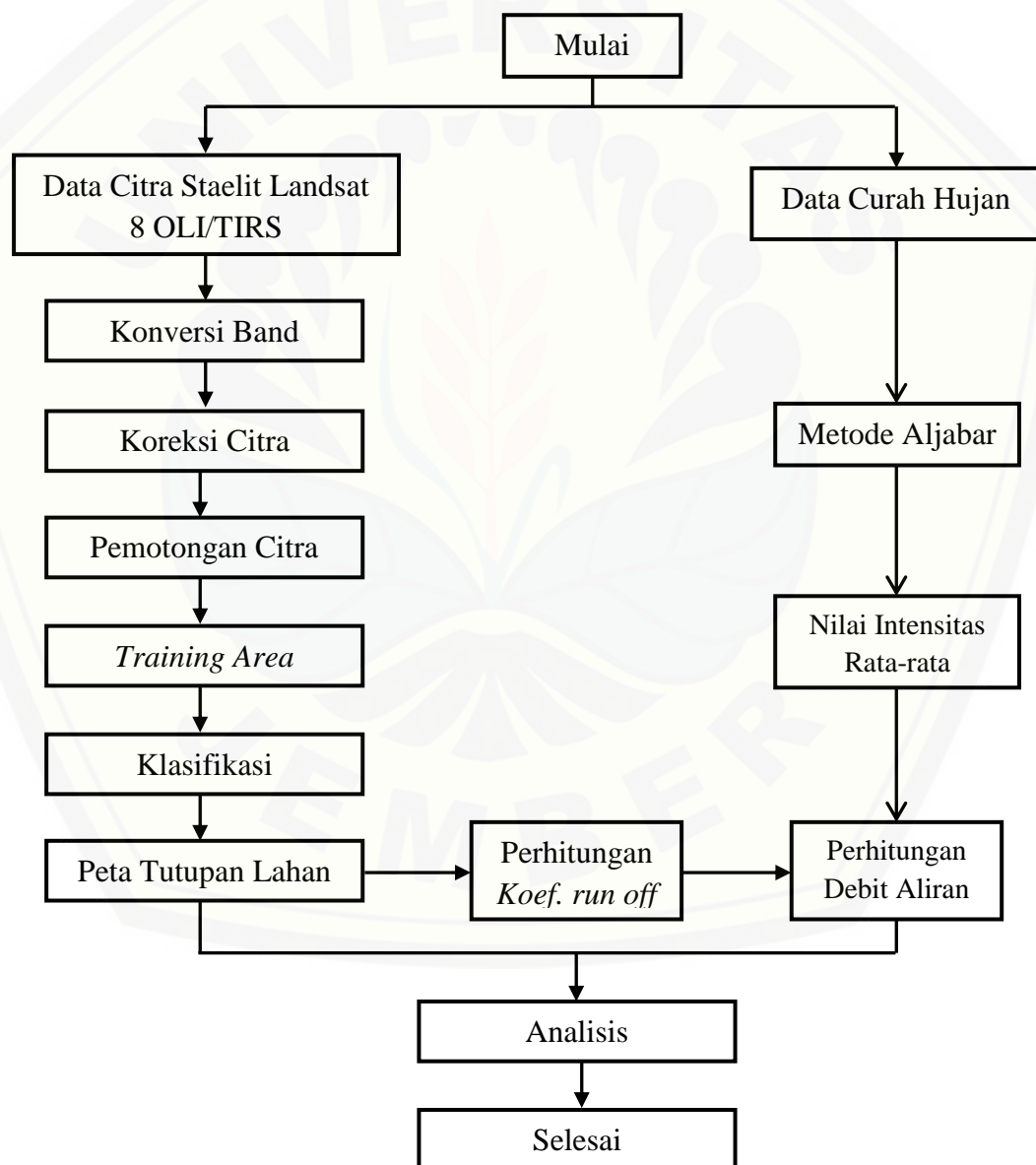
3.3 Operasional Variabel

Secara umum variabel yang digunakan dalam penelitian ini dapat dikelompokkan menjadi tiga bagian, yaitu variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol. Variabel bebas pada penelitian ini adalah input yang digunakan dalam penelitian yakni data citra satelit landsat 8 pada 26 Oktober 2014, 24 Mei 2016 dan 1 Juni 2018 serta data curah hujan pada tahun 2014, 2016 dan 2018. Variabel terikat adalah variabel yang mengalami perubahan karena adanya sebuah perlakuan. Penelitian ini memiliki variabel terikat berupa luas tutupan lahan dan nilai debit aliran. Variabel kontrol merupakan variabel yang dijadikan sebagai kontrol kebenaran pada hasil penelitian. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah *Google Earth* dan data luas hutan dari Dinas Kehutanan Provinsi Jawa Timur. *Google Earth* digunakan sebagai acuan untuk pembuatan *training area*

saat melakukan klasifikasi *supervised*. Sedangkan data luas hutan digunakan sebagai validasi data dengan membandingkannya dengan hasil penelitian.

3.4 Kerangka Pemecahan Masalah

Kerangka pemecahan masalah pada penelitian ini menggambarkan alur pengolahan data citra hingga menghasilkan luasan tutupan lahan dan nilai debit aliran. Tahapan proses pemecahan masalah yang dilakukan dalam penelitian ini ditunjukkan pada *flow chart* Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Kerangka pemecahan masalah

3.5 Prosedur Penelitian

Berdasarkan pada Gambar 3.2, prosedur penelitian ini memuat rician tahapan sebagai berikut:

3.5.1 Perolehan Data

Data yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah data citra landsat 8 dan data curah hujan. Data citra landsat 8 difokuskan pada wilayah sub DAS Ngrowo-Ngasinan Kabupaten Tulungagung dengan path 111 dan row 070. Pemilihan citra landsat 8 dikarenakan data citra landsat 8 memiliki resolusi spasial dan temporal yang baik. Data citra landsat 8 juga memiliki resolusi spektral yang baik yakni dapat mencangkup panjang gelombang yang banyak sehingga memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi dibandingkan dengan citra landsat sebelumnya. Data curah hujan digunakan untuk perhitungan nilai debit aliran berdasarkan daerah yang akan dikaji.

3.5.2 Pengolahan Awal Data Citra Landsat 8

Pengolahan awal data citra landsat 8 pada penelitian ini meliputi tiga tahapan yakni:

a. Konversi Band

Band citra satelit landsat yang akan digunakan pada penelitian ini adalah band 2 sampai band 6. Data citra landsat 8 memiliki band yang berbeda dan tidak harus semua band dipakai dalam pengolahan data. Band tersebut dipilih karena pada masing-masing band tersebut memiliki fungsi untuk membedakan parameter biofisik tanaman (*biophysical vegetation*) pada citra. Apabila band tersebut telah terkoreksi maka citra akan menampilkan *true color* dengan komposit warna RGB 5-4-3. Hal ini disebabkan kenampakan yang dihasilkan oleh citra dapat dengan mudah dilakukan proses klasifikasi karena hampir menyerupai kenampakan pada *Google Earth*. Konversi band citra landsat ini merupakan penggabungan band dari proses awal pengolahan data dan dilakukan pada *software ER Mapper 7.1*.

b. Koreksi TOA (*Tof of Atmosfer*) Matahari

Secara umum, koreksi TOA matahari atau biasa disebut dengan TOA reflektan digunakan untuk membuat konversi dari *digital number* ke reflektan. Hal tersebut dilakukan untuk mendapatkan nilai minimum dan maksimum dari masing-masing band yang akan dilakukan pada proses selanjutnya. Koreksi TOA reflektan ini bermanfaat untuk memperbaiki kualitas citra akibat dari kesalahan pantulan permukaan atau kelengkungan bumi dan arah sinar matahari. Hal tersebut dilakukan untuk menghasilkan informasi yang lebih akurat. Pada proses ini koreksi dilakukan untuk menghasilkan nilai reflektansi pada masing-masing band yang telah dikonversi. Reflektansi dihasilkan dengan memasukkan rumus reflektansi pada formula masing-masing band. Koreksi ini dilakukan untuk mempertajam citra agar hasil yang didapatkan terlihat bagus dan dilakukan pada *software ER Mapper 7.1*.

c. Koreksi Atmosfer

Penghamburan atmosfer dapat mempengaruhi perekaman citra satelit. Koreksi atmosfer dilakukan untuk menghilangkan atau meminimalisir terjadinya bias pada masing-masing spektral band. Dalam hal ini koreksi atmosfer dilakukan dengan mengurangi nilai input band dengan nilai minimum pada masing-masing band. Nilai minimum didapatkan dari proses *calculate statistics* melalui *software ER Mapper 7.1* setelah dilakukan koreksi TOA Matahari.

3.5.3 Pemotongan (*cropping*) Citra

Hal yang perlu dilakukan sebelum melakukan pemotongan citra satelit untuk penelitian ini adalah memastikan sistem proyeksi dan datum antara data citra satelit dengan data vektor yang akan digunakan sebagai pemotong tersebut sama. Data batas administrasi dilihat dengan memasukkan data batas administrasi kecamatan di Indonesia pada *software ArcGIS 10.3* yang kemudian dipotong berdasarkan daerah yang akan dikaji. Citra dipotong berdasarkan batas-batas administrasi kecamatan yang masuk ke dalam sub DAS tersebut. Hasil dari pemotongan data batas administrasi kecamatan tersebut disimpan dalam bentuk

format *Shape File (.shp)*. Citra landsat kemudian dilakukan pertampalan dengan data batas administrasi kecamatan yang telah dipotong. Citra landsat dipotong sesuai data batas administrasi kecamatan pada *software ArcGIS 10.3*. Citra yang telah dipotong disimpan dalam format *.tiff* agar dapat dilakukan proses klasifikasi pada *software ER Mapper 7.1*. Hal tersebut disebabkan data vektor yang dapat digunakan pada *software ER Mapper 7.1* hanyalah data vektor dengan format file *.tiff* dan *.erv*.

