



TUGAS AKHIR - RG 091536

**ANALISA BATAS DAN MORFOMETRI DAERAH
ALIRAN SUNGAI DARI DATA DEM SRTM DAN
ASTER GDEM TERHADAP DATA BPDAS DAN
PETA RBI**

**(Studi Kasus: Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam,
Kabupaten Pamekasan, Jawa Timur)**

**YOGYREMA SETYANTO PUTRA
NRP 3510 100 008**

**Dosen Pembimbing
Dr. Ir. M. Taufik**

**JURUSAN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2014**



FINAL ASSIGNMENT - RG 091536

**ANALYZE OF BOUNDARY AND
MORPHOMETRY OF WATERSHED FROM DEM
SRTM AND ASTER GDEM COMPARISON TO
BPDAS AND RBI MAP DATA**

**(Study Case: Sub Watershed Bungbuntu of
Tarokam, Pamekasan, East Java)**

**YOGYREMA SETYANTO PUTRA
NRP 3510 100 008**

**Advisor
Dr. Ir. M. Taufik**

**GEOMATICS ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute of Technology
SURABAYA 2014**

**ANALISA BATAS DAN MORFOMETRI DAERAH
ALIRAN SUNGAI DARI DATA DEM SRTM DAN
ASTER GDEM TERHADAP DATA BPDAS DAN
PETA RBI**

**(Studi Kasus: Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam,
Kabupaten Pamekasan, Jawa Timur)**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh:

**Yogyrema Setyanto Putra
Nrp. 3510 100 008**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Dr. Ir. Muhamad Taufik
NIP. 19550919198603100



..... (Pembimbing 1)

Surabaya, Juli 2014



ANALISA BATAS DAN MORFOMETRI DAERAH ALIRAN SUNGAI DARI DATA DEM SRTM DAN ASTER GDEM TERHADAP DATA BPDAS DAN PETA RBI

**(Studi Kasus: Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam,
Kabupaten Pamekasan, Jawa Timur)**

Nama Mahasiswa : Yogyrema Setyanto Putra
NRP : 3510 100 008
Jurusan : Teknik Geomatika FTSP-ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. M. Taufik

ABSTRAK

Pemetaan batas DAS merupakan salah satu parameter utama yang digunakan sebagai batasan penentuan kondisi tutupan lahan dan geomorfologi pada DAS. Seiring perkembangan teknologi radar dan penginderaan jauh, model permukaan bumi kini dapat direpresentasikan oleh data Digital Elevation Model (DEM) dengan cakupan area yang hampir meliputi seluruh permukaan bumi. Ketersediaan data DEM tersebut salah satunya dapat dimanfaatkan sebagai pengelolaan DAS dalam bentuk pemetaan batas DAS dan mencari kondisi geomorfologi DAS. Sayangnya keberagaman produk data DEM sering menimbulkan pertanyaan bagi pengguna tentang produk data DEM manakah yang sebaiknya digunakan dalam penelitiannya.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan hasil perbandingan dari morfometri dan batas DAS yang diolah antara data DEM SRTM dan ASTER GDEM terhadap data BPDAS dan Peta RBI. demi mendapatkan data yang dijadikan sebagai dasar dan dianggap benar, data morfometri BPDAS dijadikan sebagai acuan terhadap data hasil pengolahan lainnya. Sayangnya, tidak

semua data morfometri pada setiap DAS / Sub DAS dibuat BPDAS. Dengan mempertimbangkan hal tersebut, penelitian ini mengambil kawasan DAS / Sub DAS yang telah memiliki data morfometri dari data BPDAS, salah satunya yaitu Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam. Dengan demikian, data DEM SRTM dan ASTER GDEM diharapkan mampu menghasilkan nilai morfometri dan batas DAS yang mendekati data BPDAS.

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini ialah secara kuantitatif nilai morfometri yang ditunjukkan oleh hasil pengolahan DEM SRTM dan ASTER GDEM menunjukkan nilai yang berbeda dengan data BPDAS, tetapi secara umum nilai morfometrinya masih masuk rentang kelas yang sama. Dari hasil yang dicapai, DEM SRTM dan ASTER GDEM gagal dalam menentukan jaringan sungai. Meninjau penelitian sebelumnya, penelitian ini mendukung hasil penelitian Hery, T.P. (2013) yaitu pada daerah yang memiliki kondisi topografi landai hingga datar sulit untuk ditentukan batas DAS-nya. Sayangnya terdapat hasil penelitian yang berbeda dengan penelitian Hery, T.P. (2013) yaitu data DEM SRTM lebih mendekati bentuk batas Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam miik BPDAS dibanding ASTER GDEM. Kesimpulan ini didukung oleh penelitian Suwandana, dkk (2012) dimana ketelitian tinggi ASTER GDEM lebih rendah dibandingkan DEM SRTM, DEM Topo, dan pengukuran GPS-RTK.

Kata Kunci: *Batas DAS, Daerah Aliran Sungai (DAS), Digital Elevation Model (DEM), Morfometri DAS.*

ANALYZE OF BOUNDARY AND MORPHOMETRY OF WATERSHED FROM DEM SRTM AND ASTER GDEM COMPARISON TO BPDAS AND RBI MAP

**(Study Case: Sub Watershed Bungbuntu of Tarokam,
Pamekasan, Jawa Timur)**

Student Name : Yogyrema Setyanto Putra
NRP : 3510 100 008
Department : Teknik Geomatika FTSP-ITS
Supervisor : Dr. Ir. M. Taufik

ABSTRACT

Delineate watershed is one of main parameter that used to determine the condition of watershed geomorphology and used as boundary of land use each watershed. Along with growth of remote sensing and radar, the replica of earth surface can be represented from the Digital Elevation Model (DEM) data whose coverage almost all the earth. The availability of DEM, can be used for watershed management to deliniate watershed and get the watershed geomorphology. Unfortunately, because of the variety DEM product makes people questioned wich the DEM data to be used.

This research have purpose to get the comparison from DEM SRTM and ASTER GDEM to BPDAS and RBI Maps. For the sake to get the true value data for the comparison, morphometry data from BPDAS used as the true value to comparison with the other value from processing. Unfortunately, the morphometry data is not at all available for each watershed. As considered, this research used the watershed who had the morphometry data from BPDAS, one of them is Sub watershed Bungbuntu Tarokam, Pamekasan. At the end, DEM SRTM and

ASTER GDEM can represented the watershed and morphometry from BPDAS data.

The result from this research is the morphometry value from watershed that processed with DEM data represented as the BPDAS morphometry value. DEM SRTM and ASTER GDEM failed from create the stream network. Seeing the other research, this research is supporting Hery T.P. (2013) that at places who had slighty slope is difficult to determine the watershed boundary. Unfortunately, there are diffrent result from this research and Hery, T.P. (2013) research, that was the DEM SRTM data is more better than ASTER GDEM data to delineate the watershed. This result is supporting with Suwandana, et al. (2012)that the height acuration from ASTER GDEM is less than the other DEM and GPS-RTK measurements.

Keywords: *Catchment Area, Digital Elevation Model, Watershed Boundary, Watershed Morphometry.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis sampaikan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa yang telah menganugerahkan berkat dan rahmatNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Tugas Akhir merupakan mata kuliah wajib dalam ketentuan akademik Jurusan Teknik Geomatika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember yang merupakan syarat lulus dalam jenjang S1.

Penulis menyadari bahwa terselesaikannya Tugas Akhir serta Laporan Tugas Akhir ini secara optimal tidak luput dari bimbingan dari banyak pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua Orang tuadan keluarga besar penulis yang senantiasa membantu, berdoa, memotivasi, serta kasih sayang yang diberikan.
2. Bapak Dr. Ir. Muhammad Taufik selaku Ketua Jurusan Teknik Geomatika ITS, sekaligus sebagai dosen pembimbing pada Tugas Akhir ini.
3. Segenap Bapak dan Ibu Dosen Teknik Geomatika ITS atas segala ilmu dan bimbingan selama kuliah.
4. Para pimpinan dan staff pegawai BPDAS Brantas yang telah banyak membantu dalam penelitian ini.
5. Serta pihak-pihak lain yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu. Saya tidak mampu membalas bantuan semuanya. Insya Allah Tuhan Yang Maha Pemurah yang akan membalas ini semua.

Penulis menyadari pula Tugas Akhir ini masih banyak kekurangannya. Untuk itu, penulis terbuka untuk berbagai kritik dan saran yang membangun sehingga diharapkan bermanfaat bagi penulis dan juga Laporan Tugas Akhir ini. Semoga laporan ini dapat berguna bagi setiap pribadi yang membacanya, lingkungan, dan umat manusia.

