



**ANALISIS GENANGAN BANJIR BERDASARKAN
DATA RADAR SENTINEL-1 DI KABUPATEN TANGERANG**

SKRIPSI

Oleh

**Dwi Marta Ardiyanti
NIM 161810201069**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2020**



**ANALISIS GENANGAN BANJIR BERDASARKAN
DATA RADAR SENTINEL-1 DI KABUPATEN TANGERANG**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Fisika (S-1)
dan mencapai gelar Sarjana Sains (S.Si.)

Oleh

**Dwi Marta Ardiyanti
NIM 161810201069**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2020**

PERSEMBAHAN

Puji Syukur kehadiran Allah SWT saya dapat menyelesaikan skripsi yang saya persembahkan dengan penuh rasa syukur dan terimakasih yang sangat besar untuk.

- a. Kedua orang tua yang sangat saya sayangi dan cintai, Ayahanda H. Khoirul Mashulin dan Ibunda Hj. Siti Sofia yang telah membesarkan dan mendidik saya serta selalu memberikan do'a dan kasih sayang.
- b. Kakakku Awwalul Isnaini S.E yang selalu memberikan semangat serta do'a.
- c. Keluarga besar saya yang selalu memberikan semangat serta motivasi.
- d. Almamater Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember.
- e. Semua guru sejak TK hingga SMA, serta bapak ibu dosen di perguruan tinggi yang telah mendidik dan membimbing dengan penuh kesabaran dan keikhlasan.

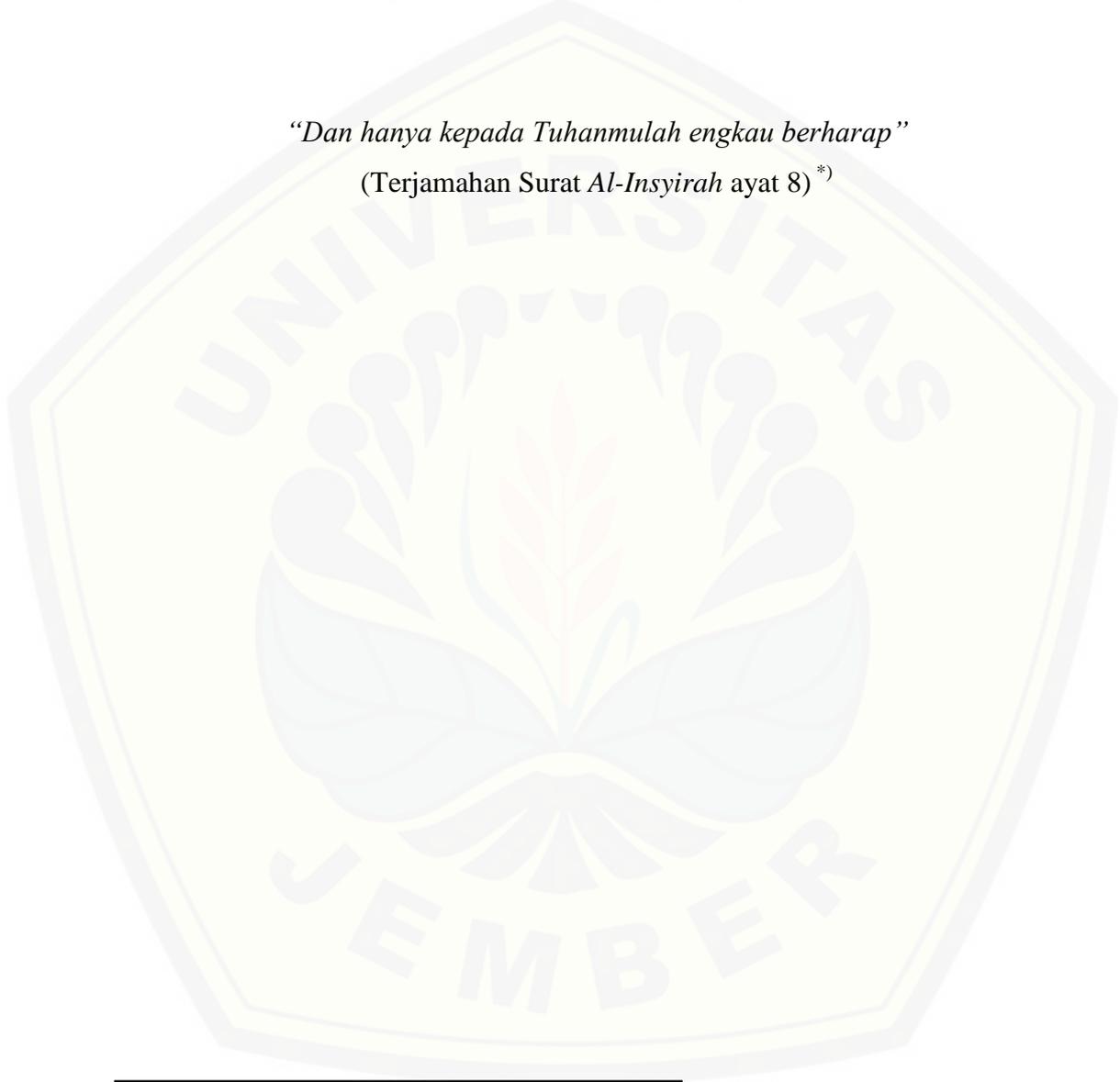
MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

(Terjemahan Surah *Al-Baqarah* ayat 286)^{*)}

“Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap”

(Terjemahan Surat *Al-Insyirah* ayat 8)^{*)}



^{*)} Departemen Agama Republik Indonesia. 2015. *Al-Quran Terjemahan*. Bandung: CV Darus Sunnah

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dwi Marta Ardiyanti

NIM : 161810201069

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Analisis Genangan Banjir berdasarkan Data Radar Sentinel-1 di Kabupaten Tangerang” adalah benar-benar hasil karya saya 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.

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, Juli 2020

Yang Menyatakan,

Dwi Marta Ardiyanti

NIM. 161810201069

SKRIPSI

**Analisis Genangan Banjir berdasarkan Data Radar Sentinel-1
di Kabupaten Tangerang**

Oleh

Dwi Marta Ardiyanti

NIM 161810201069

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Agung T. Nugroho, S.Si., M.Phill., Ph.D.

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

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisis Genangan Banjir berdasarkan Data Radar Sentinel-1 di Kabupaten Tangerang”, karya Dwi Marta Ardiyanti telah diuji dan disahkan pada.

Hari, tanggal : JUM'AT 09 OCT 2020

Tempat : Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember

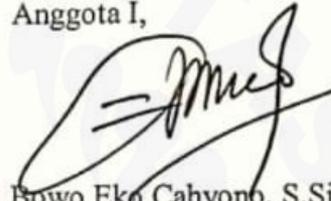
Tim Penguji

Ketua,



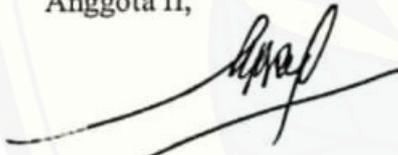
Agung T. Nugroho, S.Si., M.Phil., Ph.D.
NIP. 196812191994021001

Anggota I,



Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP. 197202101998021001

Anggota II,



Dra. Arry Yuariatun Nurhayati, M.Si.
NIP. 196109091986012001

Anggota II,



Prof. Drs. Agus Subekti, M.Sc., Ph.D.
NIP. 196008011984031002

Mengesahkan

Dekan FMIPA Universitas Jember



Drs. Achmad Saifulallah, M.Sc., Ph.D.
NIP. 195710091986021001

RINGKASAN

Analisis Genangan Banjir berdasarkan Data Radar Sentinel-1 di Kabupaten Tangerang; Dwi Marta Ardiyanti, 161810201069; 72 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Banjir merupakan salah satu permasalahan tahunan yang sering terjadi di Indonesia dan menimbulkan berbagai permasalahan bagi lingkungan dan masyarakat. Kabupaten Tangerang terletak di Provinsi Banten dan merupakan daerah penyangga Ibukota Jakarta. Aspek topografi Kabupaten Tangerang merupakan dataran rendah dengan kemiringan lereng landai cenderung datar serta dilalui beberapa sungai besar menjadikan potensi terjadi banjir semakin besar. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui distribusi banjir di Kabupaten Tangerang dan mengetahui hubungan faktor topografi (kemiringan lereng, ketinggian wilayah, dan pola aliran sungai) terhadap luas banjir.

Metode yang digunakan untuk mengetahui distribusi banjir yaitu dengan menerapkan klasifikasi *random forest* yang selanjutnya dilakukan uji ketelitian. Keeratan hubungan kelerengan dan elevasi terhadap luas banjir diketahui berdasarkan analisis korelasi *pearson*. Keterkaitan pola aliran sungai terhadap genangan banjir diperoleh dengan melihat karakteristik daerah aliran sungai di wilayah penelitian, yaitu beberapa aspek morfometri DAS (orde sungai, pola aliran sungai, rasio cabang sungai). Analisis secara deskriptif kuantitatif selanjutnya dilakukan terhadap data hasil pengolahan.

Hasil penelitian diperoleh sebaran spasial banjir berdasarkan luas genangan terbesar meliputi Kecamatan Kronjo, Kemiri, Mekarbaru, Rajeg, Kresek, Sukamulya, Mauk, dan Sindangjaya. Data Sentinel-1 diklasifikasikan menjadi dua kelas, banjir dan non banjir. Akurasi kedua kelas diperoleh sebesar 99,54% dengan *error rate* sebesar 0,46%. Hasil analisis korelasi *pearson* menyatakan bahwa korelasi antara kelerengan terhadap luas banjir sangat rendah, sedangkan korelasi elevasi terhadap luas banjir adalah rendah. Salah satu unsur morfometri DAS adalah orde sungai. Orde satu menyatakan anak sungai dan daerah yang memiliki banyak percabangan anak sungai memiliki potensi banjir lebih besar. Rasio cabang sungai (*WRb*) seluruh DAS di wilayah penelitian adalah $WRb > 5$, yang artinya kenaikan dan penurunan air sungai berjalan cepat. Wilayah penelitian memiliki pola aliran sungai dendritik dan rektangular, dimana pola aliran dendritik memiliki karakteristik terjadinya peningkatan aliran sungai.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Genangan Banjir berdasarkan Data Radar Sentinel-1 di Kabupaten Tangerang”. Penulisan skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S-1) pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

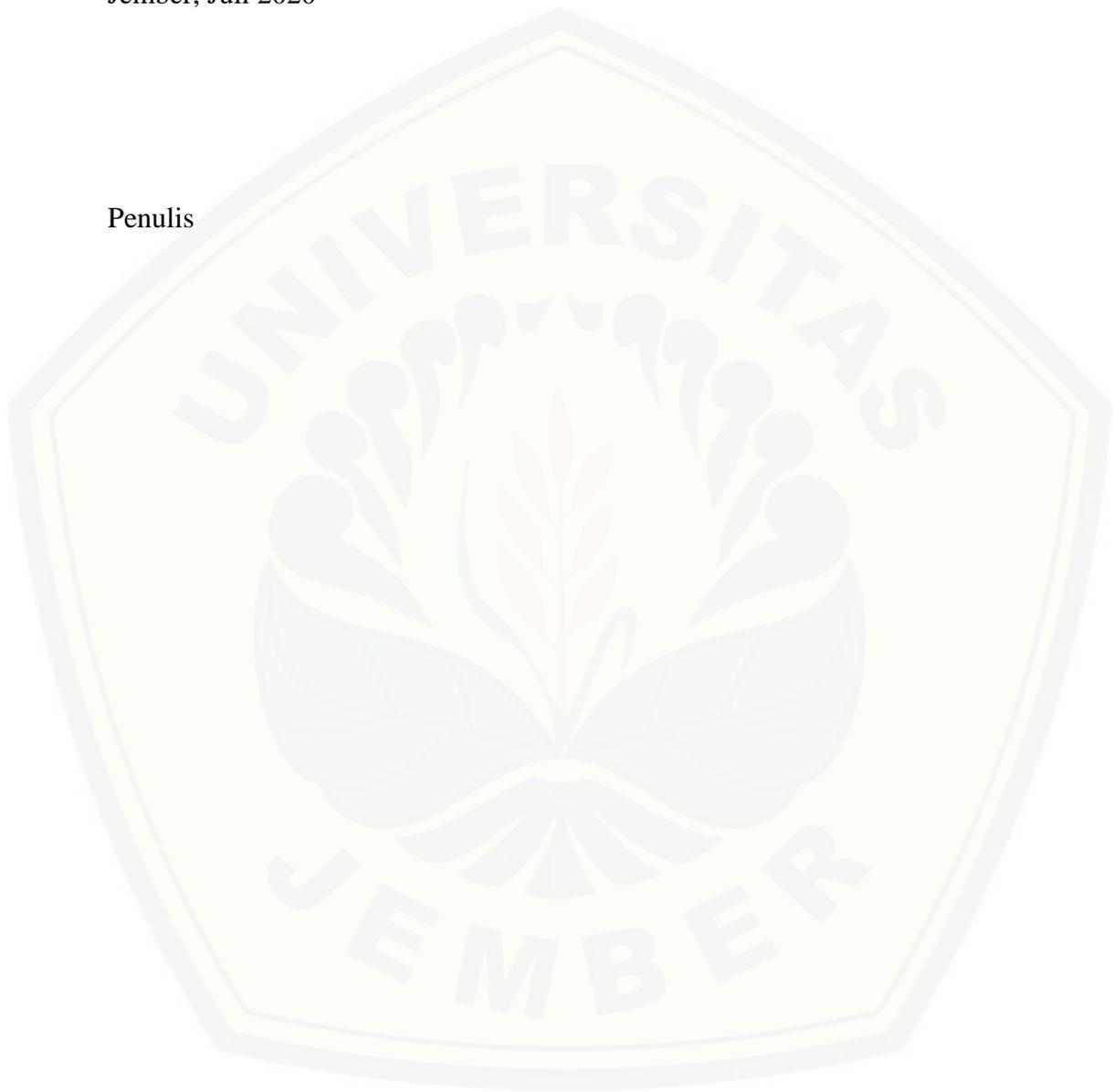
Pada kesempatan ini dengan segala hormat penulis menyampaikan terimakasih atas bantuan dan bimbingan dalam penyusunan skripsi ini, kepada:

- a. Bapak Agung T. Nugroho, S.Si., M.Phil., Ph.D. selaku dosen pembimbing utama dan Bapak Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku dosen pembimbing anggota yang telah meluangkan waktu untuk membimbing dalam menyelesaikan skripsi ini;
- b. Ibu Dra. Arry Yuariatun Nurhayati M.Si. selaku penguji I dan Bapak Prof. Drs. Agus Subekti M.Sc., Ph.D. selaku penguji II yang telah memberikan kritik dan saran..
- c. Ibu Dra. Arry Yuariatun Nurhayati M.Si. selaku dosen pembimbing akademik selama penulis menjadi mahasiswa;
- d. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Fisika FMIPA Universitas Jember;
- e. Rifki Darmawan S.Tr.T yang selalu memberikan dukungan dan motivasi;
- f. Vica Fibyana S.Si dan Violita Riyanda Safitri S.Si yang selalu memberikan semangat, dukungan, dan menemani ketika saya membutuhkan mereka;
- g. Sahabat SMA dan sahabat kuliah yang selalu mendukung dan menemani ketika saya membutuhkan pertolongan;
- h. Teman seangkatan Phylosophi Einstein’16 yang telah menemani selama masa perkuliahan.
- i. Semua pihak yang telah berkontribusi namun tidak dapat disebutkan satu persatu

Semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak dan pembaca. Penulis juga berharap kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kesempurnaan skripsi ini.