3.5.4 Klasifikasi Kelas Tutupan Lahan

Klasifikasi kelas tutupan lahan dibagi menjadi beberapa kelas yaitu air, hutan, tegalan, pemukiman, ladang, dan sawah. Klasifikasi kelas tutupan lahan bertujuan untuk perhitungan luas tutupan lahan dari hasil citra yang telah dipotong. Bagian citra yang tertutup awan tidak diklasifikasikan menjadi kelas tutupan lahan yang lain. Hal ini disebabkan nilai piksel dari kelas tutupan awan hampir sama dengan kelas tutupan pemukiman dan tanah berbatu. Pembuatan tutupan awan bertujuan untuk menghasilkan tutupan awan yang lebih jelas dan baik agar proses analisis tutupan lahan bisa lebih akurat. Pembuatan kelas tutupan lahan ini dilakukan pada *software ER Mapper 7.1*. Masing-masing kelas diklasifikasi sehingga menghasilkan nilai luasan lahan pada masing-masing kelas.

3.6 Metode Analisis Data

Metode analisis data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi perhitungan nilai reflektansi, perubahan tutupan lahan dan perhitungan debit aliran.

3.6.1 Perhitungan Nilai Reflektansi

Perhitungan nilai reflektansi dilakukan pada proses koreksi TOA matahari dengan memperhitungkan nilai sudut elevasi matahari yang ada pada metadata. Persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai reflektansi matahari pada koreksi TOA dapat disajikan sebagai berikut:

$$\rho_p = (M_p Q_{cal} + A_p) + \cos(Z) \quad (3.1)$$

Keterangan:

ρ_p = Reflektansi

M_p = Reflektansi *Multi Band*

A_p = Reflektansi *Add Band*

Z = Sudut Zenith Matahari

Dimana besarnya sudut zenith matahari didapatkan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Sudut Zenith Matahari} = 90^\circ - \text{Sudut Elevasi} \quad (3.2)$$

Nilai-nilai dari reflektansi *multi band*, reflektansi *add band* dan sudut elevasi diambil dari metadata setiap data citra. Setiap data satelit memiliki metadata yang memberikan informasi berbagai jenis data dari suatu data citra satelit. File dari metadata tersebut tersedia dalam bentuk format *.txt* yang dapat dibuka melalui *WordPad*.

3.6.2 Luas Tutupan Lahan

Analisis luas tutupan lahan dilakukan dengan membandingkan hasil dari klasifikasi citra yang diakuisisi pada 26 Oktober 2014, 24 Mei 2016 dan 1 Juni 2018. Hasil yang diperoleh akan menampilkan luas daerah untuk setiap kelas tutupan lahan dan disajikan dalam bentuk diagram batang. Diagram batang akan menampilkan kondisi perubahan luas tutupan lahan pada saat pengambilan data citra tersebut. Hasil luasan tutupan lahan yang ditampilkan merupakan hasil dari kondisi pada saat pengambilan data citra tersebut. Hasil luas tutupan lahan ini digunakan untuk menghitung nilai koefisien *run off* yang selanjutnya juga digunakan untuk menghitung nilai debit aliran.

3.6.3 Pengujian Akurasi

Overall Accuracy merupakan akurasi klasifikasi keseluruhan dihitung dengan membagi jumlah titik sampel yang diklasifikasikan dengan benar (jumlah dari semua sel diagonal dalam matriks kesalahan) dengan jumlah total titik sampel. Rumusan untuk mencari akurasi klasifikasi keseluruhan adalah sebagai berikut:

$$OA = \frac{\sum_{i=1}^r x_{ii}}{N} \times 100\% \quad (3.3)$$

Keterangan:

OA = overall accuracy

N = Jumlah total pixel

x_{ii} = Nilai sel pada baris i dan kolom i

r = Jumlah baris atau kolom pada matriks kesalahan

Pengujian ini dilakukan untuk melihat tingkat akurasi dari proses klasifikasi yang telah dilakukan. Sehingga jika proses klasifikasi menghasilkan nilai akurasi yang kecil maka perlu dilakukan proses klasifikasi ulang. Hal tersebut bertujuan untuk menghasilkan perubahan luas tutupan lahan dengan akurasi yang tinggi.

3.6.4 Perhitungan Debit Aliran

Besarnya debit aliran didapatkan melalui proses perhitungan curah hujan dan koefisien *run off*. Perhitungan curah hujan dilakukan dengan menggunakan rumus Metode Aljabar seperti berikut ini:

$$p = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \quad (3.4)$$

Keterangan:

p = Curah hujan rata-rata (m/tahun)

P_i = Curah hujan pada setiap stasiun (m/tahun)

n = Banyaknya stasiun curah hujan

Perhitungan debit aliran juga memperhitungkan besarnya koefisien *run off* yang dihitung berdasarkan hasil peta luasan tutupan lahan. Persamaan koefisien *run off* dapat disajikan dengan persamaan seperti berikut ini:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^r (d_i \cdot Q \cdot 86400)}{(p \cdot A)} \quad (3.5)$$

Keterangan:

C = Koefisien *run off*

d_i = Banyaknya hari dalam bulan ke- i

Q = Debit rata-rata bulanan (m^3/s), 86400 adalah jumlah detik

P = Curah hujan rata-rata setahun (m/tahun)

A = Luas DAS (m^2)

Besarnya debit aliran dihasilkan dengan menggunakan rumus Metode Rasional yang disajikan pada persamaan berikut ini:

$$Q_p = 0,002CiA \quad (3.6)$$

Keterangan:

Q_p = Debit aliran/debit puncak (m^3/s)

C = Koefisien *run off*

i = Intensitas hujan (mm/jam)

A = Luas wilayah DAS (ha)

Hasil debit aliran yang didapatkan merupakan hasil dari perhitungan klasifikasi tutupan lahan dari data citra satelit landsat 8 yang diakuisisi pada 26 Oktober 2014, 24 Mei 2016 dan 1 Juni 2018. Hasil klasifikasi ini merupakan hasil dari kondisi pada saat pengambilan data citra tersebut bukan hasil rata-rata pertahun.

BAB 5. PENUTUP

Bab terakhir membahas mengenai kesimpulan kesimpulan yang didasarkan pada rumusan masalah penelitian serta pemberian saran agar penelitian selanjutnya menjadi lebih baik.

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pemetaan kelas tutupan lahan di wilayah sub DAS Ngrowo-Ngasinan Kabupaten Tulungagung dilakukan dengan proses klasifikasi berdasarkan data landsat 8 tahun 2014, 2016 dan 2018 yang diperoleh dari USGS. Metode klasifikasi yang digunakan adalah *supervised classification* dengan pembuatan *training area* sesuai kelas yang diinginkan. Akurasi hasil proses klasifikasi ditunjukkan oleh nilai *overall accuracy* yang bernilai lebih dari 90%. Apabila nilai akurasi lebih dari atau sama dengan 85% maka hasil dari proses klasifikasi berupa peta tutupan lahan dapat digunakan sebagai informasi yang akurat.
2. Perubahan luas tutupan lahan terbesar terjadi pada kelas hutan dan kelas ladang. Perubahan luas kelas tutupan tegalan dan air dipengaruhi oleh curah hujan wilayah. Apabila curah hujan tinggi maka luas tegalan dan kelas air semakin besar sebaliknya jika curah hujan rendah maka luas ladang juga menurun. Luas hutan secara berurutan adalah 19.975 ha, 18.912 ha dan 15.981 ha. Luas ladang secara berurutan adalah 11.640 ha, 11.973 ha dan 15.548 ha. Luas permukaan air secara berurutan adalah 368 ha, 384 ha dan 379 ha. Kelas pemukiman mengalami peningkatan, sebaliknya kelas sawah mengalami penurunan. Luas pemukiman secara berurutan adalah 3.599 ha, 3.642 ha dan 3.995 ha. Sedangkan luas sawah secara berurutan sebesar 18.761 ha, 18.634 ha dan 18.198 ha. Hal tersebut diduga sawah beralih fungsi menjadi pemukiman akibat perluasan pembangunan.
3. Perubahan tutupan lahan mempengaruhi besarnya debit aliran suatu sistem DAS khususnya pada kelas hutan dan tegalan. Apabila luas hutan semakin

besar maka debit aliran di wilayah sub DAS Ngrowo-Ngasinan menjadi kecil. Sebaliknya, jika luas hutan berkurang maka debit aliran di wilayah sub DAS Ngrowo-Ngasinan menjadi besar. Selain itu, debit aliran juga dipengaruhi oleh curah hujan wilayah dan hari hujan. Debit maksimum terjadi pada tahun 2018 sebesar $16,07 \text{ m}^3/\text{s}$ sedangkan terendah terjadi pada tahun 2014 sebesar $11,48 \text{ m}^3/\text{s}$. Pada tahun 2016 nilai debit aliran sebesar $12,1 \text{ m}^3/\text{s}$. Debit aliran yang didapatkan dari data luas hutan Dinas Kehutanan Provinsi Jawa Timur pada tahun 2014 sebesar $11,38 \text{ m}^3/\text{s}$, tahun 2016 sebesar $11,81 \text{ m}^3/\text{s}$ dan tahun 2018 sebesar $15,38 \text{ m}^3/\text{s}$. Meningkatnya debit aliran diakibatkan oleh menurunnya luas hutan. Hal tersebut mengakibatkan berkurangnya daya serap air sehingga air limpasan yang jatuh di permukaan masuk ke dalam sungai dan mengalir ke tempat yang lebih rendah.