April 2014

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL [IND].....	i
HALAMAN JUDUL [ENG].....	iii
ABSTRAK.....	v
<i>ABSTRACT [ENG]</i>	vii
LEMBAR PENGESAHAN.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Daerah Aliran Sungai.....	7
2.2 Badan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPDAS).....	8
2.3 Metode Penetapan Batas Daerah Aliran Sungai.....	9
2.3.1 Penyiapan Bahan.....	11
2.3.2 Penentuan DAS Indikatif.....	12
2.3.3 Verifikasi Batas DAS.....	12
2.4 Morfometri DAS.....	12
2.4.1 Luasan DAS.....	13
2.4.2 Panjang dan Lebar DAS.....	13
2.4.3 Kemiringan atau Gradien Sungai.....	13
2.4.4 Jaringan Sungai.....	15
2.4.5 Kerapatan Sungai.....	17
2.4.6 Bentuk DAS.....	19
2.4.7 Pola Aliran Sungai.....	20

2.5	Teknologi Penginderaan Jauh dan Radar dalam Pembuatan <i>DEM</i>	21
2.6	<i>Digital Elevation Model (DEM)</i> dan <i>Digital Surface Model (DSM)</i>	23
2.6.1	<i>DEM SRTM</i>	23
2.6.2	<i>ASTER GDEM</i>	24
2.7	Proses Pengolahan Model Permukaan Bumi dalam Penentuan Batas DAS.....	25
2.7.1	Perbaikan data <i>DSM</i> dan <i>DEM</i>	25
2.7.2	Menentukan Arah Aliran (<i>Flow Direction</i>)...	25
2.7.3	Menentukan Akumulasi aliran (<i>Flow accumulation</i>).....	26
2.7.4	Pembuatan Jaringan Sungai (<i>Stream Network</i>).....	27
2.7.5	Penentuan Orde Sungai (<i>Stream Segment</i>)....	27
2.7.6	Pengolahan Batas DAS.....	28
2.8	Kartografi.....	29
2.9	<i>True Colour Composite</i>	29
2.10	Transformasi Koordinat.....	30
2.11	Koreksi Geometrik.....	30
2.12	Ketelitian Planimetrik Peta.....	32
2.13	Perangkat Lunak Pengolahan.....	34
2.14	Penelitian Terdahulu.....	34
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		37
3.1	Lokasi Penelitian.....	37
3.1.1	Deskripsi Lokasi Penelitian.....	37
3.1.2	Topografi dan Bentuk Wilayah Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam.....	38
3.1.3	Jenis Tanah dan Geologi Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam.....	38
3.1.4	Drainase dan Curah Hujan.....	38
3.2	Data dan Peralatan.....	38
3.2.1	Data.....	38
3.2.2	Peralatan.....	39
3.3	Metodologi Penelitian.....	39

3.3.1	Tahapan Penelitian.....	39
3.3.2	Pengambilan Data.....	42
3.3.3	Tahapan Pengolahan Data.....	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		53
4.1	Hasil.....	53
4.1.1	Koreksi Geometrik.....	53
4.1.2	<i>DEM</i> Ekstraksi Garis Kontur Peta RBI.....	54
4.1.3	Jaringan Sungai.....	55
4.1.4	Nilai Morfometri dari Data Batas DAS dan Jaringan Sungai Pengolahan Data <i>DEM</i>	56
4.1.5	Hasil Pengkoreksian Jaringan Sungai untuk Menentukan Ordo Sungai dan Tingkat Percabangan Sungai.....	57
4.1.6	Morfometri Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam dari Data BPDAS dan Peta RBI.....	58
4.1.7	Morfometri Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam dari Hasil Pengolahan Batas DAS <i>DEM SRTM</i> , <i>ASTER GDEM</i> , dan Jaringan Sungai Terkoreksi.....	59
4.1.8	Peta Perbandingan Batas Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam dari Data <i>DEM SRTM</i> dan <i>ASTER GDEM</i> Terhadap Data Batas Sub DAS BPDAS.....	61
4.1.9	Model 3D Batas DAS Berdasarkan Topografi Peta RBI.....	62
4.2	Pembahasan.....	63
4.2.1	Analisa Proses Pengolahan Batas DAS.....	63
4.2.1.1	Proses Ekstraksi <i>DEM</i> dari Titik Tinggi dan Garis Kontur.....	63
4.2.1.2	Pengaruh Perbedaan Topografi (<i>DEM</i>) terhadap Morfometri dan Batas DAS.....	63
4.2.1.3	Pembuatan Jaringan Sungai.....	63
4.2.1.4	Penentuan <i>Pour Point</i> dalam Proses Pembuatan batas DAS.....	64

4.2.2	Analisa Spasial Perbandingan Batas Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam.....	65
4.2.3	Analisa Perbandingan Kondisi Geomorfologi DAS berdasarkan nilai Morfometri Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam.....	66
4.2.4	Analisa Faktor Lebih Telitinya Data DEM SRTM dibanding ASTER GDEM dalam Merepresentasikan Batas DAS.....	70
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		73
1.1	Kesimpulan.....	73
1.2	Saran.....	75
DAFTAR PUSTAKA.....		77
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Daerah Aliran Sungai. garis merah putus putus menunjukkan garis batas imajiner Daerah Aliran Sungai.....	7
Gambar 2.2	(A) Alur Sungai utama dalam koordinat kartesian (B) Kemiringan sungai dalam profil memanjang sungai.....	14
Gambar 2.3	Penentuan alur sungai metode Strahler (1957).....	16
Gambar 2.4	Bentuk DAS (A) Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam: memanjang; (B) Sub DAS Bahbalah DAS Blegah: membulat.....	19
Gambar 2.5	Jenis pola aliran sungai.....	20
Gambar 2.6	<i>main antenna</i> dan <i>outboard antenna</i> dalam memindai permukaan bumi.....	22
Gambar 2.7	Perbedaan antara <i>DSM</i> dan <i>DEM</i>	23
Gambar 2.8	Cakupan SRTM (56° LS – 60° LU).....	24
Gambar 2.9	(a) <i>sink</i> (b) Setelah proses <i>Sink</i> atau <i>Filled sink</i>	25
Gambar 2.10	Menentukan arah air mengalir melalui suatu <i>cell</i>	26
Gambar 2.11	Akumulasi air menurun ke setiap sel berdasarkan arah aliran.....	27
Gambar 2.12	Orde sungai <i>Strahler</i> dan <i>Shreve</i>	28
Gambar 2.13	Menentukan Batas DAS (<i>watershed</i>).....	28
Gambar 2.14	Prinsip dasar dalam merubah dari satu proyeksi yang tidak diketahui menjadi proyeksi sebenarnya menggunakan transformasi kartesian 2D.....	33
Gambar 2.15	Kesalahan geometrik distorsi internal (<i>Internal Distortion</i>).....	34
Gambar 2.16	Kesalahan geometrik distorsi eksternal (<i>External Distortion</i>).....	34
Gambar 2.17	Kurva lengkungan normal Gauss.....	35

Gambar 3.1	Lokasi Penelitian.....	37
Gambar 3.2	Tahapan Penelitian.....	40
Gambar 3.3	Diagram alir pengolahan data(Bagian 1).....	43
Gambar 3.4	Diagram alir pengolahan data (Bagian 2).....	44
Gambar 3.5	Peta RBI ter-raktifikasi dengan sistem koordinat UTM.....	45
Gambar 3.6	Jaring pada koreksi geometrik.....	47
Gambar 3.7	Data citra Landsat 8 (kiri), radar <i>DEM SRTM</i> (tengah), dan <i>ASTER GDEM</i> (kanan) setelah di transformasi dan di cropping.....	48
Gambar 3.8	(A) Arah aliran; (B) Akumulasi aliran; (C) Jaringan sungai.....	49
Gambar 3.9	Titik <i>pour point</i> pada <i>DEM SRTM</i> (kiri) dan <i>ASTER GDEM</i> (kanan).....	49
Gambar 4.1	Landsat 8 <i>True Colour</i> Pulau Madura.....	53
Gambar 4.2	Nilai total RMS Error sebesar 0,31473.....	53
Gambar 4.3	Garis kontur RBI interval 12,5 dan 25 meter (kiri) dan <i>DEM</i> ekstraksi garis kontur Peta RBI skala 1:25.000 (kanan).....	54
Gambar 4.4	Perbandingan data jaringan sungai dibedakan oleh warna.....	55
Gambar 4.5	Ordo Sungai pada Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam dibedakan oleh warna.....	57
Gambar 4.6	Peta Batas Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam dari data <i>DEM SRTM</i> (kuning) dan <i>ASTER GDEM</i> (hijau), terhadap data batas DAS BPDAS (Merah).....	61
Gambar 4.7	Batas DAS dalam model 3D, <i>DEM SRTM</i> (kuning) dan <i>ASTER GDEM</i> (hijau) terhadap data batas DAS BPDAS (Merah).....	62
Gambar 4.8	Perbandingan batas DAS dalam model 3D.....	65
Gambar 4.9	Grafik perbandingan morfometri DAS.....	68
Gambar 4.10	Presentase Kebergunaan data <i>ASTER GDEM</i>	71
Gambar 4.11	Akuisisi <i>DEM</i> yang terpengaruh oleh tutupan lahan.....	72

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kelas kemiringan lereng.....	15
Tabel 2.2	Indeks kerapatan aliran sungai.....	18
Tabel 2.3	Bentuk kebulatan (circularity ratio/Rc).....	20
Tabel 2.4	Toleransi pengukuran berdasarkan taraf tingkat kepercayaan.....	35
Tabel 4.1	Perbandingan nilai morfometri dari data DEM terhadap BPDAS.....	56
Tabel 4.2	Tingkat Percabangan Sungai.....	57
Tabel 4.3	Morfometri Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam dari data BPDAS dan Peta RBI.....	58
Tabel 4.4	Morfometri Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam dari data <i>DEM SRTM</i>	59
Tabel 4.5	Morfometri Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam dari data <i>ASTER GDEM</i>	60
Tabel 4.6	Perbandingan Morfometri Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam.....	67

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A Perhitungan Morfometri Sub DAS Bungbuntu
DAS Tarokam

LAMPIRAN B Peta Batas dan Jaringan Sungai Sub DAS
Bungbuntu DAS Tarokam

LAMPIRAN C Peta Batas Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam
dan Batas Administrasi Desa / Kelurahan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, dimana batas darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh oleh aktifitas daratan (Menteri Kehutanan Republik Indonesia, 2013). DAS sendiri perlu dikelola dengan baik untuk produksi dan perlindungan sumberdaya air termasuk di dalamnya pengendalian bencana alam seperti erosi dan banjir. Baik tidaknya pengelolaan Daerah Aliran Sungai akan mempengaruhi kondisi DAS.