Jember, Juli 2020

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN.....	v
RINGKASAN	vii
PRAKATA	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan	5
1.4 Manfaat	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Kondisi Umum Kabupaten Tangerang	6
2.2 Banjir	7
2.3 Kemiringan Lereng	9
2.4 Elevasi.....	11
2.5 Karakterisrik Daerah Aliran Sungai.....	12
2.6 Penginderaan Jauh.....	14
2.7 RADAR.....	17
2.8 SAR	19
2.8.1 Sentinel-1	20
2.9 Interpretasi Citra Penginderaan Jauh	22
2.9.1 Koreksi Radiometrik	22
2.9.2 Koreksi Geometrik.....	22

2.10	Klasifikasi <i>Random Forest</i>	23
2.11	Korelasi Pearson.....	24
2.12	Digital Elevation Model (DEM)	26
2.12.1	ASTER Global DEM	27
BAB 3	METODE PENELITIAN.....	29
3.1	Rancangan Penelitian.....	29
3.2	Jenis dan Sumber Data	30
3.3	Definisi Operasional Variabel	31
3.4	Kerangka Pemecahan Masalah.....	31
3.5	Prosedur Penelitian	33
3.5.1	Tahap Persiapan	33
3.5.2	Tahap Pengolahan Digital.....	33
3.5.3	Analisis Data	35
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	39
4.1	Distribusi Genangan Banjir Kabupaten Tangerang.....	39
4.2	Kemiringan Lereng dan Ketinggian terhadap Luas Banjir....	52
4.3	Karakteristik Daerah Aliran Sungai	56
BAB 5	PENUTUP.....	61
5.1	Kesimpulan	61
5.2	Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN	67

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Klasifikasi Kemiringan Lereng	11
Tabel 2.2 Klasifikasi Ketinggian Absolut.....	11
Tabel 2.3 Proses Penginderaan jauh	16
Tabel 2.4 Frekuensi Band Radar	17
Tabel 2.5 Frekuensi dan Panjang Gelombang Sistem SAR.....	20
Tabel 2.6 Karakteristik Satelit Sentinel-1	21
Tabel 2.7 Ukuran Umum Korelasi	25
Tabel 2.8 Karakteristik Data ASTER GDEM V3.....	28
Tabel 3.1 Komposit Band RGB	35
Tabel 3.2 Analisis Koefisien Korelasi Pearson.....	37
Tabel 3.3 Klasifikasi Kemiringan Lereng.....	37
Tabel 3.4 Klasifikasi Ketinggian Wilayah.....	37
Tabel 3.5 Rasio Cabang Sungai	38
Tabel 4.1 Uji Ketelitian Hasil Klasifikasi <i>Random Forest</i>	49
Tabel 4.2 Luas Banjir Tiap Kecamatan di Kabupaten Tangerang.....	51
Tabel 4.3 Kemiringan Lereng Kabupaten Tangerang.....	52
Tabel 4.4 Hasil Analisis Korelasi Pearson Kelerengan terhadap Luas Banjir.....	53
Tabel 4.5 Ketinggian Wilayah Kabupaten Tangerang.....	55
Tabel 4.6 Hasil Analisis Korelasi Pearson antara Elavasi terhadap Luas Banjir..	56
Tabel 4.7 Daerah Lintasan DAS di Wilayah Penelitian.....	57
Tabel 4.8 Nilai Rasio Cabang Sungai di Wilayah Penelitian	59

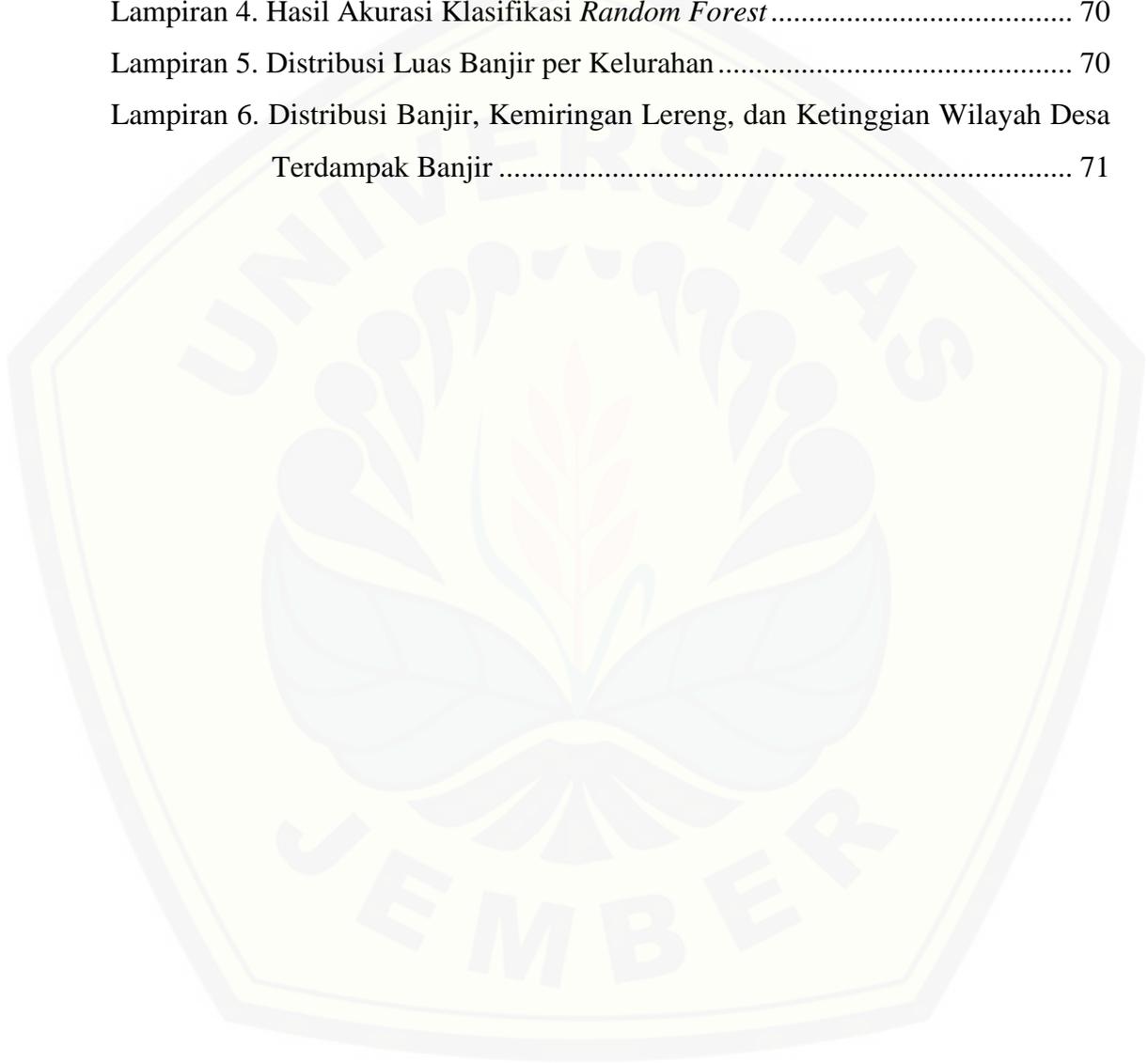
DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Peta Kabupaten Tangerang (BAPPEDA, (2017)).....	6
Gambar 2.2 Sistem Grid dengan Metode Jaring-Jaring Went-Wort (Suharjo et al., (2017))	10
Gambar 2.3 Derivasi Data Kemiringan Lereng Dengan Data DEM (Marzuki, (2014))	10
Gambar 2.4 Bentuk Bentuk Pola aliran Sungai (Lihawa, (2017)).....	12
Gambar 2.5 Proses Penginderaan Jauh (CCRS, (2014)).....	16
Gambar 2.6 Frekuensi dan Panjang Gelombang Band dari Gelombang Mikro (CCRS, (2014)).....	18
Gambar 2.7 <i>Synthetic Aperture Radar</i> (Zalite dan Voormansik, (2016)).....	19
Gambar 2.8 Algoritma Sederhana random Forest (Dhawangkharu dan Riksakomara, (2017))	24
Gambar 2.9 Tipe Struktur DEM (a) Gridded DEM (b) TIN DEM (c) Contour DEM (Balasubramanian, (2017))	27
Gambar 3.1 Diagram Alir Rancangan Penelitian.....	29
Gambar 3.2 Kerangka Pemecahan Masalah.....	32
Gambar 4.1 Hasil Subset Citra Sentinel 1A (a) Citra <i>Pre-flood</i> (21 Desember 2019) (b) Citra <i>Post-flood</i> (02 Januari 2020).....	40
Gambar 4.2 Hasil Multilooking Citra Sentinel 1A (a) Citra <i>Pre-flood</i> (21 Desember 2019) (sebelum filtering/ multilooking (b) Citra <i>Pre-flood</i> (21 Desember 2019) sesudah filtering/multilooking (c) Citra <i>Post-flood</i> (02 Januari 2020) sebelum filtering (d) Citra <i>Post-flood</i> (02 Januari 2020) sesudah filtering/multilooking	41
Gambar 4.3 Hasil Koreksi Radiometrik Citra Sentinel 1A (a) Citra <i>Pre-flood</i> (21 Desember 2019) (b) Citra <i>Post-flood</i> (02 Januari 2020)	42
Gambar 4.4 Histogram Nilai Backscatter Citra Sentinel-1A (a) Citra 21 Desember 2019 (b) Citra 02 Januari 2020	42

Gambar 4.5 Hasil Koreksi Geometrik <i>Range-Doppler Terrain Correction</i> Citra Sentinel 1A (a) Citra Sebelum Koreksi Geometri (b) Citra Sesudah Koreksi Geometri.....	45
Gambar 4.6 Hasil Konversi <i>Linear to/from dB</i> citra Sentinel-1 (a) Citra 21 Desember 2019 (b) Citra 02 Januari 2020	46
Gambar 4.7 Band Hasil Stacking Citra 21 Desember 2019 dan 02 Januari 2020	47
Gambar 4.8 Hasil Komposit RGB Citra Sentinel-1. (a) Citra Sentinel-1 21 Desember 2019 dan 02 Januari 2020. (b) Citra Hasil Komposit RGB	48
Gambar 4.9 Peta Distribusi Banjir Wilayah Penelitian.....	51
Gambar 4.10 Peta Kemiringan Lereng Wilayah Penelitian	54
Gambar 4.11 Peta Ketinggian Wilayah Kabupaten Tangerang	55
Gambar 4.12 Peta Pola Aliran Sungai Wilayah Penelitian	58

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Metadata Citra Sentinel-1 Akuisis 21 Desember 2019	67
Lampiran 2. Metadata Citra Sentinel-1 Akuisisi 02 Januari 2020.....	68
Lampiran 3 Citra Sentinel-1 Hasil Komposit RGB dengan <i>Training Area</i>	70
Lampiran 4. Hasil Akurasi Klasifikasi <i>Random Forest</i>	70
Lampiran 5. Distribusi Luas Banjir per Kelurahan	70
Lampiran 6. Distribusi Banjir, Kemiringan Lereng, dan Ketinggian Wilayah Desa Terdampak Banjir	71



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Banjir merupakan permasalahan tahunan yang sering terjadi dan menimbulkan berbagai permasalahan bagi masyarakat dan lingkungan. Banjir dapat disebabkan karena dua faktor, yaitu faktor alam dan faktor manusia. Faktor alam penyebab terjadinya banjir dapat dikarenakan kondisi geografis dan topografi suatu wilayah, curah hujan tinggi yang berlangsung dalam kurun waktu lama, dan kondisi alur sungai. Pemicu terjadinya banjir karena aktivitas manusia diantaranya adalah penggunaan lahan sebagai permukiman yang makin berkembang, penggundulan hutan sehingga kemampuan tanah dalam menyerap air menurun, dan pembangunan saluran *drainasse* yang kurang baik (Paimin et al., 2012).

Daerah penyangga atau disebut sebagai kota satelit memiliki peranan yang sangat penting, yaitu sebagai daerah penunjang dari kota-kota besar serta menjadi akses menuju kota besar tersebut. Kabupaten Tangerang merupakan salah satu dari daerah penyangga Ibukota Republik Indonesia Jakarta. Peran Kabupaten Tangerang sebagai daerah penyangga adalah sebagai penyedia air bersih, jalur transportasi, dan sebagai sektor ketahanan pangan. Aspek topografi wilayah Kabupaten Tangerang yang merupakan dataran rendah dengan kelerengan datar menjadikan Kabupaten Tangerang rawan bencana banjir. Apabila Kabupaten Tangerang terdampak banjir maka transportasi dan aktivitas sebagian besar warga Kabupaten Tangerang yang bekerja di Ibukota Jakarta juga akan terhambat.

Banjir yang terjadi di Kabupaten Tangerang pada bulan Januari 2020 mencakup 12 persen dari total luas wilayah Kabupaten Tangerang. Menurut BPBD, (2020), kondisi geografis Kabupaten Tangerang yang dilalui beberapa sungai berpotensi terjadi bencana banjir yang disebabkan oleh luapan air sungai sehingga air yang meluap akan menggenangi dataran yang lebih rendah dari sekitarnya. Permasalahan yang muncul akibat banjir seperti terendamnya daerah persawahan yang dapat mengakibatkan gagal panen dan menimbulkan kerugian yang sangat besar. Banjir yang melanda pemukiman akan mengakibatkan sulitnya

untuk mendapatkan air bersih untuk Kabupaten Tangerang maupun wilayah Ibukota Jakarta, menimbulkan wabah penyakit, jalur transportasi terganggu, dan beberapa infrastruktur terendam. Berdasarkan hal tersebut, untuk mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan maka dilakukan pemetaan banjir dan analisis keterkaitan banjir terhadap topografi wilayah Kabupaten Tangerang berdasarkan data satelit penginderaan jauh radar.

Bencana banjir dapat diamati dengan data penginderaan jauh menggunakan berbagai macam citra satelit yang memiliki resolusi spasial berbeda-beda. Pemanfaatan penginderaan jauh memiliki banyak keuntungan, yaitu dapat memberikan gambaran objek, daerah, dan gejala di permukaan bumi dengan wujud dan letak yang hampir sama dengan kenyataan di permukaan bumi. Citra penginderaan jauh memberikan gambaran obyek yang relatif lengkap dan luas. Citra penginderaan jauh (inderaja) diperoleh melalui sistem penginderaan jauh dari pesawat terbang atau satelit dan data yang dihasilkan dapat berupa citra optik (sensor pasif) dan citra radar (sensor aktif) (Sutanto, 1987).

Data optis relatif banyak digunakan namun ketersediaan data seringkali terganggu dengan adanya tutupan awan, sehingga diperlukan alternatif data yang tidak terpengaruh oleh keberadaan awan. Data penginderaan jauh yang dapat mengakomodasi kebutuhan tersebut adalah data radar. Gelombang radar tergolong dalam *microwave* yang secara fisis ketika melewati awan gelombang tersebut tidak akan terserap sehingga dapat diteruskan ke permukaan bumi dan dipantulkan kembali ke satelit. Data radar yang saat ini dapat diakses secara bebas yaitu data Sentinel-1.

Pemanfaatan data radar telah banyak digunakan diantaranya oleh Hapsari, (2019) untuk memetakan kawasan banjir di Kota Bekasi dengan menggunakan metode klasifikasi *supervised*. Penelitian yang dilakukan memanfaatkan data radar Sentinel 1A yang kemudian akan ditentukan beberapa kelas klasifikasi. Hasil penelitian diperoleh sebanyak empat kelas, yakni pemukiman banjir, pemukiman tidak banjir, non pemukiman banjir, dan non pemukiman tidak banjir. Penelitian lain dengan memanfaatkan data Sentinel 1 dilakukan oleh Dadhich et al., (2019) untuk mendeteksi daerah terdampak banjir di Nakhon Si Thammarat,

Thailand dengan menggunakan metode *threshold* dan *Random Forest Classification*. *Threshold* digunakan untuk membedakan badan air permanen yang telah ada berdasarkan citra *pre-flood* dan citra *post-flood*. *Random Forest Classification* pada penelitian tersebut digunakan untuk mengetahui tutupan lahan dengan menggunakan citra Radar sebelum terjadi peristiwa banjir. Hasil akurasi keseluruhan dan *kappa coefficient* dari kedua metode yang digunakan mencapai lebih dari 90%. Bayik et al., (2018) juga melakukan penelitian dengan memanfaatkan data SAR Sentinel-1 untuk menganalisis banjir yang terjadi di Sungai Meric, Turki. Penelitian ini menggunakan tiga metode yang berbeda, yakni *backscatter thresholding*, *random forest classification*, dan *deep learning clasification*. Ketiga metode diterapkan untuk melihat distribusi banjir di daerah penelitian dimana *random forest classification* menghasilkan distribusi air dalam satuan luas paling kecil dengan besar *overall accuracy* dan *Kappa coefficient* paling besar dibandingkan dua metode lainnya. Darmawan et al., (2017) melakukan penelitian untuk mengetahui tingkat kerawanan banjir di Kabupaten Sampang dengan menggunakan metode *overlay* dan *scoring* terhadap parameter banjir. Parameter banjir yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah kemiringan lereng, elevasi, jenis tanah, curah hujan, penggunaan lahan, dan kerapatan sungai. Hasil penelitian diperoleh bahwa persebaran lokasi rawan banjir terjadi di hampir seluruh bagian selatan Kabupaten Sampang yang memiliki kemiringan lereng 0-8% (landai) dan ketinggian lahan <10 m. Hal ini dikarenakan wilayah yang cenderung datar dan rendah berpotensi menjadi tampungan air ketika hujan.

Penelitian yang akan dilakukan memanfaatkan data radar Sentinel-1 untuk mengetahui distribusi banjir di Kabupaten Tangerang. Produk Sentinel-1 yang digunakan dalam penelitian ini adalah data Sentinel 1A tipe GRD (*Ground Range Detector*) dengan sensor mode IW (*Interferometric Wide Swath*) yang memiliki luas perekaman 250 km. Produk tipe GRD terdiri dari data SAR yang telah terfokuskan dan telah terproyeksi pada sistem geodesi dunia WGS 84. Interpretasi data Sentinel-1 dilakukan secara digital melalui tahapan koreksi radiometrik dan geometrik. Data radar Sentinel-1A dalam penelitian ini digunakan sebagai data

pre-flood dan *post-flood* yang kemudian dilakukan *stacking* dan komposit RGB *band* untuk memperoleh distribusi genangan.

Informasi distribusi genangan perlu didukung dengan faktor lain untuk mengambil dan membuat sebuah kebijakan dalam penanganan bencana banjir. Faktor lain yang mengakibatkan suatu daerah mengalami banjir yaitu faktor topografi wilayah, seperti kemiringan lereng, ketinggian wilayah, dan pola aliran sungai. Kemiringan lereng dan ketinggian lahan merupakan faktor yang sangat berpengaruh dalam penentuan besar atau kecilnya suatu wilayah penelitian kedalam zona berpotensi banjir. Semakin curam kelerengan suatu daerah, maka potensi terjadinya genangan semakin kecil dikarenakan aliran limpasan permukaan semakin cepat dan air hujan yang jatuh akan langsung dialirkan ke dataran yang lebih landai. Ketinggian (elevasi) wilayah juga berpengaruh terhadap terjadinya banjir. Air akan mengalir dari tempat yang tinggi ke tempat yang lebih rendah, sehingga daerah yang memiliki ketinggian wilayah rendah akan berpotensi terjadi banjir dibandingkan dengan daerah yang lebih tinggi. Pembuatan peta aliran dilakukan untuk mengetahui pola aliran sungai, orde sungai, dan rasio tingkat percabangan sungai. Beberapa unsur morfometri sungai tersebut dapat menjadi acuan untuk mengetahui karakteristik daerah aliran sungai (DAS) tersebut.

Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui distribusi daerah genangan banjir dan keterkaitannya dengan faktor kemiringan lereng, ketinggian wilayah, dan pola aliran sungai Kabupaten Tangerang berdasarkan data satelit penginderaan jauh. Metode yang digunakan untuk memperoleh distribusi genangan banjir yaitu dengan menerapkan klasifikasi *supervised random forest* pada data Sentinel-1. Uji ketelitian selanjutnya dilakukan terhadap distribusi banjir yang bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi dari data genangan hasil klasifikasi. Peta kemiringan lereng, ketinggian wilayah, dan pola aliran sungai diperoleh dengan menerapkan analisa spasial/keruangan pada citra ASTER GDEM 1-arcsecond v3. Keterkaitan faktor kemiringan lereng dan ketinggian wilayah terhadap distribusi genangan banjir di

Kabupaten Tangerang diketahui dengan menerapkan analisis korelasi *pearson* dan selanjutnya akan dilakukan analisis secara deskriptif kuantitatif.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, pada penelitian ini permasalahan yang dapat diangkat adalah sebagai berikut.