5.2 Saran

Adapun saran yang disampaikan agar penelitian selanjutnya menjadi semakin lebih baik adalah penggunaan data penginderaan jauh untuk penelitian mengenai DAS sebaiknya menggunakan data radar. Hal ini dikarenakan data landsat memiliki tutupan awan sehingga data pada musim hujan akan memiliki banyak tutupan awan sehingga tidak dapat digunakan. Data radar dapat digunakan untuk memetakan tutupan lahan dalam satu tahun dengan cara mencari hasil rata-rata dari penggunaan beberapa data dalam satu tahun. Penggunaan data curah hujan lebih baik menggunakan data dari tahun sebelum penelitian dilakukan. Hal ini dikarenakan data curah hujan untuk perhitungan debit aliran harus penuh dalam satu tahun untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat. Pada penelitian ini data curah hujan tahun 2018 hanya menggunakan data dari bulan Januari sampai Oktober saja karena data belum tersedia penuh dalam satu tahun. Dalam proses klasifikasi, agar hasil yang didapatkan lebih akurat dapat digunakan data lapangan (*ground check*). Data lapangan akan menjadi data yang lebih akurat sebagai pembandingan dan validasi daripada data dari citra Google Earth.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C. 2010. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- As-Syakur, A.R., Suarna, I.W., Adnyana, I.W.S., Rusna, I.W., Laksmiwati, I.A.A dan Diara I.W. 2008. Studi Perubahan Penggunaan Lahan di DAS Badung. *Jurnal Bumi Lestari* 10(2): 200-208.
- Badan Pusat Statistik. 2018. Nama-nama Sungai Penting dan Panjang Sungai Menurut Kecamatan. <https://tulungagungkab.bps.go.id/statictable/2018/03/07/1249/-nama-nama-sungai-penting-dan-panjang-sungai-menurut-kecamatan-2015-pt.html> [Diakses pada April 2018].
- Barret, E.C dan Curtis, L.F. 1983. *Introduction to Environmental Remote Sensing*. London: Chapman and Hall.
- Dinas Kehutanan Provinsi Jawa Timur. 2018. Statistik Dinas Kehutanan Provinsi Jawa Timur. http://dishut.jatimprov.go.id/gambar/statistika/stat_2018.pdf [Diakses pada November 2018].
- Ditjen Sumber Daya Air (SDA). 2016. Pola Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Brantas. http://sda.pu.go.id/produk/mfhandler.php?file=2010_PolaPSDABrantas.pdf&table=newsmain&field=Attachment&pageType=list&key1=132 [Diakses pada Februari 2018].
- Dumairy. 1992. *Ekonomika Sumberdaya Air*. Yogyakarta: BPFE.
- Dwiprabowo, H., Djaenudin, D., Alviya, I dan Wicaksono, D. 2014. *Dinamika Tutupan Lahan: Pengaruh Faktor Sosial Ekonomi*. Yogyakarta: PT. Kanisius.
- Effendi, E. 2008. *Kajian Model Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) Terpadu*. Jakarta: Direktorat Kehutanan dan Konservasi Sumberdaya Air.

- Ekadinata, A., Dewi, S., Hadi, D.P., Nugroho, D.K., dan Johana, F. 2008. Sistem Informasi Geografis Untuk Pengelolaan Bentang Lahan Berbasis Sumber Daya Alam. *World Agroforestry Centre, Bogor, Indonesia*.
- Fauzi, R.G.N., Utomo, D.H. dan Taryana, D. 2018. Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Debit Puncak di Sub DAS Penggung Kabupaten Jember. *Jurnal Pendidikan Geografi* 23(1): 50-61.
- Gunawan, T. 1991. Penerapan Teknik Penginderaan Jauh Untuk Menduga Debit Puncak Menggunakan Karakteristik Lingkungan DAS, Studi Kasus di Daerah Aliran Sungai Bengawan Solo Hulu Jawa Tengah. *Disertasi*. Fakultas Pascasarjana: Institut Pertanian Bogor.
- Hanafi, I.H. 2011. Aktifitas Penginderaan Jauh Melalui Satelit di Indonesia dan Pengaturannya Dalam Hukum Ruang Angkasa. *Jurnal Sasi* 17(2).
- Khorram, S., Koch, F.H., van der Wiele, C.F dan Nelson S.A.C. 2012. *Remote Sensing (Springer Briefs in Space Development)*. New York: Springer.
- Kusumowidagdo, Mulyadi, Tjaturahono, B.S., Eva, B dan Dewi L.S. 2007. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi*. Semarang: LAPAN-UNNES.
- Leobis, J. 1987. *Perencanaan dan Pembangunan Air Untuk Banjir*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Lillesand, T.M dan Kiefer, R.W. 1990. *Remote Sensing and Image Interpretation*. New York: John Willey and Sons.
- Lo, C.P. 1996. *Penginderaan Jauh Terapan (Terjemahan: Bambang Purbowaseso)*. Jakarta: UI-PRESS.
- Nawasis. 2012. *Buku Putih Sanitasi: Program Percepatan Pembangunan Sanitasi Permukiman (PPSP)*. Tulungagung: POKJA Sanitasi Kabupaten Tulungagung.

- Nurdin, Syaiful, B., Sukendi dan Zulkarnai. 2016. Analisis Perubahan Tutupan Lahan Daerah Tangkapan Air (DTA) Waduk Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Koto Panjang. *Prosiding Seminar Nasional "Pelestarian Lingkungan dan Mitigasi Bencana"* 28 Mei 2016. Pekanbaru: Universitas Riau.
- Paine, D. 1981. *Aerial Photography and Image Interpretation for Resource Management*. New York: John Wiley and Sons Inc.
- Pawitan, H. 2010. Perubahan Penggunaan Lahan dan Pengaruhnya Terhadap Hidrologi Daerah Aliran Sungai. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam: Institut Pertanian Bogor.
- Permanasari, S.W.A., Kusriani dan Widjanarko, P. 2017. Tingkat Kesuburan Perairan di Waduk Wonorejo Dalam Kaitannya Dengan Potensi Ikan. *Jurnal Perikanan dan Ilmu Kelautan* 29(1): 88-94.
- Ramadianto, A. 2014. Pemanfaatan Citra Penginderaan Jauh Untuk Pemetaan Kualitas Air di Waduk Jatiluhur, Kabupaten Purwakarta, Provinsi Jawa Barat. *Skripsi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University.
- Rositamega, G.Z.A., Harisuseno, D dan Andawayanti, U. 2016. Studi Alternatif Simulasi Pola Operasi PLTA dan PLTMH Bendungan Wonorejo Kabupaten Tulungagung. *Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang*.
- Sabin, F. 1978. *Remote Sensing, Principles and Interpretation*. San Fransisco: Freeman and Company.
- Saraswati, G.F., Suprayogi, A. dan Amarrohman, F.J. 2017. Analisis Perubahan Tutupan Lahan DAS Blorong Terhadap Debit Maksimum Sungai Blorong Kendal. *Jurnal Geodesi Undip* 2(2).
- Seyhan, E. 1990. *Dasar-dasar Hidrologi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

- Sriartha, I.P. 2015. Penggunaan Citra Landsat 8 dan Sistem Informasi Geografis Untuk Estimasi Debit Puncak di Daerah Aliran Sungai Unja Provinsi Bali. *Jurnal Sains dan Teknologi* 4(2).
- Subarkah, I. 1980. *Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air*. Bandung: Idea. Dharma.
- Suharto, P.C. dan Kusnan. 2017. Studi Pola Operasi Waduk Wonorejo Untuk PLTA. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil* 2(2): 36-41.
- Sulistiyono, N. 2008. Aplikasi Teknologi Penginderaan Jauh Dalam Mendeteksi Pola Penggunaan Lahan di DAS Cikaso Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat. *Jurnal Penelitian Rekayasa* 1(1): 57-60.
- Suryadi, I. 2012. Petunjuk Teknis Perhitungan *Reference Emission Level* Untuk Sektor Berbasis Lahan. UN-REDD Program Indonesia.
- Sutanto. 1999. *Penginderaan Jauh Jilid 2 (3ed)*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Sutanto. 1994. *Penginderaan Jauh*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Takeda, K. 1977. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Triadmodjo, B. 2008. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- USGS. 2018. Landsat Processing Details. <http://landsat.usgs.gov/LandsatProcessingDetails.php> [Diakses pada Januari 2018]
- Valiant, R. 2014. Perencanaan Tata Guna Lahan pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Berbasis Evaluasi Lahan. *Disertasi*. Program Pascasarjana Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang.