Instansi pemerintah yang bertugas dalam pengelolaan DAS adalah Badan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPDAS). Pemetaan DAS merupakan salah satu bentuk upaya BPDAS dalam pengelolaan DAS. Pemetaan DAS tersebut mencakup pemetaan batas, kondisi lingkungan, tutupan lahan, dan morfometri DAS. Pemetaan batas DAS merupakan salah satu parameter utama yang digunakan sebagai batasan penentuan kondisi tutupan lahan dan geomorfologi pada DAS. Tata cara penetapan batas DAS dimaksudkan untuk memberikan acuan kepada semua pihak dalam rangka memahami teknik penyusunan batas DAS. (Menteri Kehutanan Republik Indonesia, 2013)

Seiring perkembangan teknologi radar dan penginderaan jauh, model permukaan bumi kini dapat direpresentasikan oleh data Digital Elevation Model (DEM) dengan cakupan area yang hampir meliputi seluruh permukaan bumi. Data DEM menggambarkan relief permukaan bumi dalam bentuk digital dengan format raster, dimana tiap satu sel / piksel memiliki satu nilai ketinggian tertentu. Ketersediaan data DEM tersebut salah satunya dapat dimanfaatkan sebagai pengelolaan DAS dalam

bentuk pemetaan batas DAS dan mencari kondisi geomorfologi DAS. Berbagai macam DEM yang telah di edarkan secara gratis beberapa diantaranya yang sering digunakan ialah DEM Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) dan Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer Global Digital Elevation Model (ASTER GDEM). Sayangnya keberagaman produk data DEM ini sering menimbulkan pertanyaan bagi pengguna tentang produk data DEM manakah yang sebaiknya digunakan dalam penelitiannya.

Berdasarkan penelitian tentang data DEM yang telah dilakukan, salah satunya Suwandana, dkk. (2012), telah dibandingkan presisi ketinggian dari data DEM TOPO (DEM hasil ekstraksi kontur Peta RBI), DEM SRTM, dan ASTER GDEM terhadap Global Positioning System Real Time Kinetik (GPS RTK). Dalam penelitian tersebut, data DEM SRTM menunjukkan nilai yang lebih mendekati hasil pengukuran ketinggian dibandingkan ASTER GDEM. Hal ini ditunjukkan oleh nilai RMSE pada DEM SRTM yang lebih kecil daripada ASTER GDEM. Berdasarkan penelitian tersebut, seharusnya batas DAS yang diekstraksi dari DEM SRTM lebih presisi daripada ASTER GDEM dalam menentukan morfometri batas DAS. Tetapi pada penelitian lainnya yaitu Hery, T.P. (2013), menyatakan bahwa batas DAS keluaran ASTER GDEM lebih menyerupai batas DAS yang dikeluarkan oleh BPDAS. Penelitian Hery, T.P. (2013) sendiri menghasilkan batas DAS yang masih belum menunjukkan bentuk dan luasan yang menyerupai data batas DAS milik BPDAS. Dari hasil kedua penelitian tersebut, menghasilkan dua analisa dan kesimpulan yang bertolak belakang. Adanya perbedaan antara hasil kedua penelitian ini memperkuat latar belakang diadakannya penelitian ulang tentang pemetaan batas DAS dari data DEM SRTM dan ASTER GDEM yang dibandingkan secara kuantitatif berdasarkan nilai morfometri DAS itu sendiri.

Demi mendapatkan data yang dijadikan sebagai dasar dan dianggap benar, data morfometri BPDAS dijadikan sebagai acuan

terhadap data hasil pengolahan lainnya. Data Morfometri akan menunjukkan kondisi geomorfologi DAS dalam bentuk kuantitatif. Sayangnya, tidak semua data morfometri pada setiap DAS / Sub DAS dibuat BPDAS. Dengan mempertimbangkan hal tersebut, penelitian ini mengambil kawasan DAS / Sub DAS yang telah memiliki data morfometri dari data BPDAS, salah satunya yaitu Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam. Dengan begitu, diharapkan data DEM SRTM dan ASTER GDEM mampu menghasilkan nilai morfometri dan batas DAS yang mendekati data BPDAS, sehingga dapat merepresentasikan kondisi geomorfologi sesuai dengan data BPDAS serta memberikan suatu dukungan maupun koreksi dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah hasil perbandingan hasil pengolahan batas dan morfometri dari data *DEM SRTM* dan *ASTER GDEM* terhadap data BPDAS?
2. Data *DEM* manakah yang lebih merepresentasikan nilai morfometri dan batas DAS sesuai dengan data BPDAS?
3. Apakah faktor penyebab timbulnya perbedaan pada tiap data *DEM* dan data BPDAS dalam pendefinisian batas dan jaringan sungai dalam DAS?
4. Bagaimana hasil perbandingan antara penelitian yang dilakukan dengan penelitian terdahulu?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Batasan studi pada penelitian ini ialah pada DAS Tarokam, Jawa Timur.
2. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data *DEM SRTM*, *ASTER GDEM*, BPDAS, dan Peta RBI.

3. Penelitian yang dilakukan ialah tentang pemetaan batas DAS dan perhitungan nilai morfometri untuk mendapatkan kondisi geomorfologi DAS.
4. Kondisi geomorfologi yang dapat ditunjukkan dalam nilai morfometri antara lain luasan, tingkat percabangan sungai, tingkat kerapatan, tingkat kemiringan, dan nisbah kebulatan DAS.
5. Hasil olahan dari data *DEM SRTM* dan *ASTER GDEM* berupa batas dan jaringan sungai.
6. Jaringan sungai dan batas DAS yang dibuat berdasarkan data BPDAS yang dikoreksi terhadap Peta RBI, dijadikan acuan dari data hasil pengolahan *DEM SRTM* dan *ASTER GDEM*.
7. Penentuan kondisi geomorfologi DAS dinyatakan dengan menghitung nilai morfometri DAS sedangkan pemetaan batas DAS dilakukan dengan metode kartometris.
8. Analisa yang dilakukan ialah perbandingan hasil pengolahan antar *DEM*, dimana batas dan morfometri dari BPDAS digunakan sebagai data pembanding pada hasil pengolahan *DEM* lainnya.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan sebagai berikut:

1. Membandingkan hasil pengolahan batas dan morfometri DAS hasil pengolahan data *ASTER GDEM*, *DEM SRTM*, terhadap data BPDAS untuk mendapatkan kesimpulan tentang data pengolahan manakah yang lebih mendekati data batas dan morfometri dari BPDAS.
2. Menganalisa faktor timbulnya perbedaan dalam penentuan batas dan jaringan sungai pada tiap data *DEM*.
3. Membandingkan hasil analisa penelitian yang telah diperoleh dengan penelitian terdahulu.
4. Menghasilkan output berupa Peta Batas Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam dan model 3D dari ketiga hasil olahan batas Sub DAS tersebut.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis

Manfaat yang ingin diperoleh dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah memberikan rekomendasi seberapa jauh fungsi *DEM SRTM* dan *ASTER GDEM* dalam menentukan morfometri dan batas suatu Daerah Aliran Sungai. Dari analisa yang didapat, diharapkan mampu memberikan rekomendasi bagi penelitian selanjutnya tentang pengelolaan DAS yang digunakan sebagai pertimbangan perencanaan, pengelolaan dan mitigasi pada DAS.

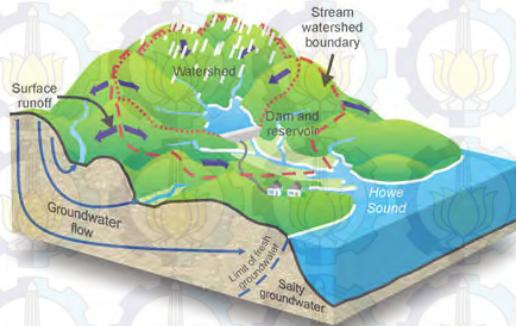
2. Manfaat Praktis

- Bagi Pemerintah, Instansi pemerintah terkait yang menangani pemetaan DAS, diharapkan memberikan rekomendasi kepada BPDAS tentang penggunaan data *DEM* dalam memetakan batas DAS dan mendapatkan nilai morfometrinya.
- Bagi Swasta, memberikan beberapa masukan dan rekomendasi terutama bagi pembuat data *DEM* agar pada penelitian selanjutnya pembuatan data lebih presisi sehingga mendukung pemetaan topografi dan DAS.
- Bagi Masyarakat, dengan adanya pengelolaan DAS yang baik dari pemerintah, kejadian bencana pada kawasan DAS dapat direduksi, sehingga dapat membantu masyarakat dalam memanfaatkan sumber daya alam pada DAS tanpa merusak kawasan DAS itu sendiri.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Daerah Aliran Sungai

DAS adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan aktifitas perairan yang masih terpengaruh oleh aktifitas daratan (Menteri Kehutanan Republik Indonesia, 2013).



Gambar 2.1 Daerah Aliran Sungai. Garis merah putus-putus menunjukkan garis batas imajiner Daerah Aliran Sungai. (NSRWA, 2005)

Seluruh hujan yang terjadi di dalam suatu cakupan drainase, semua airnya akan mengisi sungai yang terdapat di dalam DAS tersebut, oleh karena itu, area DAS juga merupakan daerah tangkapan hujan atau disebut *catchment area/drainage basin* (Gambar 2.1) (Mulyo, 2004).

Sedangkan Sub DAS adalah bagian dari DAS yang menerima air hujan untuk mengalirkannya ke sungai-sungai

utama. Setiap DAS terbagi atas beberapa Sub DAS dan Sub DAS dapat terbagi lagi menjadi Sub sub DAS (BPDAS-Dinas Kehutanan, diakses 4 April 2014).

Menurut Kartodihardho (2004), pengelolaan DAS dipahami sebagai pengelolaan seluruh sumberdaya yang ada di dalam secara rasional dengan tujuan mencapai keuntungan maksimum dalam waktu yang tidak terbatas dengan resiko kerusakan lingkungan yang seminimal mungkin, atau dengan kata lain dilaksanakan dengan prinsip kelestarian sumberdaya (*resources sustainability*). Dalam konteks pengelolaan yang luas, maka pengelolaan DAS dapat dipandang sebagai suatu sistem sumberdaya (ekologis), satuan pengembangan sosial ekonomi dan satuan pengaturan tata ruang wilayah yang menyiratkan keterpaduan dan keseimbangan antara prinsip produktifitas dan konservasi sumberdaya alam.