- a. Bagaimana distribusi genangan banjir di Kabupaten Tangerang dengan menggunakan citra Sentinel-1?
- b. Bagaimana analisis hubungan kemiringan lereng dan ketinggian wilayah terhadap distribusi genangan banjir Kabupaten Tangerang?
- c. Bagaimana pola aliran sungai dan hubungannya dengan banjir di Kabupaten Tangerang?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah diatas, tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Mengetahui distribusi genangan banjir di Kabupaten Tangerang dengan menggunakan citra Sentinel-1.
- b. Menganalisis hubungan kemiringan lereng dan ketinggian wilayah terhadap distribusi genangan banjir di Kabupaten Tangerang.
- c. Mengetahui pola aliran sungai dan hubungannya dengan banjir di Kabupaten Tangerang.

1.4 Manfaat

Manfaat dari dilakukannya penelitian ini adalah untuk memberikan informasi mengenai daerah-daerah yang berpotensi akan terendam apabila terjadi bencana banjir. Penelitian dilakukan sebagai upaya mitigasi bencana untuk kedepannya dan dapat dijadikan acuan untuk melakukan upaya penanggulangan bencana khususnya bagi pemerintah Kabupaten Tangerang. Selain itu, hasil penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan berbagai manfaat bagi peneliti maupun masyarakat sekitar.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kondisi Umum Kabupaten Tangerang

Kabupaten Tangerang merupakan salah satu dari total 4 kabupaten yang berada dalam wilayah Provinsi Banten. Provinsi Banten terletak di Pulau Jawa bagian barat, dimana sebelumnya Provinsi Banten merupakan bagian dari Provinsi Jawa Barat yang mengalami pemekaran berdasarkan keputusan Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2000. Kabupaten Tangerang terletak pada koordinat $106^{\circ}20'$ - $106^{\circ}43'$ Bujur Timur dan $6^{\circ}00'$ - $6^{\circ}20'$ Lintang Selatan dan merupakan daerah dengan wilayah terluas di Provinsi Banten dengan luas wilayah sebesar $959,60 \text{ km}^2$ atau 9,39% dari luas wilayah Provinsi Banten. Batas utara dari Kabupaten Tangerang adalah Laut Jawa, sebelah timur berbatasan dengan Provinsi DKI Jakarta, Kota Tangerang Selatan dan Kota Tangerang, sebelah selatan Kabupaten Tangerang berbatasan dengan Kabupaten Bogor, dan sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Serang dan Lebak. Wilayah administrasi Kabupaten Tangerang terdiri dari 29 Kecamatan, 28 kelurahan, dan 246 desa (BAPPEDA, 2017).



Gambar 2.1 Peta Kabupaten Tangerang (BAPPEDA, (2017))

Sebagian besar wilayah Kabupaten Tangerang merupakan dataran rendah dengan ketinggian 0 – 25 meter diatas permukaan laut. Beberapa kecamatan yang tergolong dalam dataran rendah diantaranya Kecamatan Teluknaga, Mauk, Kemiri, Sukadiri, Kresek, Kronjo, Pakuhaji, dan Sepatan. Kondisi topografi wilayah Kabupaten Tangerang yang termasuk dataran tinggi berada di bagian tengah ke arah selatan dari Kabupaten Tangerang. Kabupaten Tangerang memiliki kelerengan rata-rata 0 – 3 % menurun ke arah utara. Jenis tanah Kabupaten Tangerang secara keseluruhan meliputi aluvial kelabu, aluvial kelabu tua, asosiasi aluvial kelabu tua dan glei humus rendah, asosiasi glei humus, planosol, regosol coklat, asosiasi latosol merah dan latosol merah kecoklatan, padosolic kuning, asosiasi padosolic kuning, asosiasi padosolic kuning dan hidromorf kelabu. Kabupaten Tangerang memiliki suhu yang relatif panas dengan kelembaban yang tinggi. Temperatur udara Kabupaten Tangerang rata-rata berkisar antara 22,8 – 33,9 °C dengan rata-rata kelembaban udara dan intensitas matahari sekitar 78,3% dan 59,3%. Curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Februari dan hari hujan tertinggi terjadi di bulan desember dengan hari hujan sebanyak 20 hari. Rata-rata curah hujan di Kabupaten Tangerang dalam setahun mencapai 177,3 mm. Penggunaan lahan di Kabupaten Tangerang pada umumnya didominasi dengan pemukiman penduduk, areal perkebunan, sawah, ladang tegalan, areal budi daya perikanan darat, semak belukar, dan hutan (BAPPEDA, 2017).

2.2 Banjir

Banjir dimaknai sebagai tergenangnya suatu wilayah atau daratan dimana kondisi sebelumnya tidak tergenang oleh air. Banjir seringkali dianggap sebagai bencana alam yang merupakan konsekuensi dari kombinasi peristiwa alam maupun aktivitas manusia. Bencana alam juga diartikan sebagai bencana yang diakibatkan oleh faktor alam. Gejala alam merupakan gejala yang biasa terjadi di bumi yang melanda manusia maupun segala produk budi dayanya. Bencana adalah sebuah gangguan serius terhadap masyarakat yang menimbulkan kerugian baik oleh masyarakat, lingkungan alam, dan material. Bencana merupakan peristiwa yang disebabkan oleh alam, manusia, dan/atau keduanya yang

mengakibatkan korban dan penderitaan manusia, kerugian harta benda, kerusakan lingkungan, kerusakan sarana prasarana, dan fasilitas umum, serta menimbulkan gangguan terhadap tata kehidupan dan penghidupan masyarakat (Khambali, 2017).

Bencana banjir di kawasan perkotaan erat hubungannya dengan alam dan manusia. Banjir di kawasan perkotaan disebut juga sebagai bencana akibat dari perbuatan manusia ketika tidak ada sistem pembuangan sampah yang baik. Masyarakat yang membuang sampah ke bantaran sungai mengakibatkan adanya penurunan atau penutupan saluran sungai. Peningkatan kejadian banjir juga tidak terlepas dari peningkatan jumlah penduduk di perkotaan. Kepadatan penduduk yang semakin meningkat akan menjadikan sebuah kota menjadi sesak dan mengganggu keseimbangan lingkungan alam. Besarnya jumlah penduduk, aktivitas, dan distribusinya akan menentukan tingkat dampak dari bencana baik dari sisi ekonomi maupun sosial (Purnayenti, 2019).

Banjir merupakan salah satu dari bentuk bencana alam, dimana dapat diklasifikasikan dalam bencana alam klimatologis. Banjir merupakan bencana yang diakibatkan oleh curah hujan yang tinggi dan tidak diimbangi dengan saluran pembuangan air yang memadai sehingga merendam wilayah-wilayah yang lebih rendah daripada wilayah sekitarnya. Banjir juga dapat terjadi karena jebolnya sistem aliran air yang ada sehingga mengakibatkan daerah yang lebih rendah akan terkena dampak kiriman banjir. Berdasarkan sumber air di bumi, banjir dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu banjir sungai, banjir danau, dan banjir laut pasang. Banjir sungai merupakan peristiwa banjir yang terjadi karena air sungai yang meluap. Banjir danau adalah terjadinya banjir yang diakibatkan air danau meluap atau jebolnya sebuah bendungan. Banjir laut pasang merupakan banjir yang diakibatkan adanya badai dan gempa bumi (Khambali, 2017).

Secara umum, penyebab terjadinya bencana banjir diantaranya adalah penebangan hutan secara liar tanpa disertai reboisasi, pendangkalan sungai, pembuangan sampah sembarangan baik pada aliran sungai maupun ke gorong-gorong, pembuatan saluran air yang tidak memenuhi syarat, dan pembuatan tanggul yang kurang baik. Air laut, sungai atau danau yang meluap dan

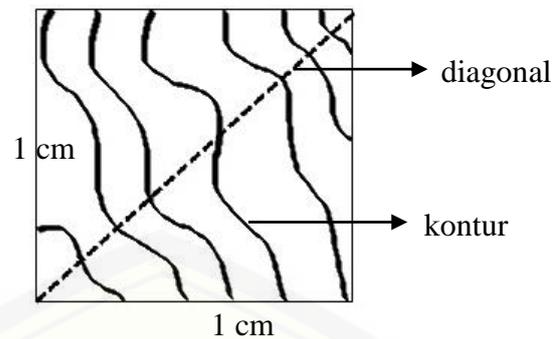
menggenangi daratan, serta tingginya curah hujan yang berlangsung cukup lama juga merupakan faktor pemicu terjadinya banjir. Dampak yang ditimbulkan setelah terjadinya bencana banjir yakni dapat menimbulkan kerusakan lingkungan hidup, diantaranya berupa rusaknya areal pemukiman penduduk, sulitnya mendapatkan air bersih, rusaknya sarana dan prasarana penduduk, rusaknya areal pertanian, timbulnya berbagai penyakit, dan menghambat transportasi darat (Khambali, 2017).

2.3 Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng adalah sudut rerata antara bidang datar di permukaan bumi terhadap suatu bidang miring yang ditarik dari titik terendah hingga titik tertinggi di permukaan bumi pada suatu bentuk lahan (Suharjo et al., 2017). Keseragaman suatu lereng sangat jarang ditemukan di daerah yang sempit. Keseragaman lereng meliputi keadaan kemiringan lereng dimana lereng-lereng curam diselingi oleh lereng lebih datar dalam jarak yang pendek. Topografi suatu daerah menjadi penyebab terjadinya perbedaan lereng. Kemiringan dan panjang lereng merupakan dua unsur dari topografi yang berpengaruh terhadap aliran permukaan (limpasan). Semakin curam suatu lereng, maka kecepatan dan jumlah limpasan yang terjadi semakin besar pula (Badwi et al., 2019). Menurut Suharjo et al., (2017), bahwa pengukuran kemiringan lereng di lapangan dapat menggunakan abney level dan 2 buah yallon. Pengukuran yang menggunakan abney level akan diperoleh data kemiringan lereng dalam bentuk prosentasi (%) maupun derajat ($^{\circ}$). Pengukuran dengan abney level dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{tg } \alpha = \frac{y}{x} \quad \dots (2.1)$$

Pengukuran kemiringan lereng juga dapat memanfaatkan peta topografi dengan skala yang besar. Kemiringan lereng dapat dihitung dengan memanfaatkan sistem grid yaitu dengan metode jaring-jaring Went-wort sebagai berikut :



Gambar 2.2 Sistem Grid dengan Metode Jaring-Jaring Went-Wort (Suharjo et al., (2017))

$$\alpha = \frac{(n-1) \times C_i}{\phi \times d} \times 100 \% \quad \dots (2.2)$$

Keterangan :

α = Sudut kemiringan lereng (%)

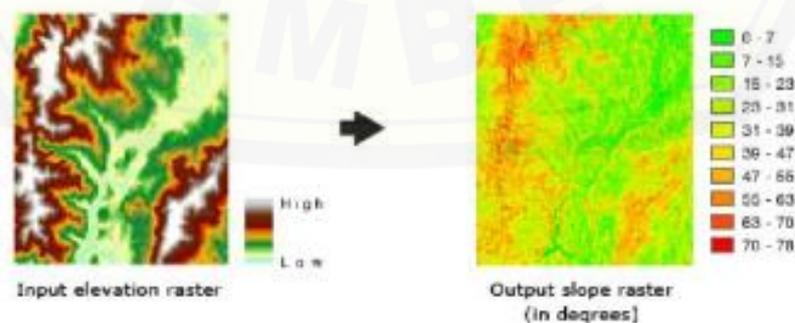
n = Jumlah kontur terpotong terbanyak

C_i = Interval kontur (m)

ϕ = Panjang diagonal grid

d = Penyebut skala (m)

Peta kemiringan lereng dapat diturunkan secara otomatis dari data ketinggian permukaan bumi yang dikenal dengan nama DEM (*Digital Elevation Model*). Kemiringan lereng dihitung berdasarkan perbedaan antara nilai ketinggian satu piksel dengan piksel-piksel lainnya yang kemudian gradien kemiringan dihitung dengan menggunakan rumus pythagoras dan trigonometri (Marzuki, 2014). Contoh derivasi data kemiringan lereng dengan data DEM ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Derivasi Data Kemiringan Lereng Dengan Data DEM (Marzuki, (2014))

Tabel 2.1 Klasifikasi Kemiringan Lereng

Kelas	Kemiringan Lereng (%)
Datar	< 8
Landai	8 - 15
Agak Curam	16 - 25
Curam	26 - 40
Sangat Curam	>40

Sumber : (Peraturan Dirjen No P.4/V-SET/2013)

2.4 Elevasi

Elevasi merupakan ukuran ketinggian suatu tempat diatas permukaan laut berdasarkan nilai tengah antara batas pasang tertinggi dan pasang terendah air laut (Nugroho, 2018). Ketinggian tempat diukur dari permukaan laut tersebut sebagai titik nol. Ketinggian tempat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu dataran rendah (<700 mdpl) dan dataran tinggi (>700 mdpl) (Ritung et al., 2007). Informasi ketinggian mendeskripsikan mengenai posisi vertikal (ketinggian) suatu titik dari suatu bidang referensi tertentu (datum). Datum yang paling umum digunakan dalam bidang sistem informasi geografis (SIG) adalah permukaan laut dan permukaan geoid (WGS84). Informasi ketinggian biasanya disajikan berupa peta kontur, tabel koordinat, atau model digital (Sunu et al., 2019). Menurut Darmawan et al., (2017), bahwa ketinggian atau elevasi mempengaruhi terjadinya bencana banjir. Semakin rendah suatu daerah, maka daerah tersebut akan berpotensi terjadi banjir. Begitupun daerah yang lebih tinggi dibandingkan sekitarnya memiliki potensi terjadi banjir yang kecil.

Tabel 2.2 Klasifikasi Ketinggian Absolut

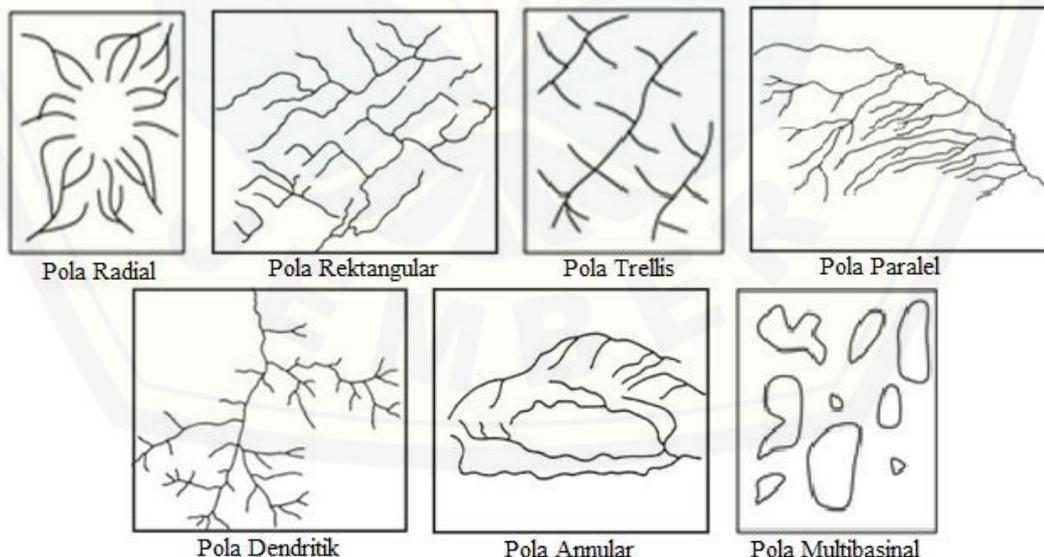
Kelas	Ketinggian (mdpl)
Dataran Rendah	< 50
Dataran Rendah Pedalaman	50 - 100
Perbukitan Rendah	100 - 200
Perbukitan	200 - 500
Perbukitan Tinggi	500 - 1500
Pegunungan	1500 - 3000
Pegunungan Tinggi	> 3000

Sumber : (Zuidam, 1985)

2.5 Karakteristik Daerah Aliran Sungai

Karakteristik daerah aliran sungai (DAS) terdiri dari beberapa variabel yang dapat diperoleh melalui data sekunder, pengukuran langsung, maupun dari data penginderaan jauh (*remote sensing*). Morfometri DAS merupakan salah satu karakteristik/sifat daerah aliran sungai yang digunakan untuk menyatakan keadaan jaringan sungai secara kuantitatif yang terkait dengan aspek geomorfologi suatu daerah. Karakteristik tersebut berkaitan dengan proses air (curah hujan) yang jatuh dalam wilayah DAS tersebut. Beberapa unsur morfometri DAS diantaranya adalah pola aliran sungai, orde sungai, dan rasio cabang sungai (*bifurcation ratio*). Parameter dalam unsur morfometri DAS saling berhubungan antara satu dengan lainnya (Lihawa, 2017).