LAMPIRAN**4.1 Metadata Landsat 8 Tahun 2014 (www.usgs.gov/)**

```
GROUP = L1_METADATA_FILE
GROUP = METADATA_FILE_INFO
  ORIGIN = "Image courtesy of the U.S. Geological Survey"
  REQUEST_ID = ""
  LANDSAT_SCENE_ID = "LO81190662014299RPI00"
  FILE_DATE = 2014-10-27T04:10:41Z
  STATION_ID = "RPI"
  PROCESSING_SOFTWARE_VERSION = "LPGS_2.2.3"
END_GROUP = METADATA_FILE_INFO
GROUP = PRODUCT_METADATA
  DATA_TYPE = "L1T"
  ELEVATION_SOURCE = "GLS2000"
  OUTPUT_FORMAT = "GEOTIFF"
  SPACECRAFT_ID = "LANDSAT_8"
  SENSOR_ID = "OLI"
  WRS_PATH = 119
  WRS_ROW = 66
  NADIR_OFFNADIR = "NADIR"
  TARGET_WRS_PATH = 119
  TARGET_WRS_ROW = 66
  DATE_ACQUIRED = 2014-10-26
  SCENE_CENTER_TIME = 02:42:32.4695711Z
  CORNER_UL_LAT_PRODUCT = -7.66104
  CORNER_UL_LON_PRODUCT = 110.23929
  CORNER_UR_LAT_PRODUCT = -7.65980
  CORNER_UR_LON_PRODUCT = 112.28471
  CORNER_LL_LAT_PRODUCT = -9.64720
  CORNER_LL_LON_PRODUCT = 110.23529
  CORNER_LR_LAT_PRODUCT = -9.64563
  CORNER_LR_LON_PRODUCT = 112.29146
  CORNER_UL_PROJECTION_X_PRODUCT = 416100.000
  CORNER_UL_PROJECTION_Y_PRODUCT = -846900.000
  CORNER_UR_PROJECTION_X_PRODUCT = 641700.000
  CORNER_UR_PROJECTION_Y_PRODUCT = -846900.000
  CORNER_LL_PROJECTION_X_PRODUCT = 416100.000
  CORNER_LL_PROJECTION_Y_PRODUCT = -1066500.000
  CORNER_LR_PROJECTION_X_PRODUCT = 641700.000
  CORNER_LR_PROJECTION_Y_PRODUCT = -1066500.000
  PANCHROMATIC_LINES = 14641
  PANCHROMATIC_SAMPLES = 15041
  REFLECTIVE_LINES = 7321
  REFLECTIVE_SAMPLES = 7521
  FILE_NAME_BAND_1 = "LO81190662014299RPI00_B1.TIF"
  FILE_NAME_BAND_2 = "LO81190662014299RPI00_B2.TIF"
  FILE_NAME_BAND_3 = "LO81190662014299RPI00_B3.TIF"
  FILE_NAME_BAND_4 = "LO81190662014299RPI00_B4.TIF"
```

```
FILE_NAME_BAND_5 = "LO81190662014299RPI00_B5.TIF"
FILE_NAME_BAND_6 = "LO81190662014299RPI00_B6.TIF"
FILE_NAME_BAND_7 = "LO81190662014299RPI00_B7.TIF"
FILE_NAME_BAND_8 = "LO81190662014299RPI00_B8.TIF"
FILE_NAME_BAND_9 = "LO81190662014299RPI00_B9.TIF"
FILE_NAME_BAND_QUALITY = "LO81190662014299RPI00_BQA.TIF"
METADATA_FILE_NAME = "LO81190662014299RPI00_MTL.txt"
BPF_NAME_OLI = "LO8BPF20141026021915_20141026030550.01"
CPF_NAME = "L8CPF20141001_20141231.01"
RLUT_FILE_NAME = "L8RLUT20130211_20431231v07.h5"
END_GROUP = PRODUCT_METADATA
GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES
CLOUD_COVER = 11.52
IMAGE_QUALITY_OLI = 9
ROLL_ANGLE = -0.001
SUN_AZIMUTH = 101.13095928
SUN_ELEVATION = 66.12654074
EARTH_SUN_DISTANCE = 0.9942516
GROUND_CONTROL_POINTS_MODEL = 39
GEOMETRIC_RMSE_MODEL = 7.522
GEOMETRIC_RMSE_MODEL_Y = 5.644
GEOMETRIC_RMSE_MODEL_X = 4.973
END_GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES
GROUP = MIN_MAX_RADIANCE
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_1 = 768.87683
RADIANCE_MINIMUM_BAND_1 = -63.49410
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_2 = 787.33923
RADIANCE_MINIMUM_BAND_2 = -65.01873
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_3 = 725.52637
RADIANCE_MINIMUM_BAND_3 = -59.91420
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_4 = 611.80475
RADIANCE_MINIMUM_BAND_4 = -50.52303
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_5 = 374.39398
RADIANCE_MINIMUM_BAND_5 = -30.91758
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_6 = 93.10838
RADIANCE_MINIMUM_BAND_6 = -7.68892
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_7 = 31.38251
RADIANCE_MINIMUM_BAND_7 = -2.59158
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_8 = 692.39459
RADIANCE_MINIMUM_BAND_8 = -57.17817
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_9 = 146.32166
RADIANCE_MINIMUM_BAND_9 = -12.08329
END_GROUP = MIN_MAX_RADIANCE
GROUP = MIN_MAX_REFLECTANCE
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_1 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_1 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_2 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_2 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_3 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_3 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_4 = 1.210700
```



```
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_4 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_5 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_5 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_6 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_6 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_7 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_7 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_8 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_8 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_9 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_9 = -0.099980
END_GROUP = MIN_MAX_REFLECTANCE
GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_1 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_1 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_2 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_2 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_3 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_3 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_4 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_4 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_5 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_5 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_6 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_6 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_7 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_7 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_8 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_8 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_9 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_9 = 1
END_GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE
GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
RADIANCE_MULT_BAND_1 = 1.2701E-02
RADIANCE_MULT_BAND_2 = 1.3006E-02
RADIANCE_MULT_BAND_3 = 1.1985E-02
RADIANCE_MULT_BAND_4 = 1.0107E-02
RADIANCE_MULT_BAND_5 = 6.1848E-03
RADIANCE_MULT_BAND_6 = 1.5381E-03
RADIANCE_MULT_BAND_7 = 5.1842E-04
RADIANCE_MULT_BAND_8 = 1.1438E-02
RADIANCE_MULT_BAND_9 = 2.4171E-03
RADIANCE_ADD_BAND_1 = -63.50680
RADIANCE_ADD_BAND_2 = -65.03174
RADIANCE_ADD_BAND_3 = -59.92619
RADIANCE_ADD_BAND_4 = -50.53314
RADIANCE_ADD_BAND_5 = -30.92376
RADIANCE_ADD_BAND_6 = -7.69046
RADIANCE_ADD_BAND_7 = -2.59210
RADIANCE_ADD_BAND_8 = -57.18961
RADIANCE_ADD_BAND_9 = -12.08571
```

```
REFLECTANCE_MULT_BAND_1 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_2 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_3 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_4 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_5 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_6 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_7 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_8 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_9 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_ADD_BAND_1 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_2 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_3 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_4 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_5 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_6 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_7 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_8 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_9 = -0.100000
END_GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
GROUP = TIRS_THERMAL_CONSTANTS
  K1_CONSTANT_BAND_10 = 774.89
  K1_CONSTANT_BAND_11 = 480.89
  K2_CONSTANT_BAND_10 = 1321.08
  K2_CONSTANT_BAND_11 = 1201.14
END_GROUP = TIRS_THERMAL_CONSTANTS
GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
  MAP_PROJECTION = "UTM"
  DATUM = "WGS84"
  ELLIPSOID = "WGS84"
  UTM_ZONE = 49
  GRID_CELL_SIZE_PANCHROMATIC = 15.00
  GRID_CELL_SIZE_REFLECTIVE = 30.00
  ORIENTATION = "NORTH_UP"
  RESAMPLING_OPTION = "CUBIC_CONVOLUTION"
END_GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
END_GROUP = L1_METADATA_FILE
END
```