2.2 Badan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPDAS)

Dalam pemerintahan, Badan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPDAS) merupakan instansi pemerintah yang mengurus tentang pengelolaan DAS. Berdasarkan Peraturan Menteri Kehutanan (2007), Nomor P.15/Menhut-II/2007, Balai Pengelolaan DAS mempunyai tugas melaksanakan penyusunan rencana, pengembangan kelembagaan dan evaluasi pengelolaan Daerah Aliran Sungai.

Dalam melaksanakan tugasnya BPDAS menyelenggarakan fungsi :

1. Penyusunan rencana pengelolaan DAS
2. Penyusunan dan penyajian informasi DAS
3. Pengembangan model pengelolaan DAS
4. Pengembangan kelembagaan dan kemitraan pengelolaan DAS
5. Pemantauan dan evaluasi pengelolaan DAS
6. Pelaksanaan urusan tata usaha dan rumah tangga Balai

2.3 Metode Penetapan Batas Daerah Aliran Sungai

Menurut Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia No. 59 (2013), dengan mempertimbangkan pasal 11 Peraturan Pemerintah Nomor 37 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Daerah Airan Sungai perlu menetapkan Peraturan Menteri Kehutanan tentang Tata Cara Penetapan Batas Daerah Aliran Sungai. Serta mengingat:

1. Undang-Undang Nomor 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1999 Nomor 167, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 3888), sebagaimana telah diubah dengan Undang-Undang Nomor 19 Tahun 2004 (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2004 Nomor 86, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4286);
2. Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 24 Nomor 332, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4377);
3. Undang-Undang Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2007 Nomor 68, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4725);
4. Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2011 Nomor 49, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5214);
5. Peraturan Pemerintah Nomor 38 Tahun 2007 tentang Pembagian Urusan Pemerintahan antara Pemerintah, Pemerintahan Daerah Provinsi, dan Pemerintahan Daerah Kabupaten/Kota (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2007 Nomor 82, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4737);
6. Peraturan Pemerintah Nomor 76 Tahun 2008 tentang Rehabilitasi dan Reklamasi Hutan (Lembaran Negara

Republik Indonesia Tahun 2007 Nomor 68, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4725);

7. Peraturan Pemerintah Nomor 37 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2012 Nomor 62, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5292);
8. Peraturan Presiden Nomor 47 Tahun 2009 tentang Pembentukan dan Organisasi Kementerian Negara; Keputusan Presiden Nomor 84/P Tahun 2019 tentang Pembentukan Kabinet Indonesia Bersatu II sebagaimana telah diubah dengan Keputusan Presiden Nomor 59/P Tahun 2011;
9. Peraturan Presiden Nomor 24 Tahun 2010 tentang Kedudukan, Tugas, dan Fungsi Kementerian Negara serta Susunan Organisasi, Tugas, dan Fungsi Eselon I Kementerian Negara;
10. Peraturan Menteri Kehutanan Nomor P.40/Menhut-II/2010 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Kehutanan (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2010 Nomor 405) sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Menteri Kehutanan Nomor P.33/Menhut-II/2012 (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2012 Nomor 68, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 779).

Maka diputuskan ditetapkannya peraturan menteri kehutanan tentang tata cara penetapan batas daerah aliran sungai.

Menurut Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia No. 59 BAB I Bagian Kedua pasal 2 (2013), tata cara penetapan batas DAS dimaksudkan untuk memberikan acuan kepada semua pihak dalam rangka memahami teknik penyusunan batas DAS. Tujuannya adalah agar tersusunnya batas DAS yang akurat, terkini, dan sesuai dengan teknologi yang dapat dipertanggung jawabkan.

Dalam tahap pelaksanaan, ruang lingkup peraturan tersebut meliputi:

1. Penyiapan bahan;

2. Penentuan batas DAS;
3. Verifikasi batas DAS; dan
4. Penetapan Batas DAS.

2.3.1 Penyiapan bahan

Menurut Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia No. 59 BAB II Bagian Kesatu pasal 4 ayat 1 (2013), penyiapan bahan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a, merupakan pengadaan bahan-bahan paling sedikit:

1. Piranti keras berupa komputer paling rendah dengan prosesor memori 1 GB, dan kapasitas hard disk 80 GB, dengan sistem operasi yang sesuai;
2. Piranti lunak berupa aplikasi untuk memproses data Sistem Informasi Geografis dan pemrosesan citra satelit;
3. Citra satelit optik atau Radar;
4. *Digital Terrain Model (DTM)*;
5. Peta dasar berupa Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) skala 1:250.000 dan 1:50.000 (Pulau Sumatera, Kalimantan, dan Sulawesi), dan 1:25.000 (Pulau Jawa, Bali, dan Nusa Tenggara);
6. dan Peta tematik berupa Peta Dasar Tematik Kehutanan (PDTK).

Dan menurut Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia No. 59 BAB II Bagian Kesatu pasal 4 ayat 2 dan 3 (2013), bahan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) disiapkan oleh Direktorat Jenderal Bina Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Perhutanan Sosial untuk setiap provinsi. Bahan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) digunakan untuk memperoleh data dan informasi mengenai batas DAS, dan jaringan sungai.

Menurut Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia No. 59 BAB II Bagian Kesatu pasal 5, data dan informasi mengenai batas DAS sebagaimana dimaksud dalam Pasal 4 ayat (3) terdiri dari :

1. batas DAS dalam format raster dan format vektor; dan
2. jaringan sungai dalam format raster dan format vektor.

2.3.2 Penentuan batas DAS Indikatif

Data dan informasi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5 dijadikan dasar untuk penentuan batas DAS indikatif. Data dan informasi mengenai batas DAS dan jaringan sungai diolah dengan analisis spasial pemodelan hidrologi. Berdasarkan analisis spasial pemodelan hidrologi diperoleh 2 (dua) kalkulasi yang utama untuk membentuk batas DAS yaitu akumulasi aliran (*Flow accumulation*) dan arah aliran (*Flow Direction*). Dengan mendeteksi akumulasi aliran, akan diketahui data grid raster yang ditandai dengan lembah, lereng, dan punggung bukit. Dengan mendeteksi arah aliran, akan menghasilkan bentuk aliran. Hasil delineasi pada grid raster dengan nilai akumulasi 0 dan bertemu pada grid raster outlet membentuk kurva tertutup merupakan batas DAS indikatif. (Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia, 2013. BAB II: Bagian Kedua)

2.3.3 Verifikasi batas DAS

Batas DAS indikatif sebagaimana dimaksud dalam Pasal 7 ayat (5) dilakukan verifikasi batas DAS. Verifikasi batas DAS dilakukan dengan analisis peta batas DAS hasil dari citra radar topografi dengan data sungai dari Peta Rupa Bumi Indonesia maupun PDTK. Verifikasi batas DAS sebagaimana dimaksud pada ayat (1) bertujuan untuk menghasilkan peta batas DAS tentatif. Terhadap peta batas DAS tentatif dilakukan pengecekan lapangan dengan metode sampel. Pengecekan lapangan dilaksanakan dengan membandingkan melalui alat GPS dengan kenampakan sebenarnya di lapangan untuk memperoleh batas DAS definitif. (Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia, 2013. BAB II: Bagian Ketiga)

2.4 Morfometri DAS

Morfometri DAS merupakan ukuran kuantitatif karakteristik DAS yang terkait dengan aspek geomorfologi suatu daerah. Karakteristik ini terkait dengan proses pengatusan (drainase) air hujan yang jatuh di dalam DAS. Parameter tersebut adalah luas

DAS, bentuk DAS, jaringan sungai, kerapatan aliran, pola aliran, dan gradien kecuraman sungai. (Rahayu, S. *et al*, 2009)

2.4.1 Luasan DAS

DAS merupakan tempat pengumpulan presipitasi ke suatu sistem sungai. Luas daerah aliran dapat diperkirakan dengan mengukur daerah tersebut pada peta topografi (Rahayu, S. *et al*, 2009). Garis batas antara DAS adalah punggung permukaan bumi yang dapat memisahkan dan membagi air hujan ke masing-masing DAS (Gambar 2.1). Setelah diketahui batas DAS, maka akan dapat diukur luas DAS (Hery, T.P., 2013).

2.4.2 Panjang dan Lebar DAS

Panjang DAS adalah sama dengan jarak datar dari muara sungai ke arah hulu sepanjang sungai induk. Sedangkan lebar DAS adalah perbandingan antara Luas DAS dengan panjang sungai induk. Lebar DAS tidak ditentukan dengan pengukuran langsung, tetapi dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Seyhan, 1977 dalam Hery, T.P., 2013):

$$W = \frac{A}{Lb} \dots\dots (1)$$

Keterangan:

W = Lebar DAS (km)

A = Luasan DAS (km²)

Lb = panjang sungai utama (km)

Lebar DAS menentukan bentuk dari DAS tersebut, jika makin besar perbedaan antara panjang dan lebar DAS, berarti menunjukkan bentuk DAS tersebut makin memanjang, begitu juga sebaliknya, jika perbandingan panjang dan lebar dari DAS semakin kecil, bentuk DAS dapat dikatakan semakin bulat.

2.4.3 Kemiringan atau Gradien Sungai

Gradien atau kemiringan sungai yang merupakan perbandingan beda tinggi antara hulu dan hilir dan panjang sungai induk. Kemiringan sungai merupakan parameter dimensional

yang menggambarkan besarnya penurunan rerata tiap satuan jarak horizontal tertentu pada saluran sungai utama (Hery, T.P., 2013).

Gradien sungai merupakan perbandingan antara beda elevasi dengan panjang sungai utama. Gradien menunjukkan tingkat kecuraman sungai dimana semakin besar kecuraman, semakin tinggi kecepatan aliran airnya (Rahayu, S. *et al*, 2009).