Sungai-sungai dalam suatu DAS membentuk suatu jaringan yang memiliki pola tertentu, dimana sungai kecil atau anak sungai akan mengalir menuju sungai utama yang lebih besar. Pola aliran sungai terbentuk karena dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti kondisi topografi, geologi, iklim, dan vegetasi yang ada di sekitar DAS. Beberapa jenis pola aliran sungai diilustrasikan seperti pada Gambar 2.4 berikut ini :



Gambar 2.4 Bentuk Bentuk Pola aliran Sungai (Lihawa, (2017))

Keterangan dari bentuk pola-pola aliran sungai pada Gambar 2.4 adalah :

- a. Radial
Pola aliran radial menggambarkan arah aliran yang tersebar ke semua arah. Biasanya pola aliran ini sering dijumpai di daerah lereng gunung berapi atau daerah yang memiliki topografi berbentuk kubah.
- b. Rektangular
Pola aliran rektangular memiliki karakteristik sudut pertemuan dua anak sungai berbentuk siku. Pola ini biasanya ditemukan di daerah batuan kapur.
- c. Trellis
Pola aliran trellis memiliki bentuk yang panjang seperti pola trali pagar dan dikontrol oleh struktur geologi berupa perlipatan sinklin dan antiklin. Pola ini biasanya sering dijumpai di daerah dengan lapisan sedimen di daerah pegunungan lipatan dengan kemiringan besar. Ciri-ciri sungai trellis yakni memiliki saluran air yang berpola sejajar, mengalir searah kemiringan lereng dan tegak lurus dengan sungai utamanya.
- d. Paralel
Pola aliran sungai paralel menunjukkan pola aliran sungai yang lurus searah mengikuti arah lereng. Pola aliran paralel terbentuk karena adanya lereng yang curam.
- e. Dendritik
Pola dendritik memiliki bentuk seperti cabang-cabang pohon. Pola ini umumnya ditemukan di daerah dengan batuan sejenis dan penyebarannya luas. Pola aliran dendritik memiliki tekstur/kepadatan sungai yang dikontrol oleh jenis batuan, dimana sistem pengaliran sungai yang mengalir pada batuan yang tidak resisten akan membentuk pola jaringan sungai yang rapat (bertekstur halus) dan batuan yang resisten akan membentuk pola pengaliran dengan tekstur kasar.
- f. Annular
Pola aliran annular menunjukkan arah aliran sungai yang terpecah dari titik tertinggi ke arah hilir dan menyatu di satu titik.

g. **Multibasinal**

Pola aliran sungai multibasinal disebut juga dengan pola aliran memusat. Pola ini biasanya ditemukan di daerah cekungan. Pola multibasinal dicirikan dengan bentuk yang memusat pada suatu lahan tertentu.

Sumber : (Lihawa, 2017)

Orde sungai merupakan posisi atau urutan percabangan alur sungai terhadap sungai utama/induk sungai di dalam suatu daerah aliran sungai (DAS). Metode yang sering digunakan untuk menentukan orde sungai adalah Metode Strahler. Metode Strahler menyatakan orde 1 sebagai alur sungai paling hulu dan tidak memiliki cabang. Pertemuan antara dua orde satu dalam satu segmen cabang sungai disebut sebagai orde dua. Pertemuan antara dua buah orde dua disebut orde 3 dan dua buah orde tiga dalam satu segmen sungai disebut sebagai orde 4. Berdasarkan penomoran orde sungai, maka dapat diperoleh angka indeks yang menyatakan rasio percabangan sungai (*bifurcation ratio*). Rasio cabang sungai dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$R_b = \frac{N_u}{N_{u+1}} \quad \dots (2.3)$$

Sedangkan rata-rata rasio cabang sungai dalam suatu DAS dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$WR_b = \frac{\sum R_{b_{u/u+1}} \times N_u(N_u + N_{u+1})}{N_u} \quad \dots (2.4)$$

Keterangan :

WR_b = *Bifurcation Ratio* (Rasio Cabang Sungai)

$R_{b_{u/u+1}}$ = Rasio cabang sungai ke u dan u+1

N_u = Jumlah orde ke u

N_{u+1} = Jumlah orde ke u+1

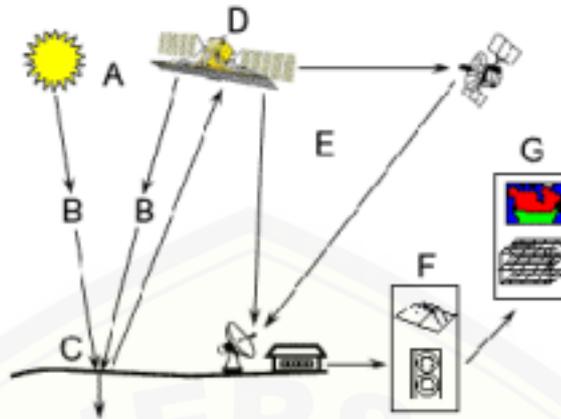
Sumber : (Hutagaol, 2019)

2.6 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh merupakan ilmu pengetahuan yang digunakan untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, daerah, atau gejala dengan cara menganalisis objek tersebut dengan memanfaatkan suatu alat tanpa kontak

langsung dengan objek, daerah, atau gejala tersebut (Lillesand et al., 2004). Penginderaan jauh dimulai pada saat proses perekaman objek yang ada di permukaan bumi dengan menggunakan tenaga penghubung. Tenaga penghubung ini yang membawa data mengenai objek tersebut ke sensor berupa bunyi, daya magnetik, gaya berat, atau elektromagnetik. Sumber tenaga dalam penginderaan jauh dibagi menjadi dua jenis, yaitu sumber tenaga alam dan sumber tenaga buatan. Sumber tenaga alam yang paling banyak digunakan dalam penginderaan jauh adalah matahari, sedangkan sumber tenaga buatan yang digunakan dalam penginderaan jauh adalah radar maupun lidar.

Berdasarkan sumber tenaga elektromagnetik yang digunakan, ada dua sistem penginderaan jauh yaitu sistem pasif dan sistem aktif. Sistem pasif menggunakan cahaya matahari sebagai sumber gelombang elektromagnetiknya, sedangkan sistem aktif menggunakan pemancar gelombang radar sebagai sumbernya. Prinsip kerja penginderaan jauh sistem pasif yakni ketika cahaya matahari mengenai objek di permukaan bumi maka sebagian akan diserap dan sebagian lainnya akan dipancarkan kembali oleh objek tersebut sehingga sensor dapat menangkap gelombang elektromagnetik yang berasal dari objek di permukaan bumi (Muhlis et al., 2020). Sistem penginderaan jauh sistem aktif menggunakan energi yang berasal dari sensor itu sendiri sehingga sering dikenal juga sebagai sensor aktif. Radiasi yang dipantulkan oleh objek akan terdeteksi oleh sensor. Keunggulan dari sensor aktif adalah tidak terpengaruh oleh waktu siang dan malam. Sensor aktif bekerja pada daerah gelombang mikro atau gelombang radar. Gelombang radar ini tidak berinteraksi dengan awan sehingga penginderaan jauh menggunakan gelombang radar dapat menghindari gangguan akibat adanya awan atau tidak dipengaruhi oleh cuaca. *Synthetic Aperture Radar* (SAR) merupakan contoh dari penginderaan jauh sistem aktif (sensor aktif) (CCRS, 2014). Ilustrasi tentang sensor pasif dan aktif ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Proses Penginderaan Jauh (CCRS, (2014))

Berdasarkan Gambar 2.5, proses penginderaan jauh dijelaskan pada Tabel 2.3 sebagai berikut.

Tabel 2.3 Proses Penginderaan jauh

Bagian	Keterangan	Fungsi
A	Sumber Energi	Sumber energi merupakan syarat utama dalam kegiatan penginderaan jauh. Sumber energi yang digunakan harus memiliki energi elektromagnetik didalamnya.
B	Radiasi dan Atmosfer	Interaksi dengan atmosfer terjadi ketika sumber memancarkan energi ke objek atau target yang disebut dengan radiasi.
C	Interaksi dengan Target	Energi yang dipancarkan dari sumber menuju objek/target akan mengalami interaksi berdasarkan sifat target dan radiasinya.
D	Perekaman Energi oleh Sensor	Energi yang telah dipancarkan maupun dihamburkan kembali dari objek/target di bumi kemudian akan dikumpulkan dan direkam oleh sensor.
E	Transmisi, Penerimaan, dan Pemrosesan Data	Energi yang terekam oleh sensor kemudian akan dipancarkan kembali menuju stasiun penerimaan dan perekaman untuk diproses menjadi sebuah citra digital.
F	Interpretasi dan Analisis	Citra digital yang telah diproses kemudian akan diinterpretasi baik secara visual maupun digital untuk memperoleh informasi mengenai objek/target tersebut.
G	Aplikasi atau Pemanfaatan	Hasil dari proses penginderaan jauh kemudian dapat digunakan dalam berbagai bidang.

Sumber : (CCRS, 2014).

Penginderaan jauh telah dilakukan sebelumnya dengan memanfaatkan sarana pesawat udara sebelum pada saat ini penginderaan jauh telah dilakukan melalui satelit. Penginderaan jauh secara konvensional memiliki beberapa kelemahan, diantaranya memiliki jangka waktu penerbangan yang terbatas dan data yang diperoleh kurang akurat apabila berada pada ketinggian tertentu dengan kondisi tertutup awan tebal. Kelemahan-kelemahan dari data penginderaan jauh secara konvensional dapat di minimalisir dengan menggunakan penginderaan jauh melalui satelit. Keunggulan daripada penggunaan satelit yakni jangkauannya lebih luas dan dapat dipasang sepanjang masa. Satelit penginderaan jauh dapat dengan mudah mengamati suatu wilayah atau daerah yang berada di bumi selama 24 jam karena penempatan satelit berada di lokasi yang tinggi di ruang angkasa (Hanafi, 2011).

2.7 RADAR

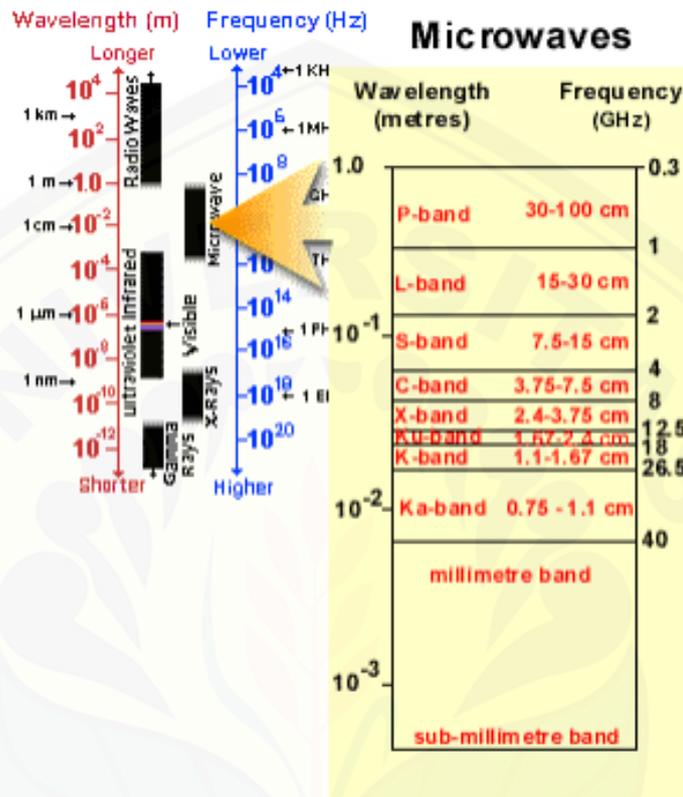
RADAR (*Radio Detection and Ranging*) dikembangkan sebagai alat yang digunakan di bidang penginderaan jauh dengan menggunakan gelombang mikro untuk mendeteksi keberadaan suatu objek dan menentukan jarak serta posisi sudut objek tersebut (Lillesand et al., 2004). Radar merupakan penginderaan jauh sistem aktif yang memiliki sumber energi sendiri yang dibangkitkan dari sensor dengan energi elektromagnetik yang menyinari permukaan bumi dan dipantulkan kembali oleh objek tersebut yang kemudian direkam sebagai sebuah citra (Sabins, 1997). Menurut Parker, (2010), bahwa gelombang radio akan memantulkan frekuensi yang berbeda dan akan terdeteksi oleh sistem radar. Sistem radar memiliki frekuensi dan panjang gelombang yang berbeda di setiap bandnya ditunjukkan pada Tabel 2.4

Tabel 2.4 Frekuensi Band Radar

Radar Band	Frequency (GHz)	Wavelength (cm)
Millimeter	40 – 100	0,30 – 0,75
Ka	26,5 – 40	0,75 – 1,1
K	18 – 26,5	1,1 – 1,7
Ku	12,5 – 18	1,7 – 2,4
X	8 – 12,5	2,4 – 3,75
C	4 -8	3,75 – 7,5
S	2 – 4	7,5 – 15

Radar Band	Frequency (GHz)	Wavelength (cm)
L	1 – 2	15 – 30
P	0,3 – 1	30 – 100

Sumber : (Parker, 2010).

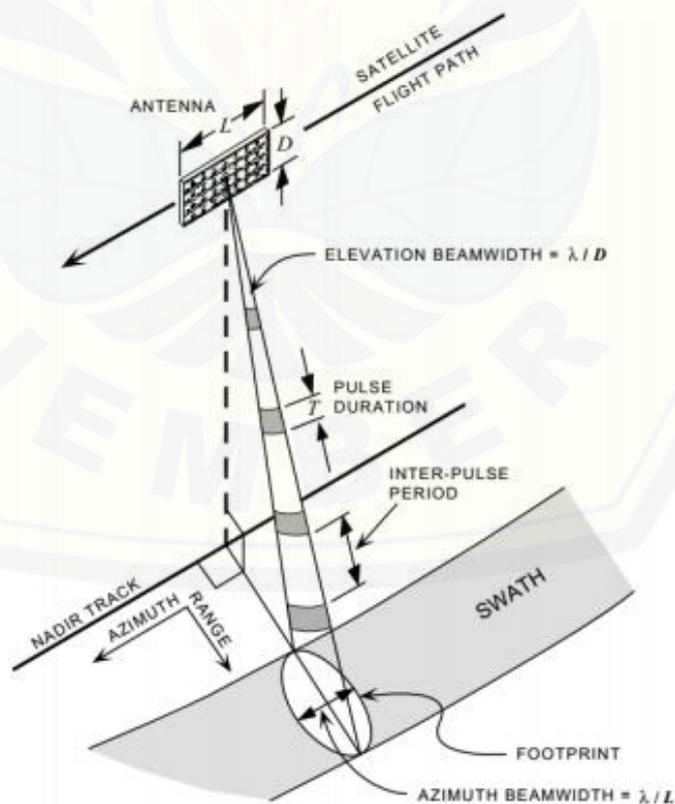


Gambar 2.6 Frekuensi dan Panjang Gelombang Band dari Gelombang Mikro (CCRS, (2014))

Sistem penginderaan jauh radar mengindera ke arah amping (*side looking*) tegak lurus terhadap arah terbangnya wahana dengan memancarkan pulsa untuk merekam objek yang kemudian akan diterima kembali sebagai hamburan balik (*backscatter*). Jarak objek terhadap sensor dapat diketahui berdasarkan waktu perjalanan pulsa radar tersebut. Teknik perekaman menyamping menyebabkan geometri dari pencitraan sistem radar berbeda dengan sistem optis. Kelebihan dari sistem radar dibanding sistem optis yakni, kemampuan sistem radar yang dapat menembus awan dan di semua kondisi cuaca. Radar yang merupakan sensor aktif memiliki kelebihan yaitu dapat mengindera baik siang hari maupun malam hari (CCRS, 2014).

2.8 SAR

SAR (*Synthetic Aperture Radar*) biasanya digunakan untuk memetakan permukaan tanah dan bentuk medan di bumi. SAR biasanya digunakan di bidang militer dan bidang perniagaan. SAR merupakan salah satu sistem penginderaan jauh non optis yang bersifat aktif. Sistem SAR dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan dari sistem sebelumnya yaitu sistem *Real Aperture Radar* (RAR) yaitu penggunaan antenna pada RAR yang semakin panjang untuk memperoleh resolusi yang semakin tinggi. Metode SAR menghasilkan data citra radar beresolusi tinggi terutama pada resolusi azimut. Resolusi spasial dari sistem radar dipengaruhi oleh radiasi gelombang mikro dan efek geometri, dimana pada metode SAR terdapat dua jenis resolusi spasial yaitu resolusi *range* dan resolusi azimut. Resolusi *range* bergantung pada panjang *pulse* yang dihasilkan oleh sensor radar pada wahana, sedangkan resolusi azimut ditentukan oleh lebar sudut dari radiasi gelombang mikro yang mengindera permukaan bumi dan jarak *slant range* (CCRS, 2014).



Gambar 2.7 *Synthetic Aperture Radar* (Zalite dan Voormansik, (2016))

SAR merupakan sekumpulan piksel dua dimensi dalam arah *slant range* (r) dan azimuth (x). Setiap piksel yang bersesuaian dengan bagian kecil dari permukaan bumi disebut sebagai sel resolusi. Piksel tersebut mempresentasikan sejumlah bilangan kompleks yang berisi informasi fase dan amplitudo dari suatu hamburan balik objek di permukaan bumi. Informasi fase diperoleh dari dua data citra SAR dalam bentuk interferometri, sedangkan informasi amplitudo menunjukkan kemampuan hamburan baliknya (*backscatter*). Resolusi spasial dari SAR dipengaruhi oleh besarnya antena yang digunakan dalam sistem tersebut. Semakin panjang antena yang digunakan, maka sistem SAR akan memberikan resolusi spasial yang semakin baik. Faktor lain yang mempengaruhi resolusi spasial SAR adalah *pulse duration* (τ), *beamwidth* antena (β) dan *look angle* (θ_1) (Feretti et al., 2007).

Tabel 2.5 Frekuensi dan Panjang Gelombang Sistem SAR

<i>Band</i>	<i>Wavelength (cm)</i>	<i>Frequency (GHz)</i>	<i>SAR System</i>
X	3,1	9,6	TanDEM-X, COSMO-Skymed
C	5,6	5,4	Sentinel-1, Radarsat-2
L	23,5	1,3	ALOS PALSAR 2
P	70,0	0,4	BIOMASS

Sumber : (Zalite dan Voormansik, 2016)

2.8.1 Sentinel-1

Satelit Sentinel-1 merupakan satelit pertama yang dirancang dan dikembangkan oleh EC (*European Commission*) dan ESA (*European Space Agency*). Sentinel-1 membawa sensor SAR dalam mengindera permukaan bumi dengan menggunakan C-band dengan frekuensi 5,405 GHz dalam waktu yang singkat dan ketersediaan data yang cepat. C-band SAR memiliki karakteristik yakni dapat beroperasi dalam *single-polarisation* maupun *dual-polarisation* bergantung pada mode pengamatannya. Sentinel-1 memiliki empat mode pengamatan, diantaranya mode *Strip Map* (SM), *Interferometric wide-swath* (IW), *Wave mode* (WV), dan *Extra wide-swath* (EW). Salah satu mode pengamatan dari Sentinel-1 adalah mode *Interferometric Wide-swath* (IW) yang merupakan mode operasional utama di darat. Mode IW menyediakan data level-1 SLC (*Single Look Complex*) dan GRDH (*Ground Range Detected High*) dengan resolusi spasial 5m

x 20 m dan perekaman yang luas sebesar 250 km. Mode IW beroperasi pada dual polarisasi (HH+HV , VV+VH) . Sentinel-1 memiliki dua satelit dengan orbit yang sama yakni Sentinel-1A dan Sentinel-1B. Satelit ini mengemban misi untuk beroperasi selama 7 tahun dan dapat digunakan hingga 12 tahun. Sentinel-1A diluncurkan oleh ESA pada tanggal 3 April 2014 dan disusul oleh Sentinel-1B yang diluncurkan pada 25 April 2016. Masing-masing satelit memiliki resolusi temporal yang sama yakni mampu melakukan *repeat cycle* setiap 12 hari. Misi sentinel-1 digunakan untuk monitoring permukaan bumi (hutan, air, tanah, dan agrikultur), mitigasi bencana alam, monitoring di bidang kelautan, pemetaan tumpahan minyak, dan monitoring perubahan iklim (ESA, 2012).