4.2 Metadata Landsat 8 Tahun 2016 (www.usgs.gov/)

```
GROUP = L1_METADATA_FILE
GROUP = METADATA_FILE_INFO
  ORIGIN = "Image courtesy of the U.S. Geological Survey"
  REQUEST_ID = "119_066_066"
  LANDSAT_SCENE_ID = "LC81190662016145RPI00"
  FILE_DATE = 2016-05-24T04:22:11Z
  STATION_ID = "RPI"
  PROCESSING_SOFTWARE_VERSION = "LPGS_2.5.0"
END_GROUP = METADATA_FILE_INFO
GROUP = PRODUCT_METADATA
  DATA_TYPE = "L1T"
  ELEVATION_SOURCE = "GLS2000"
  OUTPUT_FORMAT = "GEOTIFF"
  SPACECRAFT_ID = "LANDSAT_8"
  SENSOR_ID = "OLI_TIRS"
  WRS_PATH = 119
  WRS_ROW = 66
  NADIR_OFFNADIR = "NADIR"
  TARGET_WRS_PATH = 119
  TARGET_WRS_ROW = 66
  DATE_ACQUIRED = 2016-05-24
  SCENE_CENTER_TIME = "02:41:57.8522500Z"
  CORNER_UL_LAT_PRODUCT = -7.625708
  CORNER_UL_LON_PRODUCT = 110.206715
  CORNER_UR_LAT_PRODUCT = -7.624552
  CORNER_UR_LON_PRODUCT = 112.276443
  CORNER_LL_LAT_PRODUCT = -9.731234
  CORNER_LL_LON_PRODUCT = 110.202281
  CORNER_LR_LAT_PRODUCT = -9.729754
  CORNER_LR_LON_PRODUCT = 112.283576
  CORNER_UL_PROJECTION_X_PRODUCT = 412500.000000
  CORNER_UL_PROJECTION_Y_PRODUCT = -843000.000000
  CORNER_UR_PROJECTION_X_PRODUCT = 640800.000000
  CORNER_UR_PROJECTION_Y_PRODUCT = -843000.000000
  CORNER_LL_PROJECTION_X_PRODUCT = 412500.000000
  CORNER_LL_PROJECTION_Y_PRODUCT = -1075800.000000
  CORNER_LR_PROJECTION_X_PRODUCT = 640800.000000
  CORNER_LR_PROJECTION_Y_PRODUCT = -1075800.000000
  PANCHROMATIC_LINES = 15521
  PANCHROMATIC_SAMPLES = 15221
  REFLECTIVE_LINES = 7761
  REFLECTIVE_SAMPLES = 7611
  THERMAL_LINES = 7761
  THERMAL_SAMPLES = 7611
  FILE_NAME_BAND_1 = "LC81190662016145RPI00_B1.TIF"
  FILE_NAME_BAND_2 = "LC81190662016145RPI00_B2.TIF"
  FILE_NAME_BAND_3 = "LC81190662016145RPI00_B3.TIF"
  FILE_NAME_BAND_4 = "LC81190662016145RPI00_B4.TIF"
  FILE_NAME_BAND_5 = "LC81190662016145RPI00_B5.TIF"
```

```
FILE_NAME_BAND_6 = "LC81190662016145RPI00_B6.TIF"
FILE_NAME_BAND_7 = "LC81190662016145RPI00_B7.TIF"
FILE_NAME_BAND_8 = "LC81190662016145RPI00_B8.TIF"
FILE_NAME_BAND_9 = "LC81190662016145RPI00_B9.TIF"
FILE_NAME_BAND_10 = "LC81190662016145RPI00_B10.TIF"
FILE_NAME_BAND_11 = "LC81190662016145RPI00_B11.TIF"
FILE_NAME_BAND_QUALITY = "LC81190662016145RPI00_BQA.TIF"
METADATA_FILE_NAME = "LC81190662016145RPI00_MTL.txt"
BPF_NAME_OLI = "LO8BPF20160523232819_20160524002923.01"
BPF_NAME_TIRS = "LT8BPF20160522095010_20160522121054.01"
CPF_NAME = "L8CPF20160401_20160630.01"
RLUT_FILE_NAME = "L8RLUT20150303_20431231v11.h5"
END_GROUP = PRODUCT_METADATA
GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES
CLOUD_COVER = 7.84
CLOUD_COVER_LAND = 5.96
IMAGE_QUALITY_OLI = 9
IMAGE_QUALITY_TIRS = 9
TIRS_SSM_POSITION_STATUS = "DEFAULT"
ROLL_ANGLE = -0.001
SUN_AZIMUTH = 42.13958375
SUN_ELEVATION = 50.00745876
EARTH_SUN_DISTANCE = 1.0127088
GROUND_CONTROL_POINTS_VERSION = 2
GROUND_CONTROL_POINTS_MODEL = 74
END_GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES
GROUP = MIN_MAX_RADIANCE
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_1 = 741.10583
RADIANCE_MINIMUM_BAND_1 = -61.20076
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_2 = 758.90137
RADIANCE_MINIMUM_BAND_2 = -62.67032
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_3 = 699.32117
RADIANCE_MINIMUM_BAND_3 = -57.75017
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_4 = 589.70697
RADIANCE_MINIMUM_BAND_4 = -48.69820
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_5 = 360.87128
RADIANCE_MINIMUM_BAND_5 = -29.80087
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_6 = 89.74540
RADIANCE_MINIMUM_BAND_6 = -7.41120
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_7 = 30.24900
RADIANCE_MINIMUM_BAND_7 = -2.49797
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_8 = 667.38599
RADIANCE_MINIMUM_BAND_8 = -55.11295
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_9 = 141.03667
RADIANCE_MINIMUM_BAND_9 = -11.64685
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_10 = 0.10000
RADIANCE_MINIMUM_BAND_10 = 0.10000
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_11 = 0.10000
RADIANCE_MINIMUM_BAND_11 = 0.10000
END_GROUP = MIN_MAX_RADIANCE
GROUP = MIN_MAX_REFLECTANCE
```

```
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_1 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_1 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_2 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_2 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_3 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_3 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_4 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_4 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_5 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_5 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_6 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_6 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_7 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_7 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_8 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_8 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_9 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_9 = -0.099980
END_GROUP = MIN_MAX_REFLECTANCE
GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_1 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_1 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_2 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_2 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_3 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_3 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_4 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_4 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_5 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_5 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_6 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_6 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_7 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_7 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_8 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_8 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_9 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_9 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_10 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_10 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_11 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_11 = 1
END_GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE
GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
RADIANCE_MULT_BAND_1 = 1.2243E-02
RADIANCE_MULT_BAND_2 = 1.2537E-02
RADIANCE_MULT_BAND_3 = 1.1552E-02
RADIANCE_MULT_BAND_4 = 9.7416E-03
RADIANCE_MULT_BAND_5 = 5.9614E-03
RADIANCE_MULT_BAND_6 = 1.4825E-03
RADIANCE_MULT_BAND_7 = 4.9969E-04
```



```
RADIANCE_MULT_BAND_8 = 1.1025E-02
RADIANCE_MULT_BAND_9 = 2.3298E-03
RADIANCE_MULT_BAND_10 = 0.0000E+00
RADIANCE_MULT_BAND_11 = 0.0000E+00
RADIANCE_ADD_BAND_1 = -61.21300
RADIANCE_ADD_BAND_2 = -62.68286
RADIANCE_ADD_BAND_3 = -57.76172
RADIANCE_ADD_BAND_4 = -48.70794
RADIANCE_ADD_BAND_5 = -29.80683
RADIANCE_ADD_BAND_6 = -7.41269
RADIANCE_ADD_BAND_7 = -2.49847
RADIANCE_ADD_BAND_8 = -55.12398
RADIANCE_ADD_BAND_9 = -11.64918
RADIANCE_ADD_BAND_10 = 0.10000
RADIANCE_ADD_BAND_11 = 0.10000
REFLECTANCE_MULT_BAND_1 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_2 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_3 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_4 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_5 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_6 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_7 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_8 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_9 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_ADD_BAND_1 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_2 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_3 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_4 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_5 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_6 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_7 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_8 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_9 = -0.100000
END_GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
GROUP = TIRS_THERMAL_CONSTANTS
K1_CONSTANT_BAND_10 = 774.8853
K1_CONSTANT_BAND_11 = 480.8883
K2_CONSTANT_BAND_10 = 1321.0789
K2_CONSTANT_BAND_11 = 1201.1442
END_GROUP = TIRS_THERMAL_CONSTANTS
GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
MAP_PROJECTION = "UTM"
DATUM = "WGS84"
ELLIPSOID = "WGS84"
UTM_ZONE = 49
GRID_CELL_SIZE_PANCHROMATIC = 15.000000
GRID_CELL_SIZE_REFLECTIVE = 30.000000
GRID_CELL_SIZE_THERMAL = 30.000000
ORIENTATION = "NORTH_UP"
RESAMPLING_OPTION = "CUBIC_CONVOLUTION"
END_GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
```