Kemiringan rata-rata dapat dipakai untuk menghitung laju aliran air rata-rata yang disebabkan oleh gaya gravitasi bumi sekaligus sebagai salah satu dari 4 faktor penentu indeks potensi erosi. Kemiringan sungai rata-rata dapat diukur dengan “85 - 10 slope factor” dari Seyhan (1977) dengan persamaan:

$$Su = \frac{(h_{85} - h_{10})}{0,75 L_b} \dots\dots(2)$$

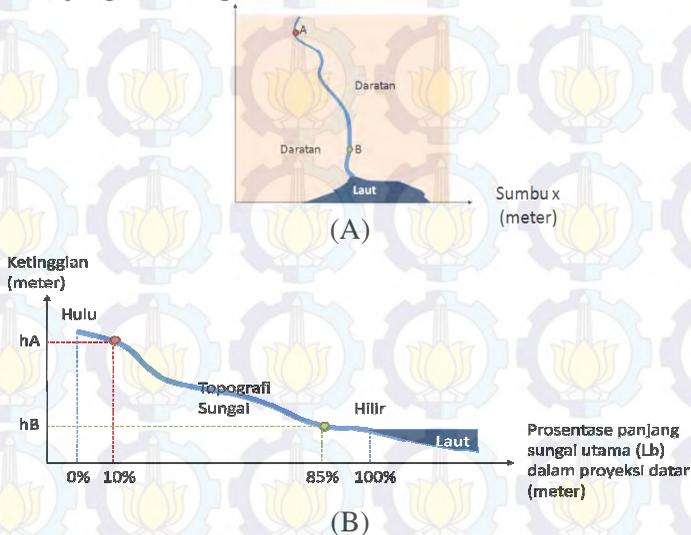
Keterangan :

Su = Kemiringan alur sungai utama

h_{10} = Ketinggian titik yang terletak pada jarak 0,10 L_b

h_{85} = Ketinggian titik yang terletak pada jarak 0,85 L_b

L_b = Panjang alur sungai utama



Gambar 2.2 (A) Alur Sungai utama dalam koordinat kartesian (B) Kemiringan sungai dalam profil memanjang sungai.

Tabel 2.1 Kelas kemiringan lereng (Direktur Jenderal Bina Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Perhutanan Sosial, 2013)

Kelas	Kemiringan (%)	Klasifikasi
I	0 – 8	Datar
II	> 8 – 15	Landai
III	>15 – 25	Agak Curam
IV	> 25 – 45	Curam
V	> 45	Sangat Curam

Ilustrasi penentuan titik tinggi pada perhitungan kemiringan sungai ditunjukkan oleh gambar 2.2. Titik A dan titik B menunjukkan nilai koordinat x,y,z dimana titik A merupakan 10% panjang sungai utama yang diukur dari hulu sungai dan titik B merupakan 85% dari panjang alur sungai utamanya mulai dari hulu. Dari prosentase kemiringan sungai yang dihasilkan, dapat dibuat kelas kemiringan lereng yang ditunjukkan pada tabel 2.1.

2.4.4 Jaringan Sungai

Jaringan sungai dapat mempengaruhi besarnya debit aliran sungai yang dialirkan oleh anak-anak sungainya. Parameter ini dapat diukur secara kuantitatif dari nisbah percabangan yaitu perbandingan antara jumlah alur sungai orde tertentu dengan orde sungai satu tingkat di atasnya. Nilai ini menunjukkan bahwa semakin tinggi nisbah percabangan berarti sungai tersebut memiliki banyak anak-anak sungai dan fluktuasi debit yang terjadi juga semakin besar. (Rahayu, S. *et al*, 2009)

Orde sungai adalah posisi percabangan alur sungai di dalam urutannya terhadap induk sungai pada suatu DAS. Semakin banyak jumlah orde sungai, semakin luas dan semakin panjang pula alur sungainya. Orde sungai dapat ditetapkan dengan metode Horton, Strahler, Shreve dan Scheidegger. Namun pada umumnya metode Strahler lebih mudah diterapkan dibanding dengan metode lainnya, berdasarkan metode Strahler, alur sungai paling hulu yang tidak memiliki cabang disebut dengan orde pertama

(1), pertemuan antara orde pertama disebut orde kedua (orde 2), demikian seterusnya sampai pada sungai utama ditandai dengan nomor orde yang paling besar (gambar 2.3). (Rahayu, S. et al, 2009)



Gambar 2.3 Penentuan alur sungai metode Strahler (1957) (Esri, 2011)

Jumlah alur sungai suatu orde dapat ditentukan dari angka indeks percabangan sungai (*'bifurcation ratio'*), dengan persamaan Horton (1968) berikut:

$$R_b = \frac{N_u}{N_{u+1}} \quad \dots\dots(3)$$

Perhitungan R_b biasanya dilakukan dalam unit Sub DAS atau Sub-sub DAS. Untuk memperoleh nilai R_b dari keseluruhan DAS, maka digunakan tingkat percabangan Sungai Rerata Tertimbang (*'Weighted Mean Bifurcation Ratio'*/WRb), yang dihitung menggunakan persamaan Schumm (1956) berikut:

$$W_{Rb} = \frac{\sum R_{b_{u/u+1}} (N_u + N_{u+1})}{N_u} \quad \dots\dots(4)$$

Keterangan :

R_b = Indeks tingkat percabangan sungai

N_u = Jumlah alur sungai untuk orde ke-u

N_{u+1} = Jumlah alur sungai untuk orde ke (u+1)

Hasil persamaan tersebut menyatakan keadaan sebagai berikut:

1. $R_b < 3$: alur sungai memiliki kenaikan muka air banjir dengan cepat, sedangkan penurunannya berjalan lambat
2. $R_b 3-5$: alur sungai mempunyai kenaikan dan penurunan muka air banjir yang tidak terlalu cepat dan tidak terlalu lambat.
3. $R_b > 5$: alur sungai mempunyai kenaikan muka air yang cepat, demikian juga pola penurunannya.

2.4.5 Kerapatan Sungai

Kerapatan aliran sungai menggambarkan kapasitas penyimpanan air permukaan dalam cekungan-cekungan seperti danau, rawa dan badan sungai yang mengalir di suatu DAS. Kerapatan aliran sungai dapat dihitung dari rasio total panjang jaringan sungai terhadap luas DAS yang bersangkutan. Semakin tinggi tingkat kerapatan aliran sungai, berarti semakin banyak air yang dapat tertampung di badan-badan sungai. Kerapatan aliran sungai adalah suatu angka indeks yang menunjukkan banyaknya anak sungai di dalam suatu DAS. (Rahayu, S., dkk, 2009)

Kerapatan alur dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Seyhan, 1997):

$$Dd = \frac{Ln}{A} \quad \dots\dots(5)$$

Keterangan:

Dd = Kerapatan alur (km/km^2)

Ln = total panjang alur (km)

A = Luas DAS (km^2)

Indeks kerapatan aliran sungai diklasifikasikan sebagai berikut $Dd < 0,25\text{km}/\text{km}^2$ termasuk kategori rendah; $Dd 0,25-10 \text{ km}/\text{km}^2$ kategori sedang; $Dd 10 - 25 \text{ km}/\text{km}^2$ kategori sangat tinggi (tabel 2.2)

Berdasarkan indeks tersebut dapat dikatakan bahwa indeks kerapatan sungai menjadi kecil pada kondisi geologi yang *permeable*, tetapi menjadi besar untuk daerah yang curah hujannya tinggi.

Tabel 2.2 Indeks kerapatan aliran sungai (Soewarno, 1991 dalam Hery, T.P., 2013)

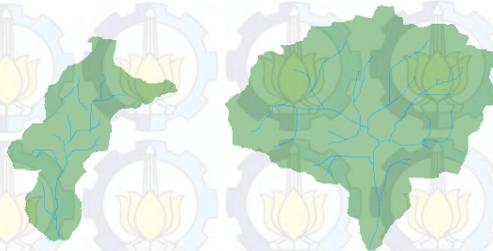
No	Dd	Kelas Kerapatan	Keterangan
1	$< 0,25 \text{ km/km}^2$	Rendah	Alur sungai melewati batuan dengan resistensi keras, maka angkutan sedimen yang terangkut aliran sungai lebih kecil jika dibandingkan pada laur sungai yang melewati batuan dengan resistensi yang lebih lunak, apabila kondisi lain yang mempengaruhinya sama.
2	$0,25 - 10 \text{ km/km}^2$	Sedang	Alur sungai melewati batuan dengan resistensi yang lebih lunak sehingga angkutan sedimen yang terangkut akan lebih besar
3	$10 - 25 \text{ km/km}^2$	Tinggi	Alur sungai yang melewati batuan dengan resistensi yang lunak, sehingga angkutan sedimen yang terangkut aliran akan lebih besar
4	$> 25 \text{ km/km}^2$	Sangat tinggi	Alur sungai melewati batuan yang kedap air. Keadaan ini akan menunjukkan bahwa air hujan yang menjadi aliran akan lebih besar jika dibandingkan suatu daerah dengan Dd rendah melewati batuan yang permeabilitasnya besar

Disamping itu, jika nilai kerapatan aliran sungai kurang dari 1 mile/mile^2 (0.62 km/km^2), maka DAS akan sering mengalami

penggenangan. Sedangkan jika lebih dari 5 mile/mile² (3.10 km/km²), maka DAS akan sering mengalami kekeringan. (Rahayu, S., dkk, 2009)

2.4.6 Bentuk DAS

Bentuk DAS memiliki arti penting dalam hubungannya dengan aliran sungai, yaitu berpengaruh terhadap kecepatan pusat aliran. Bentuk DAS mempengaruhi waktu konsentrasi air hujan yang mengalir menuju outlet. Semakin bulat bentuk DAS berarti semakin singkat waktu konsentrasi yang diperlukan, sehingga semakin tinggi fluktuasi banjir yang terjadi. Sebaliknya semakin lonjong bentuk DAS, waktu konsentrasi yang diperlukan semakin lama sehingga fluktuasi banjir semakin rendah. (Rahayu, S. *et al*, 2009)