Tabel 2.6 Karakteristik Satelit Sentinel-1

Parameter	<i>Interferometric wide-swath mode (IW)</i>	<i>Wave mode (WV)</i>	<i>Strip Map mode (SM)</i>	<i>Extra Wide-swath mode (EW)</i>
<i>Polarisation</i>	Dual (HH+HV, VV+VH)	Single (HH,VV)	Dual (HH+HV, VV+VH)	Dual (HH+HV,VV+VH)
<i>Incidence Angle</i>	31 ⁰ - 46 ⁰	23 ⁰ + 37 ⁰ (mid-incidence angle)	20 ⁰ - 47 ⁰	20 ⁰ - 47 ⁰
<i>Azimuth Resolution Ground</i>	20 m	5 m	5 m	40 m
<i>Range Resolution Swath</i>	5 m	5 m	5 m	20 m
<i>Maximum noise-equivalent sigma zero (NESZ)</i>	250 km	20 x 20 km	80 km	410 km
<i>Radiometric Stability</i>	-22 dB	-22 dB	-22 dB	-22 dB
<i>Radiometric Accuracy</i>	0,5 dB	0,5 dB	0,5 dB	0,5 dB
<i>Phase Error</i>	1 dB	1 dB	1 dB	1 dB
	5 ⁰	5 ⁰	5 ⁰	5 ⁰

Sumber : (ESA, 2012).

2.9 Interpretasi Citra Penginderaan Jauh

Interpretasi citra penginderaan jauh dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu interpretasi secara manual dan digital. Interpretasi citra secara manual merupakan pengenalan karakteristik obyek secara keruangan (spasial) yang dilakukan terhadap citra fotografi dan non fotografi yang telah di konversi dan dikoreksi, baik secara radiometrik maupun geometrik. Data penginderaan jauh pada umumnya merupakan data digital yang terdiri dari beberapa piksel, dimana setiap piksel memiliki nilai yang diskrit. Interpretasi citra penginderaan jauh secara digital dilakukan dengan bantuan komputer dalam proses pra-pengolahan (koreksi citra), rekonstruksi citra, penajaman citra, hingga klasifikasi citra. Pra-pengolahan data merupakan proses pengolahan awal yang terdiri dari koreksi radiometrik dan koreksi geometrik terhadap citra. Tujuan dilakukannya koreksi terhadap citra penginderaan jauh agar kesalahan nilai tiap piksel dan kesalahan geometri tiap piksel berkurang dan menjadi kecil sesuai dengan objek di permukaan bumi (Purwadhi dan Sanjoto, 2008).

2.9.1 Koreksi Radiometrik

Radiometrik berhubungan dengan kekuatan sinyal, kondisi atmosfer (serapan, hamburan, dan tutupan awan), dan saluran spektral yang digunakan dalam proses perekaman data. Kesalahan radiometrik atau cacat radiometrik merupakan kesalahan berupa adanya pergeseran nilai (piksel) pada suatu citra. Koreksi radiometrik merupakan kegiatan perbaikan terhadap citra yang cacat dan untuk mengurangi besarnya kesalahan radiometrik pada citra tersebut (Purwadhi dan Sanjoto, 2008). Kesalahan radiometrik biasanya terjadi karena adanya penyimpangan pembacaan akibat gangguan sensor atau atmosfer dan ketidaksesuaian saat dilakukan konversi data (Chander et al., 2009).

2.9.2 Koreksi Geometrik

Geometrik adalah posisi geografis yang berhubungan dengan distribusi keruangan (spasial) dan memuat informasi data yang mengacu pada bumi, baik posisi (sistem koordinat lintang dan bujur) maupun informasi lain yang terkandung didalamnya. Distorsi atau gangguan geometrik terjadi ketika

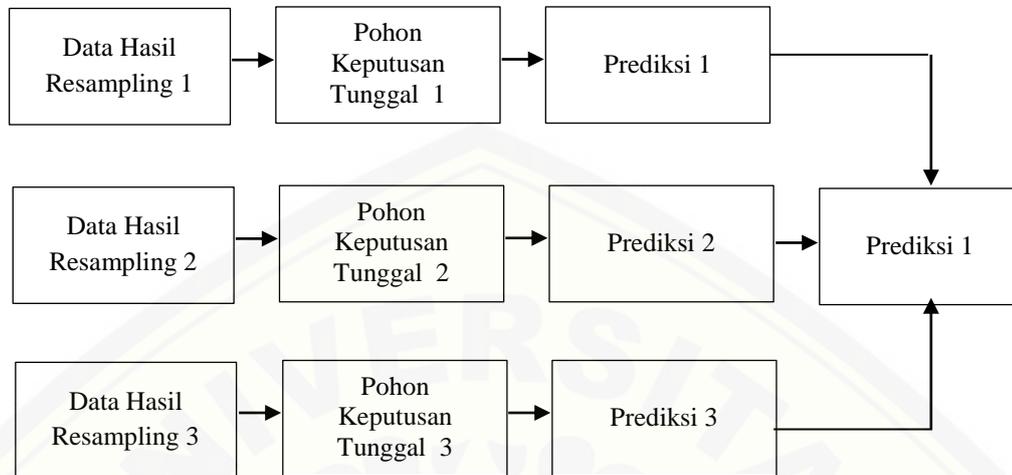
geometrik citra mengalami pergeseran karena orbit satelit sangat tinggi dan medan pandang kecil. Kesalahan geometri biasanya dapat terjadi karena posisi, orbit maupun sikap sensor ketika mengindera bumi dan adanya perbedaan relief atau ketinggian dari permukaan bumi. Kesalahan geometri ini mengakibatkan posisi piksel dari data indera satelit menjadi tidak sesuai dengan posisi (lintang dan bujur) yang sebenarnya di permukaan bumi. Tindakan koreksi geometrik dilakukan untuk rektifikasi (pembetulan) atau restorasi (pemulihan) citra agar koordinat citra sesuai dengan koordinat geografi, meregistrasi (mencocokkan) posisi citra dengan citra lain yang telah terkoreksi, dan menghasilkan citra dengan sistem proyeksi tertentu (Purwadhi dan Sanjoto, 2008).

2.10 Klasifikasi *Random Forest*

Random forest merupakan salah satu metode *ensemble* (kumpulan) dengan model *decision tree* (pohon keputusan) yang sangat populer digunakan dalam klasifikasi dan *clustering*. Metode *ensemble* menghasilkan hasil yang lebih baik dan akurat dibandingkan dengan metode lainnya (Horning, 2010). Klasifikasi *random forest* dibangun berdasarkan kumpulan data pelatihan (*training sample*) yang telah divalidasi untuk menghasilkan nilai respon dari nilai yang telah diprediksi sebelumnya. *Random forest* merupakan metode yang terdiri dari sekumpulan pohon keputusan dimana kumpulan pohon keputusan tersebut digunakan untuk mengklasifikasikan data ke suatu kelas (Janitza et al., 2012).

Random forest merupakan salah satu metode klasifikasi *supervised*. Metode ini menciptakan sebuah hutan (*forest*) dengan sejumlah pohon (*tree*). Secara umum, semakin banyak jumlah pohon pada sebuah hutan, maka hutan tersebut akan semakin terlihat. Metode ini menerapkan adanya pohon, dimana pohon atau sample yang digunakan semakin banyak akan menghasilkan akurasi yang semakin besar. Metode *random forest* menggunakan *information gain* dan *gini index* seperti pada *decision tree* untuk perhitungan dalam membangun *tree*. Pohon dalam metode ini tidak hanya satu, dimana setiap *tree* yang dibangun mengambil sample acak dari *data training* yang digunakan. Proses klasifikasi akan

memberikan voting kelas yang paling populer disetiap *tree* yang dibangun (Han, 2012).



Gambar 2.8 Algoritma Sederhana random Forest (Dhawangkara dan Riksakomara, (2017))

Random forest merupakan metode pengembangan dari metode CART (*Classification and Regression Tree*), yaitu dengan menerapkan metode *bagging* dan *random feature selection*. Metode CART menggunakan algoritma *greedy* dimana *greedy algorithm* ini akan meminimumkan error untuk memilih variabel yang digunakan sebagai pemisah. Hal ini mengakibatkan adanya kesamaan struktur pohon yang dihasilkan sehingga akan menimbulkan korelasi yang tinggi dengan prediktor. Metode *random forest* mengganti algoritma yang digunakan pada metode CART sehingga hasil prediksi dari semua sub pohon akan memiliki korelasi yang kecil (Triscowati et al., 2019).

2.11 Korelasi Pearson

Korelasi atau ukuran hubungan merupakan salah satu cara dalam bidang statistika yang digunakan untuk menunjukkan derajat sejumlah variabel yang bertepatan, bersamaan, atau berkebetulan satu sama lain yang bersifat kuantitatif. Korelasi memiliki arti sebagai suatu hubungan sebab akibat antara dua buah kejadian atau menunjukkan keeratan hubungan antara dua buah variabel. Koefisien korelasi memiliki nilai tunggal yang menginformasikan seberapa besar hubungan antar variabel tersebut, yaitu positif, negatif atau tidak berkorelasi. Dua

variabel berkorelasi positif apabila terjadi kenaikan variabel pertama yang diikuti dengan kenaikan pada variabel kedua, sedangkan dua variabel yang berkorelasi negatif memiliki karakteristik yaitu terjadi kenaikan pada variabel pertama tetapi pada variabel kedua terjadi penurunan. Nilai koefisien korelasi positif berkisar antara 0 sampai 1, sedangkan pada korelasi negatif berkisar antara 0 sampai -1 (Komputer, 2009).

Tabel 2.7 Ukuran Umum Korelasi

Interval Koefisien	Tingkatan Hubungan
0,00 – 0,19	Hubungan korelasinya sangat rendah
0,20 – 0,39	Hubungan korelasinya rendah
0,40 – 0,59	Hubungan korelasinya sangat sedang
0,60 – 0,79	Hubungan korelasinya kuat
0,80 – 1,00	Hubungan korelasinya sangat kuat

Sumber : (Morissan, 2016)

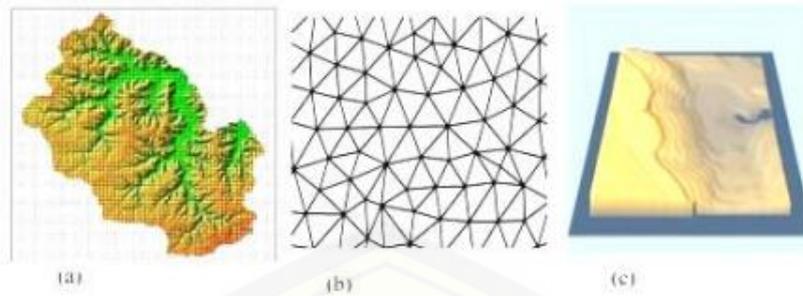
Salah satu metode untuk mengetahui derajat hubungan antar variabel atau untuk mengetahui korelasi antar variabel yaitu korelasi pearson atau korelasi produk momen yang dikemukakan pertama kali oleh Karl Pearson. Korelasi pearson disimbolkan dengan huruf r , dimana koefisien korelasi ini digunakan untuk mengukur derajat dan arah hubungan linear antara dua variabel. Derajat hubungan memiliki nilai yang bervariasi antara $-1,00$ sampai $+1,00$ dengan nilai terendah yang dimiliki oleh r adalah $0,00$ yang artinya tidak ada hubungan apapun antara kedua variabel tersebut. Karakteristik dari nilai koefisien pearson yaitu nilai r tidak mungkin bernilai satu dan tidak mungkin bernilai nol. r bernilai satu akan terjadi pada korelasi terhadap variabel itu sendiri (X terhadap X). Suatu hubungan r pearson memuat dua buah informasi, yaitu suatu perkiraan dari kekuatan hubungan yang ditunjukkan oleh angka dan suatu pernyataan mengenai arah hubungan yang ditunjukkan oleh tanda (Morissan, 2016). Untuk menghitung hubungan yang dinyatakan melalui korelasi koefisien pearson digunakan rumus sebagai berikut :

$$r = \frac{\sum XY - \frac{(\sum X)(\sum Y)}{n}}{\sqrt{\left(\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}\right)\left(\sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n}\right)}} \quad \dots (2.5)$$

2.12 Digital Elevation Model (DEM)

Digital Elevation Model (DEM) menunjukkan ketinggian permukaan bumi yang disajikan dalam bentuk digital berdasarkan beberapa acuan datum. DEM digunakan untuk menunjukkan topografi permukaan bumi atau medan suatu wilayah, seperti ketinggian di titik tertentu dan kemiringan lahan yang kemudian di representasikan kedalam tampilan 3D (tiga dimensi). Pola pengaliran suatu daerah aliran sungai (DAS) juga dapat diketahui dengan menggunakan data DEM. DEM digunakan untuk analisis di bidang hidrologi dan geologi, pemantauan bahaya, eksplorasi, maupun pemeliharaan di bidang pertanian. DEM terbentuk dari titik yang memiliki koordinat X, Y, dan Z. Kualitas suatu DEM dapat diketahui berdasarkan nilai akurasi dan presisi dari DEM tersebut. Tingkat akurasi suatu DEM diperoleh berdasarkan nilai ketinggian titik (Z) yang ditunjukkan dalam DEM tersebut, sedangkan tingkat presisi suatu DEM adalah banyaknya informasi yang diberikan oleh DEM tersebut. (Balasubramanian, 2017).

DEM dapat ditunjukkan sebagai data raster maupun vektor. Data DEM yang direpresentasikan dalam bentuk vektor disebut sebagai TIN (*Triangular Irregular Network*) DEM sedangkan data raster dengan struktur grid. *Gridded* DEM (GDEM) berisi informasi ketinggian di setiap gridnya. Grid atau *lattice* merupakan sebuah bidang segitiga, segiempat, atau bujur sangkar, dimana pemilihannya berdasarkan ukuran daerah penelitian dan kemampuan dari komputer yang akan digunakan. Akurasi GDEM dipengaruhi oleh ukuran data berdasarkan ukuran grid nya. DEM dengan struktur TIN memberikan informasi spasial yang bermacam-macam. TIN merupakan rangkaian segitiga tidak tumpang tindih pada ruang tak beraturan dengan menggunakan koordinat x, y, dan z sebagai data elevasi. Struktur kontur menunjukkan ketinggian setiap titik berdasarkan acuan datum MSL (*Mean Sea Level*). Kontur diperoleh dari hasil digitasi garis kontur dalam format DLGs (*Digital Line Graphs* koordinat (x,y)). Kontur digunakan untuk menampilkan permukaan bumi dan ditunjukkan dengan simbol garis (Balasubramanian, 2017).



Gambar 2.9 Tipe Struktur DEM (a) Gridded DEM (b) TIN DEM (c) Contour DEM
(Balasubramanian, (2017))

2.12.1 ASTER Global DEM

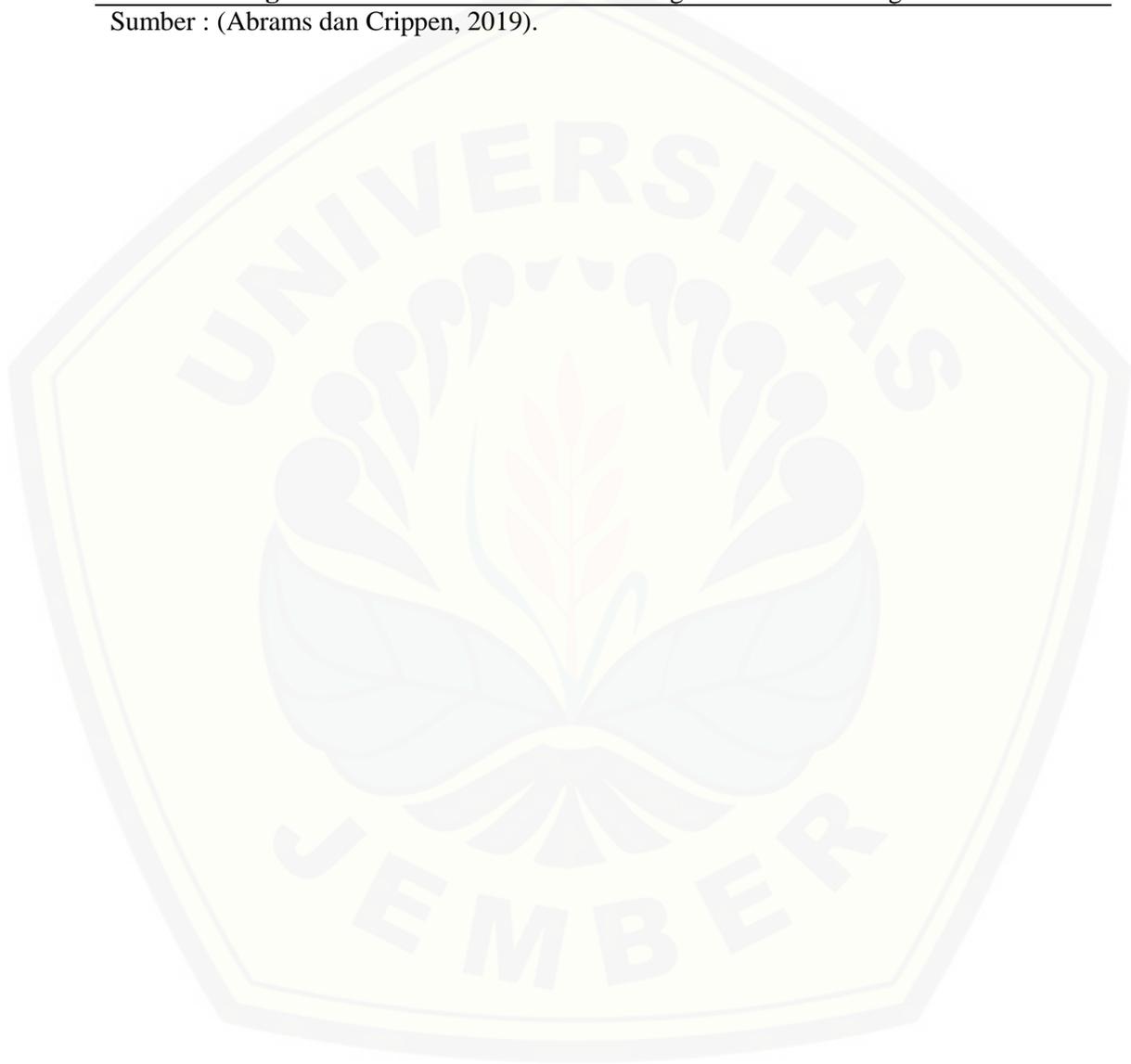
The Advance Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) merupakan sebuah instrumen yang memiliki 15 kanal pencitraan Terra yang merupakan satelit unggulan NASA *Earth Observing System* (EOS) yang diluncurkan pada 18 Desember 1999 di Vandenberg Air Force base, California, USA. Data ASTER digunakan untuk pembuatan peta topografi, seperti suhu permukaan tanah, pantulan, dan elevasi. Data citra ASTER digunakan dalam beragam area aplikasi yang berhubungan dengan perubahan global (vegetasi dan ekosistem), pemantauan bencana, geologi dan tanah, klimatologi permukaan tanah, hidrologi, perubahan tutupan lahan, dan *Digital Elevation Model* (DEM).