4.3 Metadata Landsat 8 Tahun 2018 (www.usgs.gov/)

```
GROUP = L1_METADATA_FILE
GROUP = METADATA_FILE_INFO
  ORIGIN = "Image courtesy of the U.S. Geological Survey"
  REQUEST_ID = ""
  LANDSAT_SCENE_ID = "LO81190662014299RPI00"
  FILE_DATE = 2014-10-27T04:10:41Z
  STATION_ID = "RPI"
  PROCESSING_SOFTWARE_VERSION = "LPGS_2.2.3"
END_GROUP = METADATA_FILE_INFO
GROUP = PRODUCT_METADATA
  DATA_TYPE = "L1T"
  ELEVATION_SOURCE = "GLS2000"
  OUTPUT_FORMAT = "GEOTIFF"
  SPACECRAFT_ID = "LANDSAT_8"
  SENSOR_ID = "OLI"
  WRS_PATH = 119
  WRS_ROW = 66
  NADIR_OFFNADIR = "NADIR"
  TARGET_WRS_PATH = 119
  TARGET_WRS_ROW = 66
  DATE_ACQUIRED = 2014-10-26
  SCENE_CENTER_TIME = 02:42:32.4695711Z
  CORNER_UL_LAT_PRODUCT = -7.66104
  CORNER_UL_LON_PRODUCT = 110.23929
  CORNER_UR_LAT_PRODUCT = -7.65980
  CORNER_UR_LON_PRODUCT = 112.28471
  CORNER_LL_LAT_PRODUCT = -9.64720
  CORNER_LL_LON_PRODUCT = 110.23529
  CORNER_LR_LAT_PRODUCT = -9.64563
  CORNER_LR_LON_PRODUCT = 112.29146
  CORNER_UL_PROJECTION_X_PRODUCT = 416100.000
  CORNER_UL_PROJECTION_Y_PRODUCT = -846900.000
  CORNER_UR_PROJECTION_X_PRODUCT = 641700.000
  CORNER_UR_PROJECTION_Y_PRODUCT = -846900.000
  CORNER_LL_PROJECTION_X_PRODUCT = 416100.000
  CORNER_LL_PROJECTION_Y_PRODUCT = -1066500.000
  CORNER_LR_PROJECTION_X_PRODUCT = 641700.000
  CORNER_LR_PROJECTION_Y_PRODUCT = -1066500.000
  PANCHROMATIC_LINES = 14641
  PANCHROMATIC_SAMPLES = 15041
  REFLECTIVE_LINES = 7321
  REFLECTIVE_SAMPLES = 7521
  FILE_NAME_BAND_1 = "LO81190662014299RPI00_B1.TIF"
  FILE_NAME_BAND_2 = "LO81190662014299RPI00_B2.TIF"
  FILE_NAME_BAND_3 = "LO81190662014299RPI00_B3.TIF"
  FILE_NAME_BAND_4 = "LO81190662014299RPI00_B4.TIF"
  FILE_NAME_BAND_5 = "LO81190662014299RPI00_B5.TIF"
  FILE_NAME_BAND_6 = "LO81190662014299RPI00_B6.TIF"
  FILE_NAME_BAND_7 = "LO81190662014299RPI00_B7.TIF"
```

```
FILE_NAME_BAND_8 = "LO81190662014299RPI00_B8.TIF"
FILE_NAME_BAND_9 = "LO81190662014299RPI00_B9.TIF"
FILE_NAME_BAND_QUALITY = "LO81190662014299RPI00_BQA.TIF"
METADATA_FILE_NAME = "LO81190662014299RPI00_MTL.txt"
BPF_NAME_OLI = "LO8BPF20141026021915_20141026030550.01"
CPF_NAME = "L8CPF20141001_20141231.01"
RLUT_FILE_NAME = "L8RLUT20130211_20431231v07.h5"
END_GROUP = PRODUCT_METADATA
GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES
  CLOUD_COVER = 11.52
  IMAGE_QUALITY_OLI = 9
  ROLL_ANGLE = -0.001
  SUN_AZIMUTH = 101.13095928
  SUN_ELEVATION = 66.12654074
  EARTH_SUN_DISTANCE = 0.9942516
  GROUND_CONTROL_POINTS_MODEL = 39
  GEOMETRIC_RMSE_MODEL = 7.522
  GEOMETRIC_RMSE_MODEL_Y = 5.644
  GEOMETRIC_RMSE_MODEL_X = 4.973
END_GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES
GROUP = MIN_MAX_RADIANCE
  RADIANCE_MAXIMUM_BAND_1 = 768.87683
  RADIANCE_MINIMUM_BAND_1 = -63.49410
  RADIANCE_MAXIMUM_BAND_2 = 787.33923
  RADIANCE_MINIMUM_BAND_2 = -65.01873
  RADIANCE_MAXIMUM_BAND_3 = 725.52637
  RADIANCE_MINIMUM_BAND_3 = -59.91420
  RADIANCE_MAXIMUM_BAND_4 = 611.80475
  RADIANCE_MINIMUM_BAND_4 = -50.52303
  RADIANCE_MAXIMUM_BAND_5 = 374.39398
  RADIANCE_MINIMUM_BAND_5 = -30.91758
  RADIANCE_MAXIMUM_BAND_6 = 93.10838
  RADIANCE_MINIMUM_BAND_6 = -7.68892
  RADIANCE_MAXIMUM_BAND_7 = 31.38251
  RADIANCE_MINIMUM_BAND_7 = -2.59158
  RADIANCE_MAXIMUM_BAND_8 = 692.39459
  RADIANCE_MINIMUM_BAND_8 = -57.17817
  RADIANCE_MAXIMUM_BAND_9 = 146.32166
  RADIANCE_MINIMUM_BAND_9 = -12.08329
END_GROUP = MIN_MAX_RADIANCE
GROUP = MIN_MAX_REFLECTANCE
  REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_1 = 1.210700
  REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_1 = -0.099980
  REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_2 = 1.210700
  REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_2 = -0.099980
  REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_3 = 1.210700
  REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_3 = -0.099980
  REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_4 = 1.210700
  REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_4 = -0.099980
  REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_5 = 1.210700
  REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_5 = -0.099980
```

```
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_6 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_6 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_7 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_7 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_8 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_8 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_9 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_9 = -0.099980
END_GROUP = MIN_MAX_REFLECTANCE
GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_1 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_1 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_2 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_2 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_3 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_3 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_4 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_4 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_5 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_5 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_6 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_6 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_7 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_7 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_8 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_8 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_9 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_9 = 1
END_GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE
GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
RADIANCE_MULT_BAND_1 = 1.2701E-02
RADIANCE_MULT_BAND_2 = 1.3006E-02
RADIANCE_MULT_BAND_3 = 1.1985E-02
RADIANCE_MULT_BAND_4 = 1.0107E-02
RADIANCE_MULT_BAND_5 = 6.1848E-03
RADIANCE_MULT_BAND_6 = 1.5381E-03
RADIANCE_MULT_BAND_7 = 5.1842E-04
RADIANCE_MULT_BAND_8 = 1.1438E-02
RADIANCE_MULT_BAND_9 = 2.4171E-03
RADIANCE_ADD_BAND_1 = -63.50680
RADIANCE_ADD_BAND_2 = -65.03174
RADIANCE_ADD_BAND_3 = -59.92619
RADIANCE_ADD_BAND_4 = -50.53314
RADIANCE_ADD_BAND_5 = -30.92376
RADIANCE_ADD_BAND_6 = -7.69046
RADIANCE_ADD_BAND_7 = -2.59210
RADIANCE_ADD_BAND_8 = -57.18961
RADIANCE_ADD_BAND_9 = -12.08571
REFLECTANCE_MULT_BAND_1 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_2 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_3 = 2.0000E-05
```

```
REFLECTANCE_MULT_BAND_4 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_5 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_6 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_7 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_8 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_9 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_ADD_BAND_1 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_2 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_3 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_4 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_5 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_6 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_7 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_8 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_9 = -0.100000
END_GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
GROUP = TIRS_THERMAL_CONSTANTS
K1_CONSTANT_BAND_10 = 774.89
K1_CONSTANT_BAND_11 = 480.89
K2_CONSTANT_BAND_10 = 1321.08
K2_CONSTANT_BAND_11 = 1201.14
END_GROUP = TIRS_THERMAL_CONSTANTS
GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
MAP_PROJECTION = "UTM"
DATUM = "WGS84"
ELLIPSOID = "WGS84"
UTM_ZONE = 49
GRID_CELL_SIZE_PANCHROMATIC = 15.00
GRID_CELL_SIZE_REFLECTIVE = 30.00
ORIENTATION = "NORTH_UP"
RESAMPLING_OPTION = "CUBIC_CONVOLUTION"
END_GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
END_GROUP = L1_METADATA_FILE
END
```


4.4 Hasil Calculate Statistic Tahun 2014

STATISTICS FOR DATASET: 14TOA.ers					
REGION: All					
	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5
Null Cells	16296893	16295664	16295963	16295811	16294930
Non-Null Cells	38764348	38765577	38765278	38765430	38766311
Area In Hectares	3488791.320	3488901.930	3488875.020	3488888.700	3488967.990
Area In Acres	8620991.746	8621265.070	8621198.574	8621232.378	8621428.308
Minimum	675.000	456.000	201.000	142.000	23.000
Maximum	12097.000	12496.000	13240.000	13240.000	13225.000
Mean	1496.961	1187.337	1069.271	1408.604	1107.559
Median	1300.000	1020.000	863.000	858.000	642.000
Std. Dev.	738.199	767.681	841.397	1211.053	999.940
Std. Dev. (n-1)	738.199	767.681	841.397	1211.053	999.940
Corr. Eigenval.	4.277	0.665	0.054	0.004	0.001
Cov. Eigenval.	3678713.561	563143.238	63864.401	2449.847	579.234
Correlation Matrix					
Band1	1.000	0.986	0.973	0.647	0.606
Band2	0.986	1.000	0.996	0.755	0.719
Band3	0.973	0.996	1.000	0.780	0.761
Band4	0.647	0.755	0.780	1.000	0.947
Band5	0.606	0.719	0.761	0.947	1.000
Determinant	0.000				
Corr. Eigenvectors					
Band1	0.444	-0.484	0.048	-0.713	-0.242
Band2	0.468	-0.304	0.039	0.231	0.796
Band3	0.474	-0.238	-0.158	0.631	-0.545
Band4	0.429	0.526	0.730	-0.013	-0.083
Band5	0.419	0.583	-0.662	-0.203	0.067