(A)

(B)

Gambar 2.4 Bentuk DAS (A) Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam: memanjang; (B) Sub DAS Bahbah DAS Blegah: membulat (Data vektor BPDAS)

Menurut Miller (1953) dalam Seyhan (1977), bentuk DAS secara kuantitatif dapat didekati dengan nisbah kebulatan (*circularity ratio*) menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Rc = \frac{4\pi A}{P^2} \dots\dots (6)$$

Keterangan :

Rc = nisbah kebulatan

A = Luas DAS (km²)

P = Keliling DAS (km)

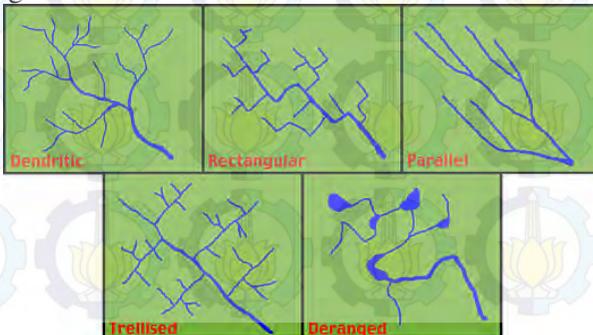
Tabel 2.3 Bentuk kebulatan (*circularity ratio/Rc*) (Soewarno, 1991 dalam Hery, T.P., 2013)

No	Rc	Keterangan
1	$>0,5$	Bentuk DAS memanjang, debit puncak datangnya cepat, begitu juga penurunannya
2	$<0,5$	Bentuk DAS membulat, debit puncak datangnya lama, begitu juga penurunannya

Jika nilai $Rc > 0,5$ DAS berbentuk bulat, dan $RC < 0,5$ DAS berbentuk memanjang (tabel 2.3). Menurut Soewarno (1991), jika suatu DAS memiliki bentuk memanjang, maka debit puncak datangnya cepat dan juga penurunannya. Jika bentuk DAS membulat, maka debit puncak datangnya lama, begitu juga penurunannya.

2.4.7 Pola Aliran Sungai

Cotton (1940) lihat juga pada Waryono, T., (2002), menyatakan bahwa letak, bentuk dan arah aliran sungai, dipengaruhi antara lain oleh lereng dan ketinggian, perbedaan erosi, struktur jenis batuan, patahan dan lipatan, merupakan faktor-faktor yang menyebabkan perbedaan bentuk genetik dan pola sungai.



Gambar 2.5 Jenis pola aliran sungai (Pidwirny, 2006)

Pola sungai adalah kumpulan dari sungai yang mempunyai bentuk yang sama, yang dapat menggambarkan keadaan profil dan genetik sungainya (Lebeck 1939, Katili 1950, dan Sandy 1985 dalam Waryono, T., 2002). Pola aliran sungai secara tidak langsung menunjukkan karakteristik material bahan induk seperti permeabilitas, struktur geologi dan kemudahannya mengalami erosi. (Rahayu, S. *et al*, 2009). Pola aliran sungai dapat digolongkan menjadi:

1. Dendritik: Umumnya terdapat pada daerah dengan batuan sejenis dan penyebarannya luas.
 2. Radial: biasanya dijumpai di daerah lereng gunung api atau daerah dengan topografi berbentuk kubah.
 3. Rektangular: terdapat di daerah batuan kapur.
 4. Sentripetal: Aliran sungai memusat ke suatu hilir, contohnya danau.
 5. Trellis: biasanya dijumpai pada daerah dengan lapisan sedimen di daerah pegunungan lipatan.
 6. Kombinasi denritik dan trellis: dapat dijumpai pada rangkaian pegunungan yang sejajar dan terdapat batuan struktural terlipat dan tekstural halus sampai sedang.
- (Rahayu, S. *et al*, 2009)

2.5 Teknologi Penginderaan Jauh dan Radar dalam Pembuatan DEM

Penginderaan jauh adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, daerah, atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan objek, daerah, atau fenomena yang dikaji (Lillesand dan Kiefer, 1990). Defenisi yang lain juga dikemukakan oleh Konecny (2003) yang mana penginderaan jauh adalah metode untuk memperoleh informasi dari objek yang jauh tanpa adanya kontak langsung. Dalam aplikasinya, teknologi penginderaan jauh menggunakan energi elektromagnetik seperti gelombang radio, cahaya, dan panas sebagai sarana untuk mendeteksi dan mengukur karakteristik objek. (Ho, dkk. 2009).

Konsep radar adalah mengukur jarak dari sensor ke target dengan wahana pesawat terbang atau satelit yang dilakukan ke arah miring (*side looking*). Ukuran jarak tersebut didapat dengan mengukur waktu yang diperlukan gelombang elektromagnetik selama penjarannya mulai dari sensor sampai ke target dan kembali lagi ke sensor (Haniah, 2011).

Dengan menggabungkan kedua konsep tersebut, data *DEM* dihasilkan dari penyiaran gelombang radar dengan teknik interferometri. Teknik interferometri radar adalah sebuah cara penyiaran muka bumi dengan dua posisi sensor radar yang berbeda tempat. Pada wahana pengambilan data *DEM* ini, jarak rentangan (*baseline*) dua sensor radar ini sejauh 60 meter, dimana satu sensor berada dalam wahana (*main antenna*), dan sensor lain berada pada ujung rentangan di luar wahana (*outboard antenna*). (Dismukes, Kim., 2004)

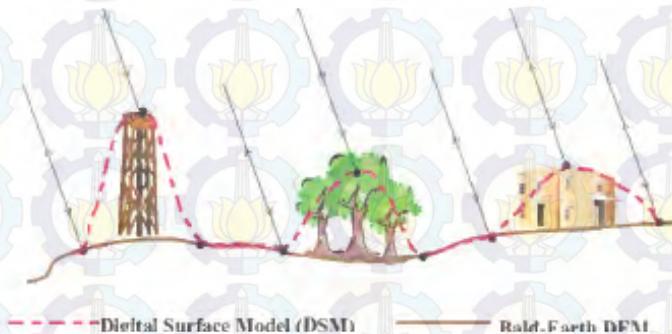


Gambar 2.6 *main antenna* dan *outboard antenna* dalam memindai permukaan bumi. (Sarria, dkk. 2010)

Gelombang radar dimanfaatkan untuk pengambilan data ini karena memiliki kelebihan, diantaranya adalah perekaman dapat dilakukan pada siang ataupun malam hari. Disamping itu gelombang radar dapat menembus tutupan awan, Dengan demikian, perekaman data tidak terpengaruh oleh keadaan cuaca setempat. (Dismukes, Kim., 2004)

2.6 Digital Elevation Model (DEM) dan Digital Surface Model (DSM)

Digital Elevation Model (DEM) adalah data digital yang menggambarkan geometri dari bentuk permukaan bumi atau bagiannya yang terdiri dari himpunan titik titik koordinat hasil sampling dari permukaan dengan algoritma yang mendefinisikan permukaan tersebut menggunakan himpunan koordinat (Tempfli, 1980 dalam Hery, T.P., 2013). *DEM* menggambarkan nilai ketinggian permukaan tanah tanpa memperhatikan objek di atasnya. *Digital Surface Model (DSM)* mengukur nilai ketinggian dari permukaan pertama di tanah, termasuk fitur medan, bangunan, vegetasi, dan lain lain, sehingga memberikan model topografi permukaan bumi (Gambar 2.7).



Gambar 2.7 Perbedaan antara *DSM* dan *DEM* (Tempfli, 1980 dalam Hery, T.P., 2013)

2.6.1 DEM SRTM

DEM SRTM merupakan model elevasi permukaan bumi yang dikeluarkan oleh *National Aeronautics and Space Administration (NASA)*. Peluncuran wahana untuk mendapatkan model *DEM SRTM* ini dilakukan selama 11 hari pada tahun 2000. Wahana *SRTM* membawa dua panel dengan saluran C dan Saluran X. Peta topografi global dari bumi disebut dengan *Digital Elevation Models (DEMs)*. *DEMs* ini terbuat dari data radar saluran C tersebut. Data ini diolah oleh Jet Propulsion Laboratory dan

didistribusikan melalui USGS EROS Data Center. Data saluran X digunakan untuk menghasilkan *DEMs* dengan resolusi yang lebih tinggi. Data SRTM dari saluran X diolah dan didistribusikan oleh *German Aerospace Center*. SRTM memiliki resolusi spasial 90m pada daerah selain Amerika Serikat. SRTM sendiri mengcover 80% cakupan permukaan bumi. (Ramirez, E., 2009). Hasil dari data ekstraksi SRTM dapat berupa kontur, kelerengan(*slope*), *hillshade* (model permukaan tanah, dll). Secara umum data SRTM ini dapat dimanfaatkan untuk berbagai tujuan seperti kepentingan militer, dan sipil.