ASTER GDEM memiliki resolusi spasial yang tinggi dengan ketersediaan data topografi yang lengkap. Data ASTER GDEM disajikan dalam bentuk GeoTiff dengan resolusi 1 arc-second (30 m) dengan acuan WGS84 ellipsoid. ASTER GDEM Versi 1 diluncurkan pada 29 Juni 2009 oleh Ministry of Economy, Trade, and Industry (METI) dan NASA. ASTER GDEM versi 2 dirilis pada bulan Oktober 2011 untuk melengkapi keterbatasan data pada ASTER GDEM versi 1. ASTER GDEM versi 3 dirilis oleh METI dan NASA pada tahun 2016. Versi 3 dirilis untuk melengkapi kekurangan pada versi 2, dimana pada versi 2 terdapat area yang kosong dan adanya peningkatan proses pada data citra. Versi 3 lebih baik dibandingkan versi 2 yakni dapat mengidentifikasi adanya badan air seperti, sungai, teluk, danau, dan laut (Abrams dan Crippen, 2019)

Tabel 2.8 Karakteristik Data ASTER GDEM V3

Ukuran Tile	3601 x 3601 (1 degree by 1 degree)
Interval	1 arc-second (30 m)
Koordinat	Geographic latitude dan longitude
Format output DEM	DEM : GeoTiff, Signed 16 bit NUM : Geotiff , Unsigned 8 bit
Ellipsoid/Geoid	WGS84/EGM96 Geoid
Coverage	North 83 degrees to south 83 degrees

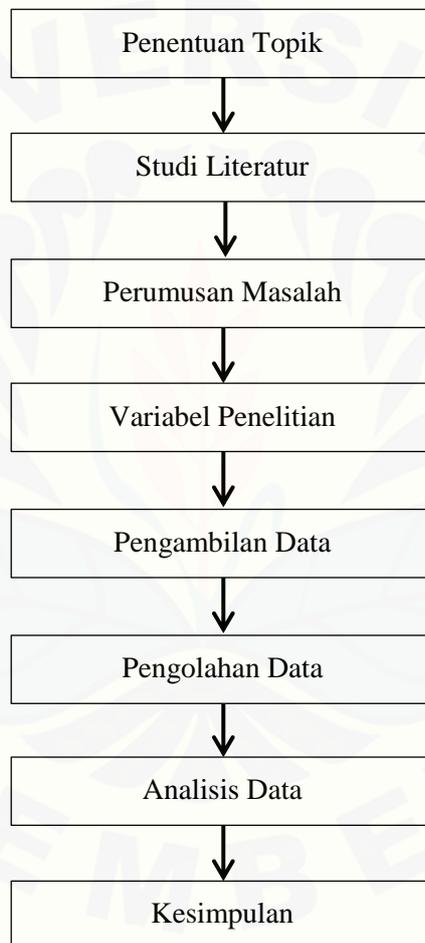
Sumber : (Abrams dan Crippen, 2019).



BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian merupakan desain perencanaan yang dapat dijadikan sebagai panduan oleh peneliti dalam melaksanakan rangkaian kegiatan penelitian. Skema rancangan penelitian yang akan dilakukan ditampilkan dalam bentuk *flow chart* sebagai berikut .



Gambar 3.1 Diagram Alir Rancangan Penelitian

Langkah pertama yang dilakukan dalam penelitian adalah penentuan topik. Topik yang dibahas dalam penelitian ini adalah pemetaan distribusi banjir dan keterkaitannya dengan faktor kemiringan lereng, ketinggian wilayah, dan pola aliran sungai dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh. Studi literatur selanjutnya dilakukan sesuai dengan topik terkait dengan mempelajari penelitian-

penelitian sebelumnya. Terdapat tiga permasalahan yakni mengenai distribusi genangan banjir di Kabupaten Tangerang, analisis kemiringan dan ketinggian wilayah terhadap genangan, dan keterkaitan pola aliran sungai terhadap peristiwa banjir. Langkah selanjutnya adalah penentuan variabel-variabel penelitian dan kemudian dilakukan pengambilan data. Penelitian ini memanfaatkan data penginderaan jauh sebagai data input, dimana data yang digunakan dalam penelitian adalah data citra radar Sentinel-1A, data DEM dari citra ASTER GDEM versi 3, batas administrasi wilayah Kabupaten Tangerang, dan peta DAS Kabupaten Tangerang. Data radar Sentinel-1A digunakan sebagai data *pre-flood* dan *post-flood* untuk mengetahui distribusi genangan di Kabupaten Tangerang, sedangkan data DEM dari citra ASTER GDEM v3 digunakan untuk memperoleh data topografi kemiringan dan ketinggian wilayah serta pola aliran sungai di Kabupaten Tangerang. Data yang diperoleh selanjutnya diolah dan diklasifikasikan. Selanjutnya data diinterpretasi dan dianalisis untuk mendapatkan hubungan distribusi genangan banjir terhadap faktor topografi (kemiringan lereng, ketinggian wilayah, dan pola aliran sungai) Kabupaten Tangerang. Rangkaian penelitian kemudian dikemas secara sistematis dalam bentuk karya ilmiah tertulis dan dapat dipertanggung jawabkan dalam bentuk laporan tugas akhir.

3.2 Jenis dan Sumber Data

Jenis data yang digunakan merupakan data kuantitatif. Data kuantitatif dalam penelitian ini berupa luas genangan banjir di Kabupaten Tangerang. Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder, dimana data sekunder adalah data penelitian yang diperoleh secara tidak langsung atau melalui perantara. Data sekunder dalam penelitian ini diantaranya citra radar Sentinel-1A diperoleh dari web *Copernicus Open Access Hub* milik *European Space Agency* (ESA), data DEM dari citra ASTER GDEM V3 diperoleh dari web portal *Earthdata Search* milik *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), batas administrasi Kabupaten Tangerang dari web *Ina-geoportal* milik Badan Informasi Geospasial (BIG), dan peta daerah aliran sungai Kabupaten

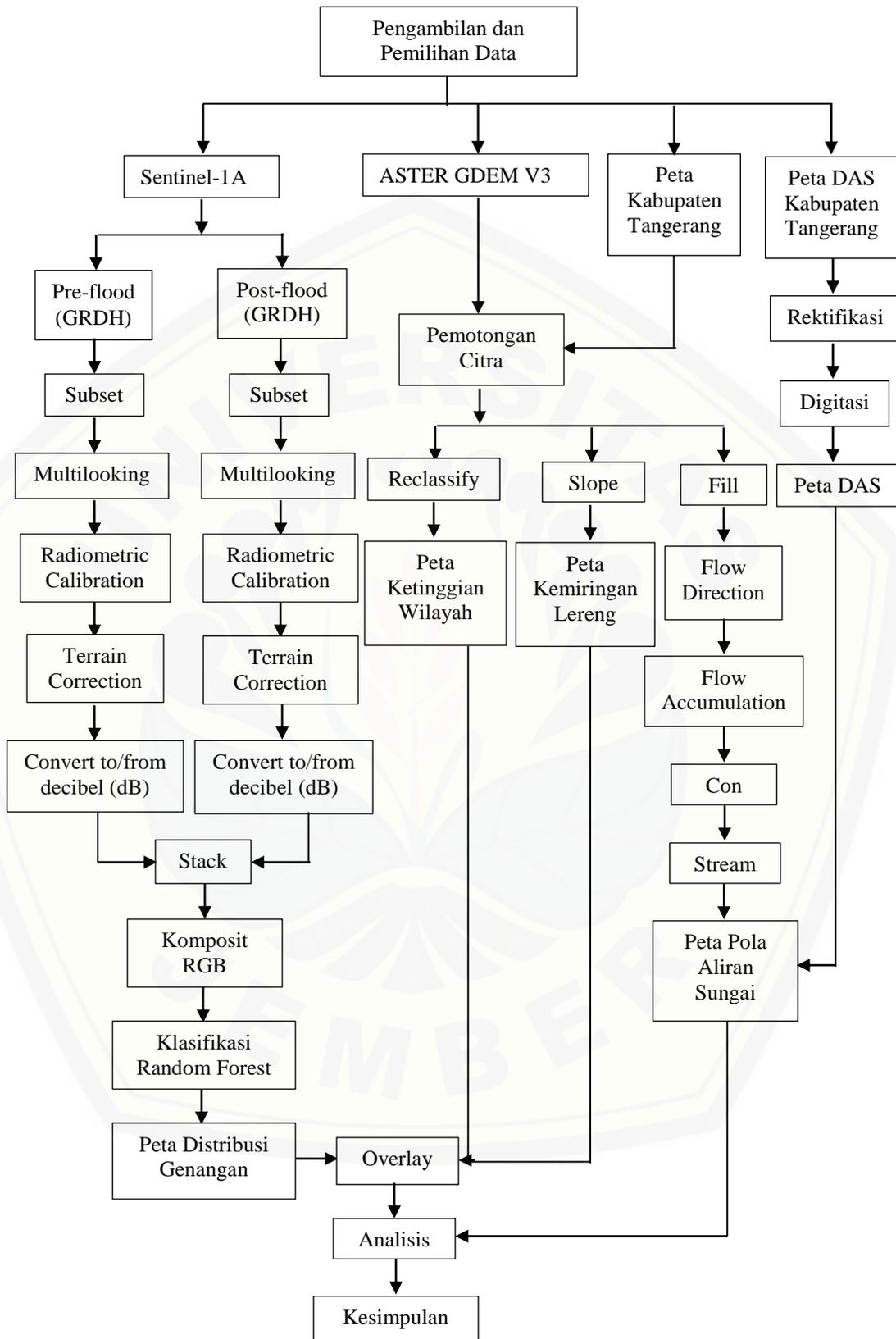
Tangerang milik Badan Lingkungan Hidup dan Kehutanan Daerah Kabupaten Tangerang.

3.3 Definisi Operasional Variabel

Variabel dalam penelitian ini meliputi variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi atau sebagai sebab timbulnya variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah data radar sentinel-1A *pre-flood* dan *post flood*, data DEM dari ASTER GDEM v3, batas administrasi wilayah Kabupaten Tangerang, dan peta daerah aliran sungai Kabupaten Tangerang. Variabel terikat merupakan variabel yang muncul karena dipengaruhi oleh adanya variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini yakni peta distribusi genangan hasil olahan data *pre-flood* dan *post-flood* serta peta ketinggian wilayah, kemiringan lereng, dan pola aliran sungai hasil olahan dari data DEM.

3.4 Kerangka Pemecahan Masalah

Kerangka pemecahan masalah dalam penelitian ini menjelaskan alur dari data sebelum diolah hingga menghasilkan informasi yang ditunjukkan pada *flow chart* sebagai berikut :



Gambar 3.2 Kerangka Pemecahan Masalah

3.5 Prosedur Penelitian

Berdasarkan pada Gambar 3.2 prosedur penelitian yang memuat tentang tahapan-tahapan yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

3.5.1 Tahap Persiapan

Tahap persiapan merupakan tahapan awal dalam penelitian meliputi pengambilan data radar Sentinel-1A, data ASTER GDEM V3, data batas administrasi Kabupaten Tangerang, dan peta daerah aliran sungai Kabupaten Tangerang. Data radar Sentinel-1 diperoleh dari web portal *Copernicus Open Access Hub* dengan tipe GRD (*Ground Range Detector*) sensor mode IW (*Interferometric Wide-swath*) *dual polarization* (VV+VH) dengan arah terbang *ascending* akuisisi 21 Desember 2019 dan 02 Januari 2020. Data ASTER GDEM V3 diperoleh dari web portal *Earthdata Search* milik NASA. Batas administrasi Kabupaten Tangerang diperoleh dari web BIG Ina-geoportal dalam bentuk *shapefile*. Peta daerah aliran sungai Kabupaten Tangerang diperoleh dari web DLHK (Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan) Kabupaten Tangerang.

3.5.2 Tahap Pengolahan Digital

Proses pengolahan pada citra Sentinel-1 digolongkan dalam interpretasi citra penginderaan jauh secara digital dan dilakukan melalui dua tahapan, yaitu tahapan pra-pemrosesan dan tahapan pemrosesan. **Tahapan pra-pemrosesan** meliputi proses *subset* citra, *multilooking*, kalibrasi radiometrik, kalibrasi geometrik, dan *linear to/from dB*. **Tahap pemrosesan** meliputi tahap *stacking* (penggabungan citra *pre-flood* dan *post-flood*), komposit RGB, dan klasifikasi *random forest* yang selanjutnya akan diperoleh distribusi genangan. Pengolahan data radar Sentinel-1 dilakukan menggunakan *software* SNAP, sedangkan peta distribusi genangan diperoleh dengan bantuan *software* ArcGIS 10.3.

Tahap awal pengolahan citra yakni proses *subset* atau pemotongan citra yang bertujuan untuk membatasi cakupan wilayah penelitian. *Multilooking* dilakukan bertujuan untuk mengurangi bintik-bintik (*speckle*) dan dimensi citra untuk mempercepat waktu pemrosesan. Kalibrasi radiometrik merupakan proses pengolahan citra untuk memperoleh nilai *backscatter sigma naught*. *Sigma naught*

adalah koefisien yang diperoleh dari koreksi *backscatter* komponen citra yang sensitif terhadap topografi wilayah. Proses selanjutnya adalah koreksi geometri yang bertujuan untuk menyesuaikan koordinat citra terhadap sistem koordinat bumi. Koreksi geometrik yang dilakukan yakni *range-doppler terrain correction* yang bertujuan untuk mengubah geometri citra Sentinel-1 yang sebelumnya dalam geometri radar menjadi sistem koordinat bumi sehingga sesuai dengan koordinat di lapangan. Selanjutnya yakni *Linear to/from dB* yang dilakukan untuk mengkonversi nilai *backscatter sigma naught* (hamburan balik) menjadi satuan *decible* (dB).

Tahap pemrosesan dimulai dengan menggabungkan citra *pre-flood* dan *post-flood* menggunakan *stack tools* di *software* SNAP untuk menyatukan citra 21 Desember 2019 dan 02 Januari 2020 menjadi satu citra. Citra hasil *stacking* selanjutnya dikomposit ke RGB yang bertujuan untuk mempermudah dalam membedakan antara badan air permanen, area non banjir dan area banjir. Hasil RGB menunjukkan beberapa warna yang kemudian diklasifikasikan kedalam dua kategori, yaitu banjir dan non banjir menggunakan klasifikasi *supervised random forest*. Citra Sentinel-1 hasil pengolahan dari *software* SNAP kemudian dilakukan *reclassify* dengan menggunakan *software* ArcGIS untuk mengubah format citra yang sebelumnya dalam bentuk raster menjadi poligon. Poligon genangan kemudian ditumpang tindih (*overlay*) dengan batas wilayah penelitian sehingga diperoleh luas genangan banjir di tiap kecamatan pada wilayah penelitian.

Proses pengolahan untuk menghasilkan peta kemiringan lereng, ketinggian wilayah, dan pola aliran sungai merupakan hasil ekstraksi dari data ASTER GDEM V3. Citra ASTER GDEM V3 dipotong berdasarkan batas administrasi wilayah penelitian. DEM yang telah dipotong kemudian dilakukan analisis spasial / analisis keruangan berdasarkan *slope* untuk memperoleh peta kemiringan lereng, dan analisis spasial berdasarkan hidrologi untuk mendapatkan pola aliran sungai. Data DEM berisikan topografi yang merupakan data elevasi, sehingga untuk memperoleh peta ketinggian wilayah dilakukakan *reclassify* berdasarkan kelas ketinggian dengan interval 5 meter. Metode *overlay* (tumpang-susun) diterapkan terhadap data ketinggian dan kemiringan lereng dengan data distribusi genangan.

Analisis hubungan faktor topografi terhadap luas genangan diketahui berdasarkan kelerengan dan elevasinya dan tingkat korelasi antar kedua variabel diketahui berdasarkan nilai koefisien pearson (r).