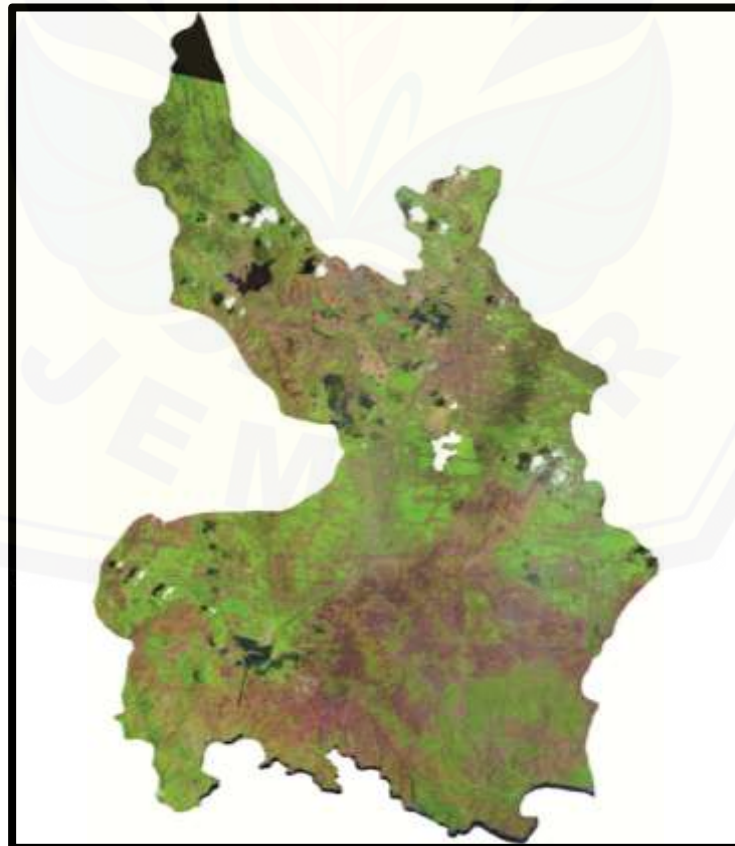
4.5 Hasil Calculate Statistic Tahun 2016

STATISTICS FOR DATASET: 16TOA.ers					
REGION: All					
	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5
Null Cells	17443178	17441874	17442186	17442021	17441104
Non-Null Cells	41625793	41627097	41626785	41626950	41627867
Area In Hectares	3746321.370	3746438.730	3746410.650	3746425.500	3746508.030
Area In Acres	9257362.407	9257652.410	9257583.022	9257619.717	9257823.654
Minimum	601.000	343.000	171.000	5.000	1.000
Maximum	15681.000	15803.000	15803.000	15803.000	14938.000
Mean	1235.880	869.137	670.641	1185.163	693.480
Median	954.000	524.000	354.000	190.000	118.000
Std. Dev.	928.993	968.132	1044.891	1598.676	1004.875
Std. Dev. (n-1)	928.993	968.132	1044.891	1598.676	1004.875
Corr. Eigenval.	4.349	0.597	0.051	0.003	0.001
Cov. Eigenval.	5509100.335	877871.729	67606.086	2379.556	687.967
Correlation Matrix					
Band1	1.000	0.991	0.993	0.638	0.742
Band2	0.991	1.000	0.999	0.726	0.814
Band3	0.993	0.999	1.000	0.705	0.804
Band4	0.638	0.726	0.705	1.000	0.937
Band5	0.742	0.814	0.804	0.937	1.000
Determinant	0.000				

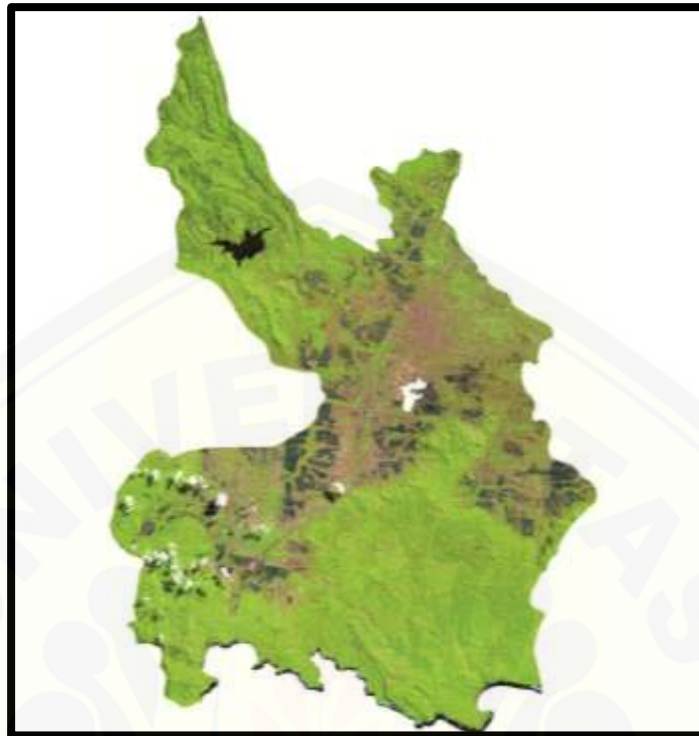
4.6 Hasil Calculate Statistic Tahun 2018

STATISTICS FOR DATASET: 2018_TOA.ers					
REGION: All					
	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5
Null Cells	17474816	17473529	17473843	17473673	17472760
Non-Null Cells	41518045	41519332	41519018	41519188	41520101
Area In Hectares	3736624.050	3736739.880	3736711.620	3736726.920	3736809.090
Area In Acres	9233399.805	9233686.027	9233616.195	9233654.003	9233857.049
Minimum	663.000	371.000	172.000	59.000	13.000
Maximum	12479.000	12775.000	13799.000	14913.000	14601.000
Mean	1278.226	959.051	795.253	1223.729	866.408
Median	986.000	613.000	385.000	291.000	184.000
Std. Dev.	974.031	1000.003	1091.791	1478.755	1094.367
Std. Dev. (n-1)	974.031	1000.003	1091.791	1478.755	1094.367
Corr. Eigenval.	4.405	0.534	0.058	0.003	0.001
Cov. Eigenval.	5686797.787	748972.239	85954.577	2715.220	664.863
Correlation Matrix	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5
Band1	1.000	0.992	0.990	0.693	0.735
Band2	0.992	1.000	0.999	0.764	0.802
Band3	0.990	0.999	1.000	0.767	0.814
Band4	0.693	0.764	0.767	1.000	0.941
Band5	0.735	0.802	0.814	0.941	1.000
Determinant	0.000				

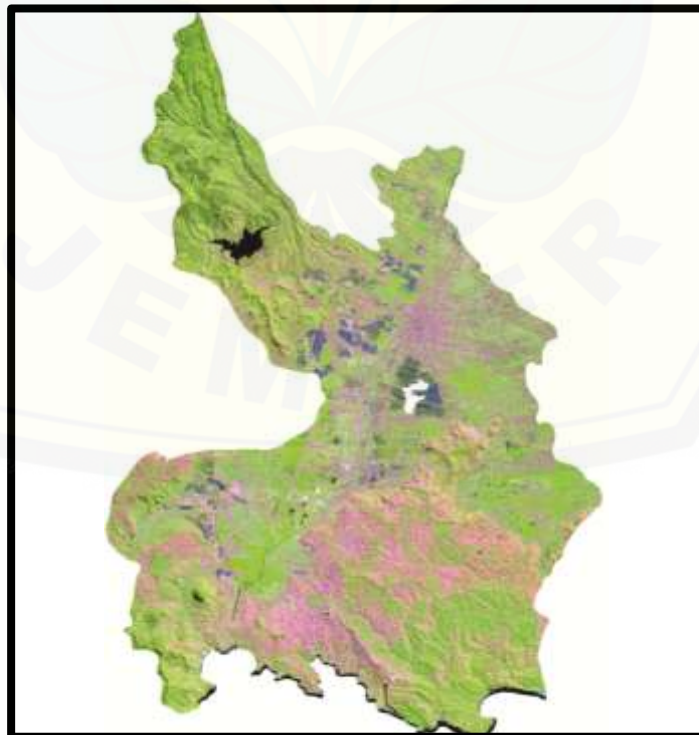
4.7 Kombinasi 5-4-3 Citra Landsat 8 Tahun 2014



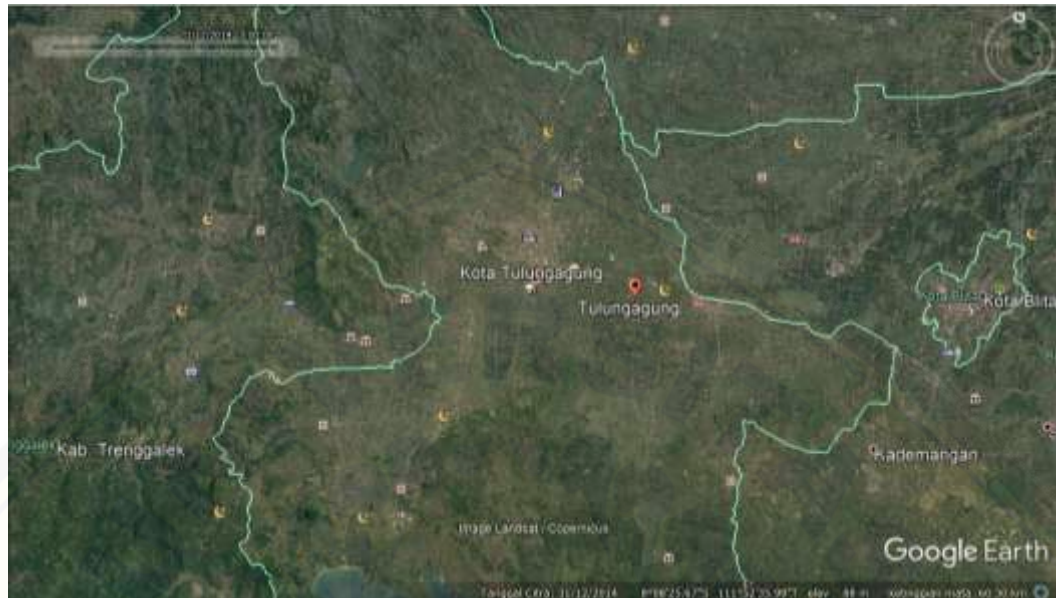
4.8 Kombinasi 5-4-3 Citra Landsat 8 Tahun 2016