Gambar 2.8 Cakupan SRTM (56 derajat LS - 60 derajat LU)
(Terra Image, 2014)

2.6.2 ASTER GDEM

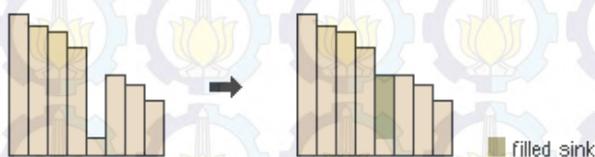
ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) adalah sensor milik Jepang dimana satu dari lima perangkat remot sensor yang menumpang pada Satelit Terra yang diluncurkan untuk mengorbit bumi oleh *NASA* pada 1999. Pengkoleksian data ASTER dimulai sejak tahun 2000. Pada juni 2009, *Global Digital Elevation Model (GDEM)* dirilis ke umum. Operasi gabungan antara *NASA* dan *Ministry of Economy, Trade, and Industry (METI)* Jepang, *GDEM* adalah pemetaan seluruh dunia yang pernah dibuat, mengcover 99% permukaan bumi. Dibandingkan dengan *DEM SRTM*, *ASTER GDEM*

mencakup pemetaan yang lebih besar dan resolusi yang lebih baik (30 meter). Tetapi, dengan resolusi dan cakupan area yang lebih baik dari data *DEM SRTM* tersebut tidak menjamin tingkat akurasi sebaik *DEM SRTM*. Pada tahun 2011 versi 2 *ASTER GDEM* dirilis untuk meningkatkan performa pada versi 1. Tetapi sayangnya kualitasnya masih sama seperti dahulu, beberapa penelitian dan pengamat mengatakan bahwa *ASTER GDEM 2*-pun masih lebih rendah tingkat ketelitiannya dibanding *DEM SRTM*. (LPDAAC, 2011)

2.7 Proses Pengolahan Model Permukaan Bumi dalam Penentuan Batas DAS

2.7.1 Perbaikan data DSM dan DEM

Perbaikan data DSM dengan langkah *Fill Sinks*. Fungsi *fill sink* menghilangkan *depression* atau *sink* yaitu kondisi dimana terdapat perbedaan elevasi yang mencolok dengan cakupan sangat kecil. Dalam pengolahan kajian hidrologi, hal ini dapat mengganggu perhitungan, maka perlu dihilangkan terlebih dahulu.



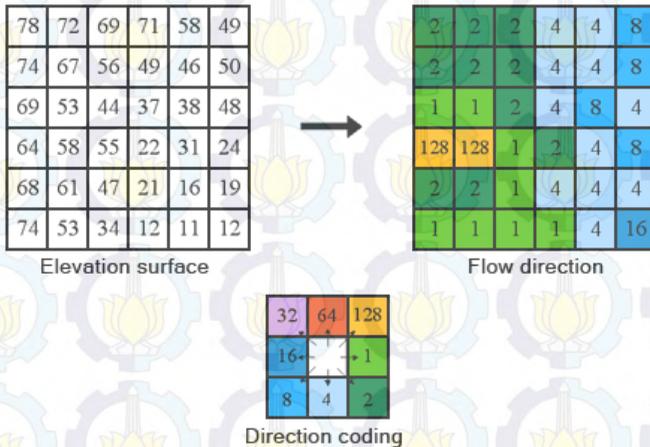
Gambar 2.9 (a) *sink* (b) Setelah proses *Sink* atau *Filled sink* (Esri, 2011)

2.7.2 Menentukan Arah Aliran (*flow direction*)

Salah satu kunci dalam mendapatkan turunan dari karakteristik hidrologi permukaan adalah dengan mendapatkan arah dari aliran pada tiap sel dalam raster (Esri, 2011). Algoritma yang umum digunakan dalam proses penentuan arah aliran adalah D8 method (Tarboton ,1989; Tarboton dan Bras, 1991; lihat juga pada Indarto, dkk., 2008).

Penentuan arah aliran antar pixel menurut algoritma ini dilakukan dengan membandingkan ketinggian relatif satu pixel

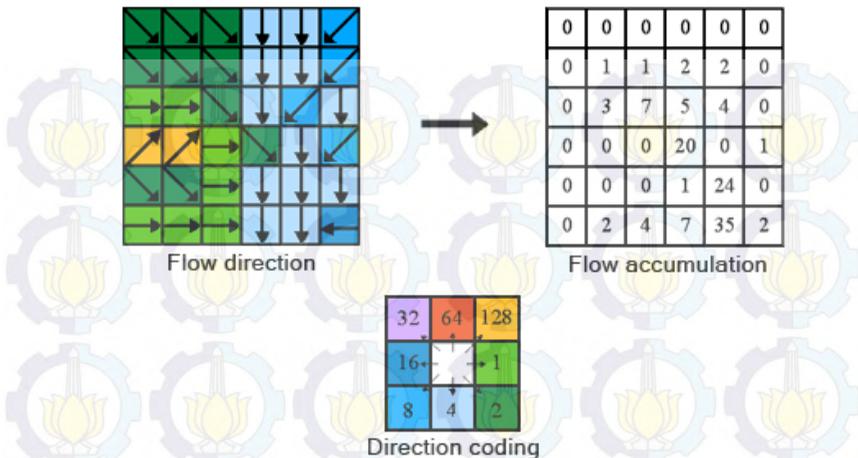
terhadap 8 pixel disekelilingnya. Selanjutnya, arah aliran ditentukan dari kemiringan tercuram terhadap pixel sekelilingnya. Arah aliran dibuat berdasarkan nilai ketinggian pada tiap piksel, yang ditentukan dengan 8 piksel di area piksel yang akan ditentukan arah alirannya. Dalam konsep dasar, arah aliran ditentukan dari nilai yang tinggi ke nilai yang lebih rendah. Pemberian simbol arah pada arah aliran menggunakan angka tiap penjuror mata angin. Sebagai contohnya, arah utara disimbolkan dengan angka 64, selatan dengan nilai 4, dan seterusnya seperti pada gambar 2.10. (Indarto, dkk., 2008)



Gambar 2.10 Menentukan arah air mengalir melalui suatu cell (Esri, 2011)

2.7.3 Menentukan Akumulasi Aliran (*Flow accumulation*)

Fungsi ini memodelkan mengenai jumlah akumulasi aliran air yang terjadi pada suatu liputan wilayah tertentu. Sebagai hasil ukur akan terdapat nilai akumulasi air yang biasanya juga identik dengan jaringan sungai yang sebenarnya di lapangan. (Hery, T.P., 2013)



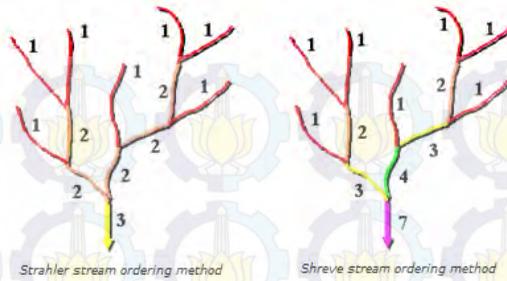
Gambar 2.11 Akumulasi air menurun ke setiap sel berdasarkan arah aliran (Esri, 2011)

2.7.4 Pembuatan Jaringan Sungai (*Stream Networks*)

Fungsi ini membuat jaringan sungai yang terdapat pada suatu lipatan wilayah tertentu. Dasar informasi yang digunakan adalah *flow accumulation*. *Flow accumulation* dikelaskan dengan menentukan nilai akumulasi aliran yang dianggap sebagai sungai. Secara teoritis, proses ekstraksi sungai dilakukan dengan mengumpulkan piksel-piksel yang memiliki kecenderungan arah aliran dan akumulasi yang sama, yang lokasinya berdekatan. (Hery, T.P., 2013)

2.7.5 Penentuan Orde Sungai (*Stream Segments*)

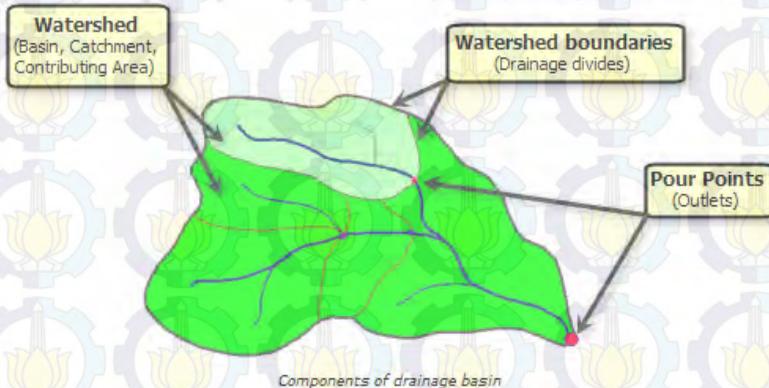
Fungsi ini membuat ordo-ordo (tingkatan) dalam jaringan sungai. Informasi yang dibutuhkan dalam membuat ini adalah *drainage network*. Metode tersebut dibuat oleh Strahler dan Shreve. (Hery, T.P., 2013)



Gambar 2.12 Orde sungai Strahler dan Shreve (Esri, 2011 dalam Hery, T.P., 2013)

2.7.6 Pengolahan Batas DAS

Fungsi ini adalah yang terpenting dalam pendeliniasian batas DAS. Informasi yang dibutuhkan adalah *drainage network ordering* dari *Digital Elevation Model/Digital Surface Model* yang telah dibersihkan atau diperbaiki melalui proses *fill sink*. Sebuah lokasi absolut titik lokasi muara atau *Pour Point* adalah titik di mana air mengalir keluar dari suatu DAS perlu diberikan untuk menentukan batas DAS (*watershed*). Setelah Batas DAS ditentukan maka dapat dihitung lebar DAS, keliling DAS, dan luas DAS. (Hery, T.P., 2013)



Gambar 2.13 Menentukan Batas DAS (Esri, 2011)

2.8 Kartografi

Kartografi ialah suatu teknik yang secara mendasar dihubungkan dengan kegiatan memperkecil keruangan suatu daerah yang luas sebagian atau seluruh permukaan bumi, atau benda-benda angkasa dan menyajikan dalam suatu bentuk yang dapat mudah diobservasi, sehingga dapat dimanfaatkan untuk kepentingan komunikasi (Irwansyah, E. 2013 : 104). Menurut ICA (International Cartography Association), kartografi adalah seni, ilmu pengetahuan dan teknologi tentang pembuatan peta-peta, sekaligus mencakup studinya sebagai dokumen-dokumen ilmiah dan hasil karya seni. Dalam konteks ini peta dianggap termasuk semua tipe peta, *plan* (peta skala besar), *charts*, bentuk tiga dimensional dan *globe* yang menyajikan model bumi atau sebuah benda angkasa pada skala tertentu. Kartografi menyediakan berbagai macam jenis tampilan pada muka peta untuk memberikan informasi yang mudah dimengerti dan menyajikan peta dengan indah (Kraak, M.J. and F.J. Ormeling, 2011).