Pengolahan hidrologi yang dilakukan meliputi tahapan *fill*, *flow direction*, *flow accumulation*, *con*, dan *stream*. Tahap *fill* dilakukan untuk mengisi sel-sel (piksel) yang kosong. Fungsi *fill* bertujuan untuk memodifikasi nilai sel yang memiliki ketinggian lebih tinggi daripada sel lainnya, sehingga air yang terperangkap dapat mengalir. *Flow direction* dilakukan untuk mendapatkan arah aliran berdasarkan grid dari DEM tersebut. Tahap ini diperoleh nilai setiap sel yang menunjukkan kelerengan dari tiap sel. *Flow accumulation* menunjukkan hasil akumulasi aliran setiap sel dengan mengakumulasikan berat setiap sel yang mengalir ke hulu. Hasil dari *flow accumulation* yakni berupa jaringan aliran sungai. Tahap *con* dilakukan untuk menentukan *threshold* pada jaringan aliran sungai dari hasil *flow accumulation*. Selanjutnya diterapkan *stream order* untuk menunjukkan orde setiap jaringan aliran sungai dengan metode Strahler. Peta daerah aliran sungai Kabupaten Tangerang yang diperoleh dari DLHK selanjutnya dilakukan rektifikasi (*georeferencing*) untuk menyelaraskan data spasial pada peta menjadi koordinat yang tepat. Setelah dilakukan proses rektifikasi, maka dilakukan digitasi untuk memperoleh poligon batas daerah aliran sungai (DAS) wilayah penelitian.

3.5.3 Analisis Data

Analisis data yang diterapkan terhadap data radar Sentinel-1 yaitu menggunakan klasifikasi *random forest* untuk memperoleh peta distribusi genangan di Kabupaten Tangerang berdasarkan kejadian bencana banjir di bulan Januari 2020. Klasifikasi *Random Forest* diterapkan terhadap citra yang telah dilakukan komposit band RGB yang ditunjukkan pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Komposit Band RGB

Band	Citra
Red	<i>Sigma naught citra pre-flood</i>
Green	<i>Sigma naught citra post-flood</i>
Blue	<i>Sigma naught citra post-flood</i>

Hasil klasifikasi *random forest* berupa area banjir ditunjukkan dengan warna merah, area tidak banjir berwarna abu-abu, sedangkan badan air permanen ditunjukkan dengan warna hitam gelap. Tingkat ketelitian setiap kelas hasil dari klasifikasi *random forest* dapat digunakan uji akurasi dengan menerapkan *confusion matrix* yang didefinisikan sebagai berikut :

$$\text{Akurasi} = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad \dots (3.1)$$

$$\text{Presisi} = \frac{TP}{TP+FP} \quad \dots (3.2)$$

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP+FN} \quad \dots (3.3)$$

$$\text{Error Rate} = \frac{FP+FN}{TP+TN+FP+FN} \quad \dots (3.4)$$

Keterangan :

TP = Jumlah kelas positif yang tepat diprediksi sebagai positif

FP = Jumlah kelas positif yang salah diprediksi sebagai negatif

TN = Jumlah kelas negatif yang tepat diprediksi sebagai negatif

FN = Jumlah kelas negatif yang salah diprediksi sebagai positif

Sumber : (Denis, 2019)

Analisa spasial/keruangan dilakukan terhadap citra ASTER GDEM v3 sehingga diperoleh peta topografi wilayah Kabupaten Tangerang, meliputi peta kemiringan lereng, peta ketinggian wilayah, dan peta pola aliran sungai. Analisis secara deskriptif kuantitatif selanjutnya diterapkan dalam penelitian ini untuk menganalisa hubungan kemiringan lereng, ketinggian wilayah, dan pola aliran sungai terhadap distribusi genangan banjir. Peta kemiringan lereng diperoleh setelah melakukan klasifikasi kemiringan lereng seperti ditunjukkan pada Tabel 3.4, sedangkan peta ketinggian wilayah diperoleh setelah melakukan klasifikasi terhadap data DEM seperti ditunjukkan pada Tabel 3.5. Daerah yang rendah dan memiliki kelerengan datar akan memiliki potensi terjadi bencana banjir semakin besar. Sedangkan, untuk mengetahui tingkat korelasi antara dua variabel diketahui dengan menerapkan analisis *pearson (r)* yang dinyatakan berdasarkan nilai koefisien (*r*). Keeratan hubungan antara dua variabel berdasarkan nilai koefisien korelasinya dapat dilihat pada Tabel 3.2.

$$r = \frac{\sum XY - \frac{(\sum X)(\sum Y)}{n}}{\sqrt{\left(\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}\right)\left(\sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n}\right)}} \quad \dots (3.5)$$

Keterangan :

r = Koefisien Korelasi

X = Variabel X

Y = Variabel Y

n = Banyak Sampel

Tabel 3.2 Analisis Koefisien Korelasi Pearson

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,00 – 0,19	Hubungan korelasinya sangat rendah
0,20 – 0,39	Hubungan korelasinya rendah
0,40 – 0,59	Hubungan korelasinya sangat sedang
0,60 – 0,79	Hubungan korelasinya kuat
0,80 – 1,00	Hubungan korelasinya sangat kuat

Sumber : (Morissan, 2016)

Tabel 3.3 Klasifikasi Kemiringan Lereng

Kelas	Kemiringan Lereng (%)
Datar	< 8
Landai	8 – 15
Agak Curam	15 – 25
Curam	25 – 40
Sangat Curam	> 40

Sumber : (Peraturan Dirjen No P.4/V-SET/2013)

Tabel 3.4 Klasifikasi Ketinggian Wilayah

No	Ketinggian Wilayah (mdpal)
1	<5
2	5-10
3	10 - 15
4	15 - 20
5	20 - 25
6	25 - 30
7	30 - 35
8	35 - 40
9	>40

(Sumber : Hasil Pengolahan)

Aspek morfometri suatu DAS diterapkan diantaranya adalah pola aliran sungai orde sungai, rasio tingkat percabangan sungai (Rb). Orde sungai pada penelitian ini diterapkan dengan menggunakan metode *Stahler*. Setelah dipeoleh

orde sungai maka nilai rasio cabang sungai yang menyatakan karakteristik kenaikan dan penurunan aliran suatu sungai dapat diketahui. Rasio cabang sungai dinyatakan sebagai berikut.

$$Rb_{u_{u+1}} = \frac{N_u}{N_{u+1}} \quad \dots (3.5)$$

Tingkat percabangan sungai rata-rata (*WRb*) keseluruhan suatu daerah aliran sungai (DAS) dinyatakan sebagai berikut.

$$WRb = \frac{\sum Rb_{u_{u+1}} \times N_u(N_u + N_{u+1})}{N_u} \quad \dots (3.6)$$

Keterangan :

Rb = Rasio Cabang Sungai

WRb = Tingkat Percabangan Sungai Rata-Rata Suatu DAS

N_u = Jumlah Orde Sungai ke 1, 2, 3, 4

Hasil dari rumusan diatas dapat menyatakan karakteristik kenaikan dan penurunan aliran sungai seperti pada Tabel 3.5 sebagai berikut.

Tabel 3.5 Rasio Cabang Sungai

Rasio Cabang Sungai	Keterangan
Rb < 3	Alur sungai memiliki karakteristik kenaikan muka air banjir cepat, tetapi penurunan berjalan lambat
Rb 3 – 5	Alur sungai memiliki karakteristik kenaikan dan penruunan muka air banjir tidak terlalu cepat maupun lambat
Rb > 5	Alur sungai memiliki karakteristik kenaikan dan penurunan air banjir yang berjalan cepat

Sumber : (Soewarno, 1991)

BAB 5. PENUTUP

Bab terakhir ini membahas mengenai kesimpulan yang dapat ditarik berdasarkan permasalahan pada penelitian ini dan saran agar penelitian yang dilakukan selanjutnya lebih baik lagi.

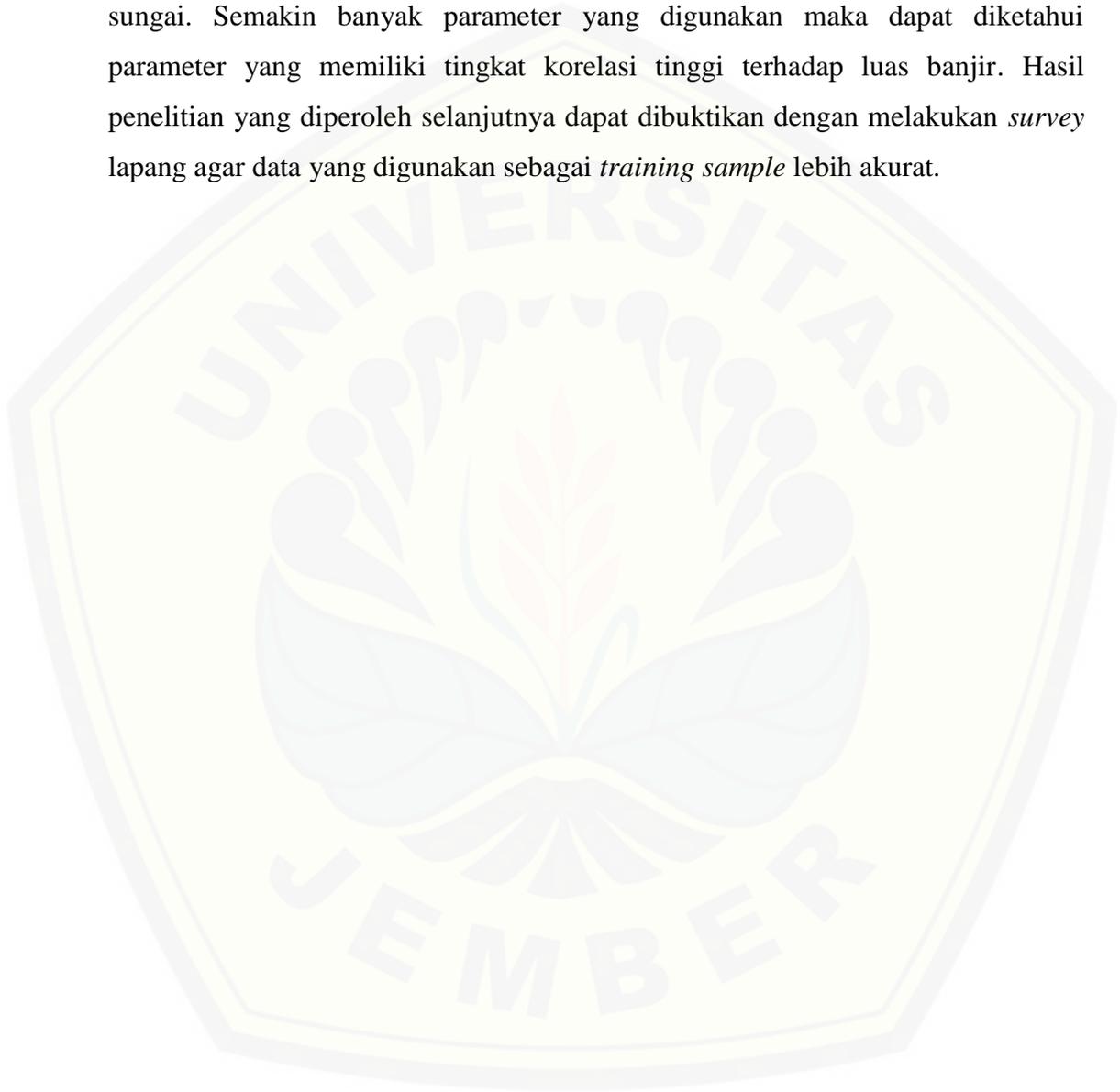
5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh berdasarkan permasalahan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Distribusi genangan banjir wilayah penelitian di Kabupaten Tangerang berdasarkan hasil pengolahan dan analisis dari citra Sentinel-1 adalah seluas 20,83 Km² yang tersebar pada delapan kecamatan. Sebaran spasial kecamatan terdampak banjir berdasarkan luas banjir terbesar adalah Kecamatan Kronjo, Kemiri, Mekarbaru, Rajeg, Kresek, Sukamulya, Mauk, dan Sindangjaya.
2. Hubungan faktor topografi (kemiringan lereng dan ketinggian wilayah) terhadap distribusi genangan dinyatakan dengan menggunakan analisis korelasi *pearson*. Berdasarkan nilai koefisien *pearson* hubungan kemiringan lereng terhadap distribusi genangan memiliki korelasi sangat rendah, sedangkan hubungan antara ketinggian wilayah terhadap distribusi genangan adalah rendah.
3. Pola aliran sungai wilayah penelitian didominasi oleh pola dendritik yang pada umumnya akan terjadi peningkatan aliran. Wilayah penelitian lebih didominasi oleh orde satu yang menyatakan anak sungai dan daerah yang memiliki banyak percabangan anak sungai memiliki potensi terjadi banjir lebih besar. Seluruh DAS di wilayah penelitian memiliki rasio cabang sungai (Rb) > 5 yang menyatakan bahwa tingkat kenaikan dan penurunan air sungai berjalan dengan cepat. Sehingga meskipun kenaikan dan penurunan berjalan cepat, tetapi akan berpotensi banjir apabila curah hujan tinggi dikarenakan jumlah limpasan terakumulasi karena banyak percabangan anak sungai.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat disampaikan agar penelitian yang dilakukan selanjutnya menjadi lebih baik adalah dengan menggunakan beberapa parameter penyebab banjir lainnya selain kemiringan lereng, ketinggian, dan pola aliran sungai. Semakin banyak parameter yang digunakan maka dapat diketahui parameter yang memiliki tingkat korelasi tinggi terhadap luas banjir. Hasil penelitian yang diperoleh selanjutnya dapat dibuktikan dengan melakukan *survey* lapang agar data yang digunakan sebagai *training sample* lebih akurat.



DAFTAR PUSTAKA

- Abrams, M., dan R. Crippen. 2019. ASTER GDEM V3 (ASTER Global DEM).
- Badwi, N., I. I. Baharuddin, dan I. Abbas. 2019. *Geologi Tata Lingkungan Edisi Revisi*. Yogyakarta: Deepublish.
- Balasubramanian, A. 2017. Digital Elevation Model (DEM) in GIS. *Technical Report*.
- BAPPEDA. 2017. *RKPD Kabupaten Tangerang Tahun 2017 BAB II*. Kabupaten Tangerang: Bappeda Kabupaten Tangerang.
- Bayik, C., S. Abdikan, G. Ozbulak, T. Alasag, S. Aydemir, dan F. B. Sanli. 2018. Exploiting Multi-temporal Sentinel-1 SAR Data for Flood Extend Mapping. *The International Archives of The Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XLII-3/W4*: 109-113.
- BPBD. 2020. *Data Terdampak Kejadian Bencana Banjir*, PUSDATIN BPBD Provinsi Banten. <https://bpbd.bantenprov.go.id>. [Diakses pada: 10 Februari 2020].
- CCRS. 2014. *Fundamentals of Remote Sensing* Canada, Natural Resources Canada. <http://nrcan.gc.ca>. [Diakses pada: 16 februari 2020].
- Chander, G., B. L. Markham, dan D. L. Helder. 2009. Summary of Current Radiometric Calibration Coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI Sensors. *Remote Sensing of Environment* 113: 893-903.
- Dadhich, G., H. Miyazaki, dan M. Babel. 2019. Application of Sentinel-1 Synthetic Aperture Radar Imagery for Floods Damage Assesment : A Case Study of Nakhon Si Thammarat, Thailand. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XLII-2/W13*: 1927-1931.
- Darmawan, K., Haniah, dan A. Suprayogi. 2017. Analisis Tingkat Kewanan Banjir di Kabupaten Sampang menggunakan Metode Overlay dengan Scoring Berbasis Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Geodesi UNDIP* 6 (1): 31 - 40.
- Denis, A. 2019. *ESA Echoes in Space-Hazard : Flood Mapping with Sentinel-1 (ESA EO College)*, University of Liege. <https://orbi.uliege.be/handle/2268/240620>. [Diakses pada: 05 Maret 2020].

- Dhawangkharu, M., dan E. Riksakomara. 2017. Prediksi Intensitas Hujan Kota Surabaya dengan MATLAB menggunakan Teknik Random Forest dan CART. *Jurnal Teknik ITS* 6(1): A94 - A99.
- ESA. 2012. Sentinel-1: ESA's Radar Observatory Mission for GMES Operational Services The Netherlands: ESA Communications.
- Feretti, A., A. Monti-Guarnieri, C. Prati, dan F. Rocca. 2007. InSAR Principles : Guidelines for SAR Interferometry Processing and Interpretation. The Netherlands: ESA Publication.
- Han, J. 2012. *Data Mining Concepts and Technique Third Edition*. USA: Elsevier.
- Hanafi, I. H. 2011. Aktifitas Penginderaan Jauh melalui Satelit di Indonesia dan Pengaturannya dalam Hukum Ruang Angkasa. *Jurnal Sasi* 17(2): 1-10.
- Hapsari, E. 2019. Pemetaan Kawasan Banjir di Kota Bekasi dengan Metode Penginderaan Jauh menggunakan Data Radar. *Skripsi*, Jember, Jurusan Fisika, Universitas Jember.
- Horning, N. 2010. Random Forest : An Algorithm for Image Classification and Generation of Continuous Fields Data Sets. *Prosiding*, Osaka, Japan, Proceeding of The International Conference on Geoinformatics for Spatial Infrastructure Development in Earth and Allied Science.
- Hutagaol, R. R. 2019. *Pengaruh Hutan dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Penerbit Deepublish.
- Janitza, S., J. K. Uppa, I. R. Konig, dan A.-L. Boulesteix. 2012. Overview of Random Forest Methodology and Practical Guidance with Emphasis on Computational Biology and Bioinformatics. *Technical Report Number 129*, Department of Statistic, University of Munich.
- Khambali, I. 2017. *Manajemen Penanggulangan Bencana*. Yogyakarta: ANDI.
- Komputer, W. 2009. *Solusi Mudah dan Cepat Menguasai SPSS 17.0 untuk Pengolahan Data Statistik*. Jakarta: Elex Media Komputindo.
- Lihawa, F. 2017. *Daerah Aliran Sungai Alo Erosi, Sedimentasi dan Longsoran*. Yogyakarta: Deepublish.
- Lillesand, T. M., R. W. Kiefer, dan J. W. Chipman. 2004. *Remote Sensing and Image Interpretation Fifth Edition*. United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- Marzuki, B. 2014. *Sistem Informasi Geografi menggunakan QGIS 2.0.1 Dufour*. Bramantiyo Marjuki.