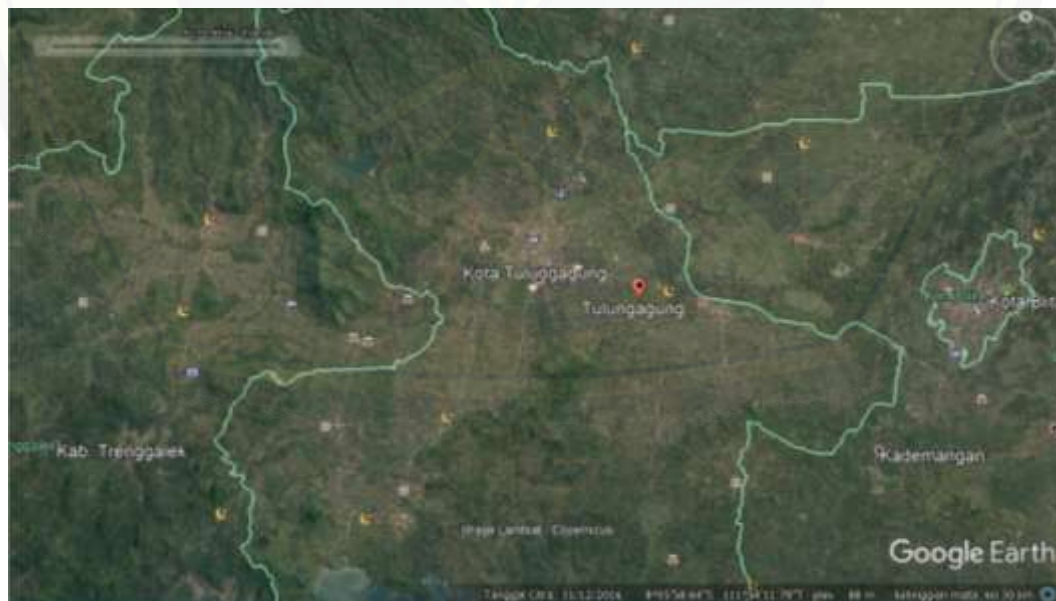
4.9 Kombinasi 5-4-3 Citra Landsat 8 Tahun 2018



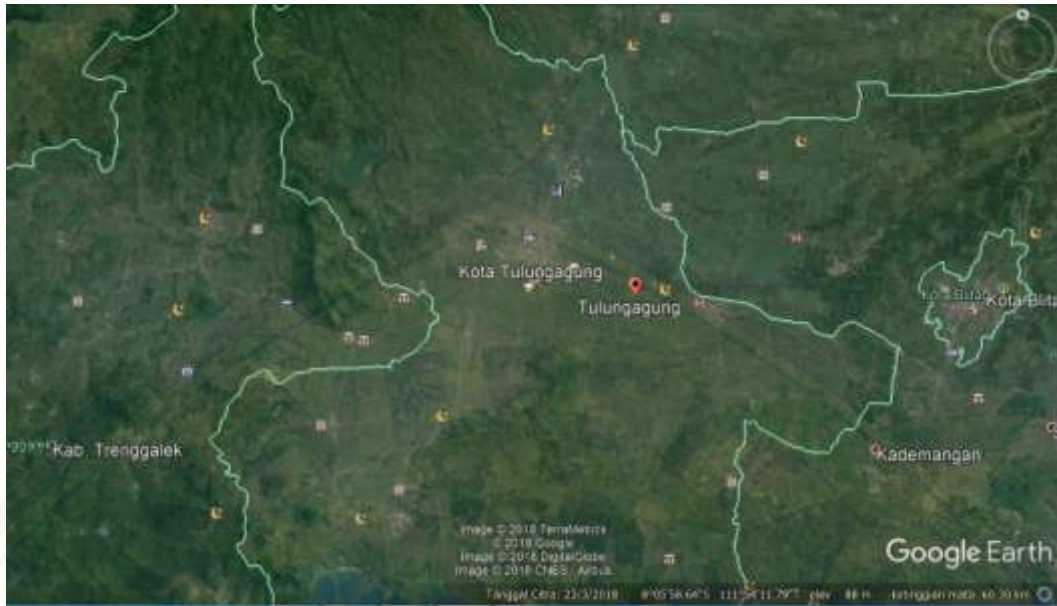
4.10 Citra Google Earth Tahun 2014



4.11 Citra Google Earth Tahun 2016



4.12 Citra Google Earth Tahun 2018



4.13 Matrik Kesalahan Tahun 2014

		<i>Ground Truth</i>						
		Hutan	Tegalan	Pemukiman	Ladang	Air	Sawah	Jumlah
Daerah Uji	Hutan	4077	0	0	0	0	23	4100
	Tegalan	114	1920	51	0	0	72	2157
	Pemukiman	0	17	694	0	0	0	711
	Ladang	64	124	31	1992	0	124	2335
	Air	0	0	0	0	61	0	61
	Sawah	35	0	0	23	0	3870	3928
Jumlah		4290	2061	776	2015	61	4089	13292

4.14 Matrik Kesalahan Tahun 2016

		<i>Ground Truth</i>						
		Hutan	Tegalan	Pemukiman	Ladang	Air	Sawah	Jumlah
Daerah Uji	Hutan	3816	41	0	0	0	0	3857
	Tegalan	112	2066	24	186	0	0	2388
	Pemukiman	0	0	704	0	0	89	793
	Ladang	74	121	63	1918	0	153	2329
	Air	0	0	0	0	72	0	72
	Sawah	0	0	115	41	0	3697	3853
Jumlah		4002	2228	906	2145	72	3939	13292

4.15 Matrik Kesalahan Tahun 2018

		<i>Ground Truth</i>						
		Hutan	Tegalan	Pemukiman	Ladang	Air	Sawah	Jumlah
Daerah Uji	Hutan	3624	104	22	31	0	0	3781
	Tegalan	36	1109	24	26	0	0	1195
	Pemukiman	0	0	746	0	0	22	768
	Ladang	39	24	159	3474	0	0	3696
	Air	0	0	0	0	65	0	65
	Sawah	0	31	94	86	0	3576	3787
Jumlah		3699	1268	1045	3617	65	3598	13292

4.16 Hasil Overall Accuracy

Tahun	N	x	OA (%)
2014	13292	12614	94,90
2016	13292	12273	92,34
2018	13292	12594	94,74

Keterangan:

N = jumlah total piksel

x = jumlah total sel pada baris i dan kolom i pada matrik kesalahan

OA = *overall accuracy*

4.17 Koefisien Run off Tahun 2014

Bulan	d_i	Q (m^3/s)	p (m/tahun)	A (m^2)	Jumlah detik	C
Januari	31	14,37	0,126	312610000	86400	
Februari	28	11,8	0,126	312610000	86400	
Maret	31	9,37	0,126	312610000	86400	
April	30	7,71	0,126	312610000	86400	
Mei	31	5,27	0,126	312610000	86400	
Juni	30	2,54	0,126	312610000	86400	
Juli	31	1,28	0,126	312610000	86400	
Agustus	31	1,07	0,126	312610000	86400	
September	30	0,94	0,126	312610000	86400	
Oktober	31	1,72	0,126	312610000	86400	
November	30	11,06	0,126	312610000	86400	
Desember	31	11,27	0,126	312610000	86400	
						5,204659388

4.18 Koefisien *Run off* Tahun 2016

Bulan	d_i	Q (m^3/s)	p (m/tahun)	A (m^2)	Jumlah detik	C
Januari	31	19,08	0,2347	309960000	86400	
Februari	29	14,81	0,2347	309960000	86400	
Maret	31	10,66	0,2347	309960000	86400	
April	30	9,12	0,2347	309960000	86400	
Mei	31	6,21	0,2347	309960000	86400	
Juni	30	4,78	0,2347	309960000	86400	
Juli	31	1,65	0,2347	309960000	86400	
Agustus	31	4,86	0,2347	309960000	86400	
September	30	7,08	0,2347	309960000	86400	
Oktober	31	9,9	0,2347	309960000	86400	
November	30	16,96	0,2347	309960000	86400	
Desember	31	19,81	0,2347	309960000	86400	
						4,519028666

Keterangan:

d_i = jumlah hari dalam bulan ke-i

Q = debit bulanan (m^3/s)

p = curah hujan rata-rata per tahun (m/tahun)

A = luas DAS (m^2)

C = koefisien *run off*

4.19 Koefisien *Run off* Tahun 2018

Bulan	d_i	Q (m^3/s)	p (m/tahun)	A (m^2)	Jumlah detik	C
Januari	31	15,41	0,135	275090000	86400	
Februari	28	12,68	0,135	275090000	86400	
Maret	31	10,28	0,135	275090000	86400	
April	30	8,44	0,135	275090000	86400	
Mei	31	6,09	0,135	275090000	86400	
Juni	30	4,41	0,135	275090000	86400	
Juli	31	3,6	0,135	275090000	86400	
Agustus	31	4,73	0,135	275090000	86400	
September	30	5,94	0,135	275090000	86400	
Oktober	31	7,55	0,135	275090000	86400	
						5,574786434

4.20 Hasil Debit Aliran

Tahun	C	i (mm/jam)	A (ha)	Qp (m ³ /s)
2014	5,21	75	14700000	11,48
2016	4,52	91	14700000	12,10
2018	4,28	98	14700000	12,32

Keterangan:

C = koefisien run off

i = intensitas hujan (mm/jam)

A = luas wilayah DAS (ha)

Qp = debit aliran (m³/s)