- Morissan. 2016. *Statistika Sosial* Jakarta: Kencana.
- Muhlis, Fatmawati, I. Rahim, dan Syamsia. 2020. *Aplikasi Data Penginderaan Jauh untuk Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan*. Pasuruan: Qiara Media.
- Nugroho, H. D. 2018. Analisis Daerah Rawan Bencana Banjir di Kecamatan Kebumen Kabupaten Kebumen Jawa Tengah. *Skripsi*, Jakarta, UIN Syarif Hidayatullah.
- Paimin, I. B. Pramono, Purwanto, dan D. R. Indrawati. 2012. *Sistem Perencanaan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi.
- Parker, M. 2010. *Digital Signal Processing 101 : Everything You Need to Know to Get Started*. Amsterdam: Elsevier.
- Peraturan Dirjen No P.4/V-SET/2013 Nomor. *Petunjuk Teknis Penyusunan Data Spasial Lahan Kritis*. 26 Juli 2013 Jakarta: Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPDAS).
- Purnayenti, S. 2019. *Banjir dan Kebakaran Bencana Klasik di Kota Besar*. Bandung: Penerbit Duta.
- Purwadhi, F. S. H., dan T. B. Sanjoto. 2008. *Pengantar Interpretasi Citra Penginderaan Jauh*. Jakarta: LAPAN dan Universitas Negeri Semarang.
- Ritung, S., Wahyunto, F. Agus, dan H. Hidayat. 2007. *Panduan Evaluasi Kesesuaian Lahan dengan Contoh Peta Arahan Penggunaan Lahan Kabupaten Aceh Barat*. Bogor: Balai Penelitian Tanah dan World Agroforestry Centre (ICRAF).
- Sabins, F. F. 1997. *Remote Sensing : Principles and Interpretation 3rd Edition*. New York: W.H Freeman and Co.
- Soewarno. 1991. *Hidrologi : Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri)*. Yogyakarta: Penerbit NOVA.
- Suharjo, M. Arozaq, dan M. A. Sunarhadi. 2017. *Geomorfologi Dasar Dinamika Permukaan Bumi dan Dampaknya terhadap Manusia di Berbagai Lingkungan Bentuk Lahan*. Surakarta: Muhammadiyah University Press.
- Sunu, H. A., B. D. Yuwono, dan A. Suprayogi. 2019. Analisis Ketelitian DSM Kota Semarang dengan Metode InSAR menggunakan Citra Sentinel-1. *Jurnal Geodesi UNDIP* 8(3): 17-26.
- Sutanto. 1987. *Penginderaan Jauh Jilid 2*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Triscowati, D. W., B. Sartono, A. Kurnia, D. D. Domiri, dan A. W. Wijayanto. 2019. Klasifikasi Fase Tanam Padi menggunakan Supervised Random Forest pada Data Multitemporal Citra Landsat-8. *Prosiding*, Jakarta, Departemen Statistika IPB University dan Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh LAPAN.

Zalite, K., dan K. Voormansik. 2016. Differential and Persistent Scatterer SAR Interferometry.

Zuidam, R. A. V. 1985. *Aerial Photo - Interpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping*. The Hauge: Smiths Publishers.



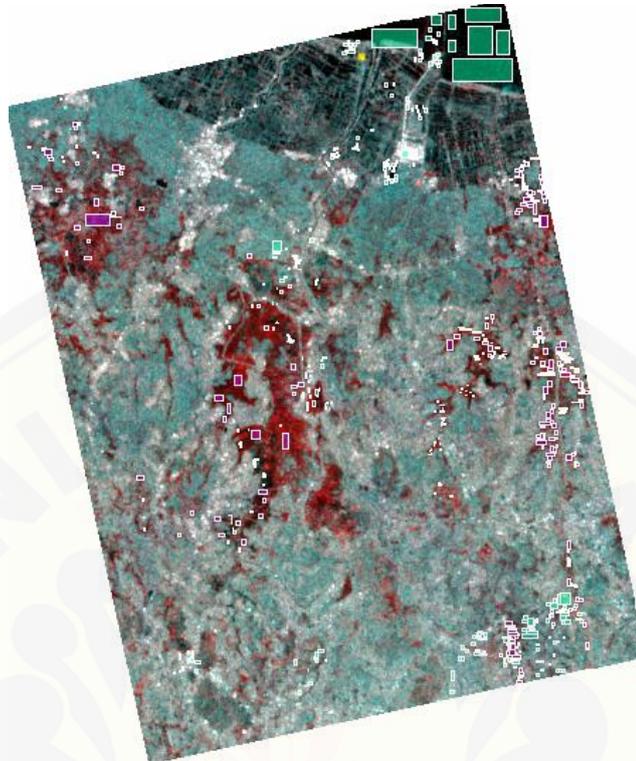
calibration_factor	99999.0	float64	dB	Calibration constant
chirp_power	99999.0	float64		Chirp power
inc_angle_comp_flag	0	uint8	flag	incidence angle compensation applied
ref_inc_angle	99999.0	float64		Reference incidence angle
ref_slant_range	99999.0	float64		Reference slant range
ref_slant_range_exp	99999.0	float64		Reference slant range exponent
rescaling_factor	99999.0	float64		Rescaling factor
bistatic_correction_applied	1	uint8	flag	
range_sampling_rate	64.34523812571427	float64	MHz	Range Sampling Rate
range_bandwidth	56.5	float64	MHz	Bandwidth total in range
azimuth_bandwidth	327.0	float64	Hz	Bandwidth total in azimuth
multilook_flag	0	uint8	flag	Multilook applied
coregistered_stack	0	uint8	flag	Coregistration applied
external_calibration_file	-	ascii		External calibration file used
orbit_state_vector_file	-	ascii		Orbit file used
metadata_version	6.0	ascii		AbsMetadata version
centre_lat	-5.642636927600445	float64		
centre_lon	106.70964114719774	float64		
centre_heading	347.7806277399321	float64		
centre_heading2	167.78082013915315	float64		

Lampiran 2. Metadata Citra Sentinel-1 Akuisi 02 Januari 2020

Name	Value	Type	Unit	Description
PRODUCT	S1A_IW_GRDH_1SDV_2020102T111515_2020	ascii		Product name
PRODUCT_TYPE	GRD	ascii		Product type
SPH_DESCRIPTOR	Sentinel-1 IW Level-1 GRD Product	ascii		Description
MISSION	SENTINEL-1A	ascii		Satellite mission
ACQUISITION_MODE	IW	ascii		Acquisition mode
antenna_pointing	right	ascii		Right or left facing
BEAMS	-	ascii		Beams used
SWATH	-	ascii		Swath name
PROC_TIME	02-JAN-2020 14:12:44.241215	uint32	utc	Processed time
Processing_system_identifier	ESA Sentinel-1 IPF 003.10	ascii		Processing system identifier
orbit_cycle	189	int32		Cycle
REL_ORBIT	98	int32		Track
ABS_ORBIT	30620	int32		Orbit
STATE_VECTOR_TIME	02-JAN-2020 11:14:07.292903	uint32	utc	Time of orbit state vector
VECTOR_SOURCE	-	ascii		State vector source
incidence_near	30.518108447776708	float64	deg	
incidence_far	46.002603976238944	float64	deg	
slice_num	2	int32		Slice number
data_take_id	229927	int32		Data take identifier
first_line_time	02-JAN-2020 11:15:21.085467	uint32	utc	First zero doppler azimuth time
last_line_time	02-JAN-2020 11:15:23.183288	uint32	utc	Last zero doppler azimuth time
first_near_lat	-6.176295262332923	float64	deg	
first_near_long	106.41566069223634	float64	deg	
first_far_lat	-6.155044288558571	float64	deg	
first_far_long	106.51127299665907	float64	deg	
last_near_lat	-6.04972160165692	float64	deg	
last_near_long	106.38761742939234	float64	deg	
last_far_lat	-6.028487385173576	float64	deg	
last_far_long	106.48321117823602	float64	deg	
PASS	ASCENDING	ascii		ASCENDING or DESCENDING
SAMPLE_TYPE	DETECTED	ascii		DETECTED or COMPLEX
mds1_tx_rx_polar	VH	ascii		Polarization
mds2_tx_rx_polar	VV	ascii		Polarization
mds3_tx_rx_polar	-	ascii		Polarization
mds4_tx_rx_polar	-	ascii		Polarization
polar_data	0	uint8	flag	Polarimetric Matrix
algorithm	-	ascii		Processing algorithm
azimuth_looks	1.0	float64		
range_looks	5.0	float64		
range_spacing	10.0	float64	m	Range sample spacing
azimuth_spacing	10.0	float64	m	Azimuth sample spacing
pulse_repetition_frequency	1717.128973878037	float64	Hz	PRF
radar_frequency	5405.000454334349	float64	MHz	Radar frequency

line_time_interval	0.001490988255448748	float64	s	
total_size	15880490	uint32	MB	Total product size
num_output_lines	1408	uint32	lines	Raster height
num_samples_per_line	1085	uint32	samples	Raster width
subset_offset_x	8395	uint32	samples	X coordinate of UL corner of subset in original image
subset_offset_y	3420	uint32	samples	Y coordinate of UL corner of subset in original image
srgr_flag	1	uint8	flag	SRGR applied
avg_scene_height	59.18759992727271	float64	m	Average scene height ellipsoid
map_projection	-	ascii		Map projection applied
is_terrain_corrected	0	uint8	flag	orthorectification applied
DEM	-	ascii		Digital Elevation Model used
geo_ref_system	-	ascii		geographic reference system
lat_pixel_res	99999.0	float64	deg	pixel resolution in geocoded image
lon_pixel_res	99999.0	float64	deg	pixel resolution in geocoded image
slant_range_to_first_pixel	895572.9570650843	float64	m	Slant range to 1st data sample
ant_elev_corr_flag	0	uint8	flag	Antenna elevation applied
range_spread_comp_flag	0	uint8	flag	range spread compensation applied
replica_power_corr_flag	0	uint8	flag	Replica pulse power correction applied
abs_calibration_flag	0	uint8	flag	Product calibrated
calibration_factor	99999.0	float64	dB	Calibration constant
chirp_power	99999.0	float64		Chirp power
inc_angle_comp_flag	0	uint8	flag	incidence angle compensation applied
ref_inc_angle	99999.0	float64		Reference incidence angle
ref_slant_range	99999.0	float64		Reference slant range
ref_slant_range_exp	99999.0	float64		Reference slant range exponent
rescaling_factor	99999.0	float64		Rescaling factor
bistatic_correction_applied	1	uint8	flag	
range_sampling_rate	64.34523812571427	float64	MHz	Range Sampling Rate
range_bandwidth	56.5	float64	MHz	Bandwidth total in range
azimuth_bandwidth	327.0	float64	Hz	Bandwidth total in azimuth
multilook_flag	0	uint8	flag	Multilook applied
coregistered_stack	0	uint8	flag	Coregistration applied
external_calibration_file	-	ascii		External calibration file used
orbit_state_vector_file	-	ascii		Orbit file used
metadata_version	6.0	ascii		AbsMetadata version
centre_lat	-5.642621886044094	float64		
centre_lon	106.7096852091965	float64		
centre_heading	347.78062153636995	float64		
centre_heading2	167.78081393516314	float64		

Lampiran 3 Citra Sentinel-1 Hasil Komposit RGB dengan *Training Area*



Lampiran 4. Hasil Akurasi Klasifikasi *Random Forest*

```

newClassifier_SN - Notepad
File Edit Format View Help
RandomForest classifier newClassifier_SN

Cross Validation
Number of classes = 2
class 0.0: Banjir
  accuracy = 0.9954 precision = 0.9931 correlation = 0.9905 errorRate = 0.0046
  TruePositives = 1154.0000 FalsePositives = 8.0000 TrueNegatives = 1646.0000 FalseNegatives = 5.0000
class 1.0: Non Banjir
  accuracy = 0.9954 precision = 0.9970 correlation = 0.9905 errorRate = 0.0046
  TruePositives = 1646.0000 FalsePositives = 5.0000 TrueNegatives = 1154.0000 FalseNegatives = 8.0000

Using Testing dataset, % correct predictions = 99.5379
Total samples = 5626
RMSE = 0.06798088437116895
Bias = -0.0010664770707430327

Distribution:
class 0.0: Banjir          2318   (41.2016%)
class 1.0: Non Banjir     3308   (58.7984%)

Testing feature importance score:
Each feature is perturbed 3 times and the % correct predictions are averaged
The importance score is the original % correct prediction - average
rank 1 feature 2 : 2Sigma0_VV_db_mst_21Dec2019score: tp=0.4079 accuracy=0.4079 precision=0.3759 cor
rank 2 feature 4 : 4Sigma0_VV_db_slv2_02Jan2020score: tp=0.3462 accuracy=0.3462 precision=0.3386 co
rank 3 feature 3 : 3Sigma0_VV_slv1_02Jan2020score: tp=0.0028 accuracy=0.0028 precision=0.0034 cor
    
```

Lampiran 5. Distribusi Luas Banjir per Kelurahan

Kecamatan	Desa	Luas Banjir (Km ²)
Kemiri	Karanganyar	0,17
	Kemiri	1,24
	Klebet	0,56

Kecamatan	Desa	Luas Banjir (Km ²)	
Kresek	Legoksukamaju	0,17	
	Lontar	0,34	
	Patramanggala	0,83	
	Rancalabuh	0,29	
	Jengkol	0,32	
	Kemuning	0,46	
	Patrasana	0,08	
	Rancailat	0,03	
	Kronjo	Bakung	5,09
		Blubuk	0,27
Cirumpak		1,34	
Kronjo		0,07	
Muncung		0,05	
Pagedangan Ilir		0,10	
Pagedangan Udik		0,48	
Pagenjahan		0,01	
Pasilian		0,42	
Pasir		0,01	
Mauk	Gunungsari	0,84	
	Mauk Barat	0,03	
Mekarbaru	Gandaria	0,33	
	Klutuk	3,36	
	Kosambi Dalam	0,02	
Rajeg	Mekarbaru	0,04	
	Waliwis	0,06	
	Daon	0,15	
	Jambukarya	0,10	
Sindangjaya	Rancabango	0,72	
	Sukamanah	1,07	
	Sukatani	0,09	
	Badakanom	0,44	
	Sindangasih	0,10	
Sukamulya	Sindangsono	0,00	
	Benda	0,28	
	Bunar	0,16	
	Buniayu	0,16	
	Kaliasin	0,22	
	Kubang	0,09	
	Merak	0,04	
	Parahu	0,04	
Sukamulya	0,15		
Total Luas Banjir		20,83	

Lampiran 6. Distribusi Banjir, Kemiringan Lereng, dan Ketinggian Wilayah Desa Terdampak Banjir

Kecamatan	No	Desa	Kelas Lereng (%)	Kelerengan	Elevasi (mdpal)	Luas Banjir
Kemiri	1	Karanganyar	15 - 25	Agak Curam	5 - 10	0,15
	2	Kemiri	8 - 15	Landai	10 - 15	0,80
	3	Klebet	8 - 15	Landai	5 - 10	0,62
	4	Legoksukamaju	8 - 15	Landai	10 - 15	1,34
	5	Lontar	8 - 15	Landai	5 - 10	0,34
	6	Patramanggala	8 - 15	Landai	10 - 15	0,96

Kecamatan	No	Desa	Kelas Lereng (%)	Kelerengan	Elevasi (mdpal)	Luas Banjir
Kressek	7	Rancalabuh	8 - 15	Landai	10 - 15	0,09
	8	Jengkol	8 - 15	Landai	10 - 15	0,26
	9	Kemuning	8 - 15	Landai	10 - 15	0,68
	10	Patrasana	8 - 15	Landai	5 - 10	0,07
	11	Rancailat	8 - 15	Landai	10 - 15	0,27
Kronjo	12	Talok	8 - 15	Landai	< 5	0,00
	13	Bakung	8 - 15	Landai	5 - 10	0,64
	14	Blubuk	8 - 15	Landai	10 - 15	0,17
	15	Cirumpak	8 - 15	Landai	10 - 15	2,61
	16	Kronjo	< 8	Datar	5 - 10	0,14
	17	Muncung	<8	Datar	5 - 10	0,48
	18	Pagedangan Ilir	8 - 15	Landai	5 - 10	0,11
	19	Pagedangan Udik	8 - 15	Landai	10 - 15	0,48
	20	Pagenjahan	8 - 15	Landai	10 - 15	0,15
	21	Pasilian	8 - 15	Landai	10 - 15	0,80
Mauk	22	Pasir	8 - 15	Landai	10 - 15	1,49
	23	Gunungsari	< 8	Datar	10 - 15	0,24
	24	Mauk Barat	8 - 15	Landai	10 - 15	0,48
Mekarbaru	25	Gandaria	8 - 15	Landai	15 - 20	0,33
	26	Klutuk	8 - 15	Landai	10 - 15	1,73
	27	Kosambi Dalam	< 8	Datar	5 - 10	0,24
	28	Mekarbaru	8 - 15	Landai	10 - 15	0,32
Rajeg	29	Waliwis	8 - 15	Landai	5 - 10	0,35
	30	Daon	8 - 15	Landai	5 - 10	0,10
	31	Jambukarya	8 - 15	Landai	5 - 10	0,10
	32	Rancabango	8 - 15	Landai	10 - 15	0,80
	33	Sukamanah	8 - 15	Landai	10 - 15	1,62
Sindangjaya	34	Sukatani	< 8	Datar	10 - 15	0,11
	35	Badakanom	8 - 15	Landai	10 - 15	0,35
	36	Sindangasih	8 - 15	Landai	10 - 15	0,12
	37	Sindangjaya	15 - 25	Agak Curam	15 - 20	0,10
Sukamulya	38	Sindangsono	8 - 15	Landai	10 - 15	0,00
	39	Benda	8 - 15	Landai	10 - 15	0,26
	40	Bunar	8 - 15	Landai	10 - 15	0,14
	41	Buniayu	8 - 15	Landai	10 - 15	0,21
	42	Kaliasin	8 - 15	Landai	10 - 15	0,21
	43	Kubang	8 - 15	Landai	5 - 10	0,08
	44	Merak	8 - 15	Landai	10 - 15	0,05
	45	Parahu	15 - 25	Agak Curam	5 - 10	0,04
	46	Sukamulya	8 - 15	Landai	5 - 10	0,21