2.9 True Colour Composite

Dalam menampilkan *colour composite image*, tiga warna utama (merah, hijau, dan biru) yang digunakan. Ketika ketiga warna ini dikombinasikan dengan proporsi yang bervariasi, mereka akan memproduksi berbagai warna yang berbeda dalam spektrum tampak. Asosiasi pada setiap band spektral untuk memisahkan hasil warna utama pada sebuah *composite image*. (CRISP, 2001)

Jika multispektral image mengandung dari tiga warna primer band (merah, hijau, biru), maka ketiga band tersebut dapat memproduksi sebuah *true colour composite image*. Dengan perpaduan antara ketiga band tersebut, akan menghasilkan sebuah warna yang mirip dengan kondisi muka bumi sebenarnya, dimana warna hasil *colour composite* tersebut menampilkan warna yang sangat jelas dan dapat di observasi oleh mata manusia (CRISP, 2001).

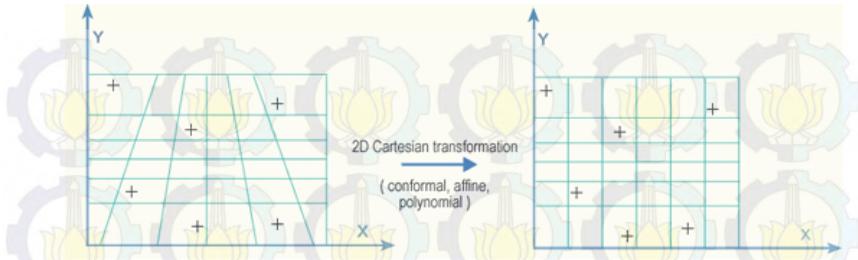
2.10 Transformasi Koordinat

Koordinat adalah suatu nilai linier atau angular yang menyatakan suatu posisi titik tertentu pada suatu sistem referensi yang telah ditentukan. Koordinat juga digunakan dalam istilah umum untuk menyatakan berbagai macam sistem referensi, seperti koordinat kartesian atau koordinat bola. Pemahaman akan hubungan antar sistem koordinat penting untuk dipahami karena sering adanya perbedaan antar sistem koordinat dalam menggambarkan bentuk geometris. Hubungan tersebut dijelaskan oleh transformasi koordinat. (Gloeckler, F., dkk, 1996)

Sehingga dapat disimpulkan transformasi koordinat adalah perubahan sistem koordinat dari sistem koordinat satu ke sistem koordinat lainnya. Pada penelitian ini dibatasi pembahasan Transformasi Koordinat Geodetik ke Koordinat Universal Transverse Mercator (UTM) dan sebaliknya.

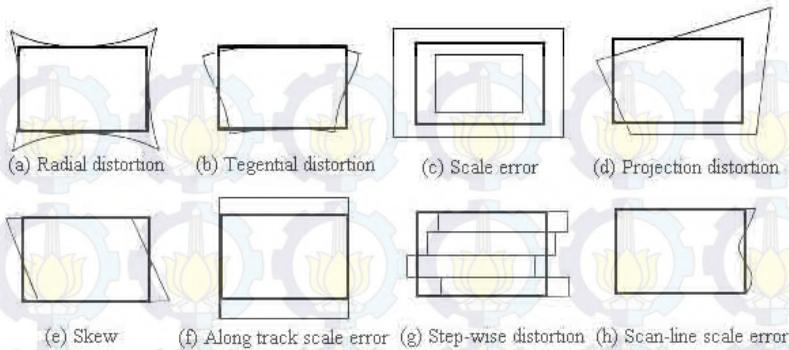
2.11 Koreksi Geometrik

Koreksi geometrik merupakan proses memposisikan citra agar sesuai dengan koordinat permukaan bumi yang sebenarnya. Koreksi ini dilakukan karena terjadi ketidaktepatan dalam memposisikan koordinat citra ke koordinat sebenarnya (Gambar 2.15 dan 2.16). Ada beberapa metode yang dapat dilakukan dalam pengkoreksian ini, antara lain triangulasi, polinomial, orthoraktifikasi dengan menggunakan titik-titik kontrol lapangan (*ground control point*), proyeksi peta ke peta, dan registrasi titik yang telah diketahui. Dalam tulisan ini hanya diterangkan koreksi dengan cara polinomial dengan cara menyiapkan citra satelit yang telah terkoreksi di daerah yang sama dengan citra yang akan dikoreksi. Koreksi citra berdasarkan citra satelit lain yang telah dikoreksi disebut *image to image*. (Mapper., E.R. 1998)

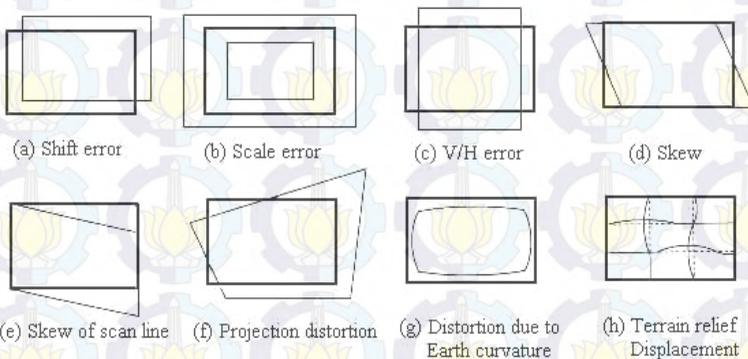


Gambar 2.14 Prinsip dasar dalam merubah dari satu proyeksi yang tidak diketahui menjadi proyeksi sebenarnya menggunakan transformasi kartesian 2D. Sejumlah titik kontrol 2D diperlukan untuk menentukan hubungan antara kedua sistem. Jumlah titik kontrol minimal empat titik. (Knippers, 2009)

Langkah pertama dalam koreksi geometrik dengan cara polinomial adalah menentukan titik-titik pada citra yang mudah dikenali, misalnya perpotongan jalan, lekukan sungai, serta kenampakan lain yang jelas terlihat pada kedua citra. Jumlah titik yang dicatat koordinatnya minimal empat titik. Koordinat pada citra yang terkoreksi dicatat kemudian koordinat pada setiap titik yang sama dimasukkan ke dalam titik-titik pada citra yang dikoreksi. Besar nilai distorsi yang dihasilkan nantinya akan ditunjukkan dengan nilai pergeseran piksel atau biasa disebut *root mean square error* (RMSE). (Mapper, E.R., 1998)



Gambar 2.15 Kesalahan geometrik distorsi internal (*Internal Distortion*). (Bismpianni, A., 2007.)

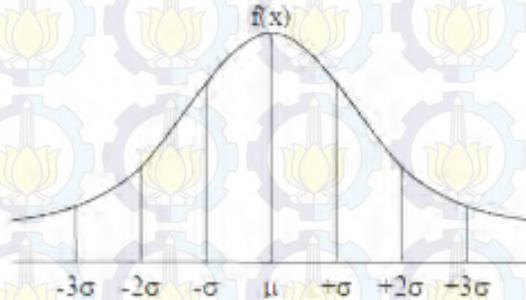


Gambar 2.16 Kesalahan geometrik distorsi eksternal (*External Distortion*). (Bismpianni, A., 2007.)

2.12 Ketelitian Planimetrik Peta

Ketelitian peta adalah ketepatan, kerincian dan kelengkapan data dan atau informasi georeferensi dan tematik (Peraturan Pemerintah No. 10 tahun 2000). Tingkat ketelitian suatu peta berkaitan dengan kesanggupan skala peta dalam menyatakan ketelitian, sehingga hal ini akan berkaitan dengan luas dan kerapatan detail yang disajikan. Ketelitian pengukuran pada dasarnya akan berkaitan dengan toleransi pengukuran

berdasarkan pembagian selang kepercayaan lengkungan normal Gauss (tabel 2.4) yang dapat digambarkan dalam seperti pada Gambar 2.18. (Eko, 2010)



Gambar 2.17 Kurva lengkungan normal Gauss (Yitnosumarto, 1990 dalam Eko, 2010)

Tabel 2.4 Toleransi pengukuran berdasarkan taraf tingkat kepercayaan (Yitnosumarto, 1990 dalam Eko, 2010)

Toleransi Pengukuran	Tingkat kepercayaan
$\mu \pm \sigma$	68,3%
$\mu \pm 2\sigma$	95,4%
$\mu \pm 3\sigma$	99,7%

Pada penelitian ini digunakan toleransi pengukuran ($\mu \pm 3\sigma$) dengan tingkat kepercayaan 99,7%. Artinya jika pengukuran dilapangan dilakukan sebanyak 100 kali, maka 99 pengukuran hasilnya akan memenuhi atau masuk toleransi ketelitian ($\mu \pm 3\sigma$), yaitu 0,3 mm. (Eko, 2010)

Skala peta adalah perbandingan antara suatu jarak di atas peta dengan jarak yang sama di atas permukaan bumi. Skala peta menyatakan tingkat ketelitian dari peta. Untuk tingkat kepercayaan 99,7% ($\mu \pm 3\sigma$), Menurut Eko 2010 skala peta dapat dihitung ditentukan menggunakan persamaan:

$$\text{.Skala Peta} = \frac{\text{Ketelitian}}{0,3 \text{ mm}} \dots\dots\dots (18)$$

2.13 Perangkat Lunak Pengolahan

Pengolahan citra dan *DEM* pada penelitian ini dilakukan menggunakan perangkat lunak pengolahan data raster dan vektor yang dikembangkan oleh ESRI yaitu ArcGIS. Di dalam ArcGIS terdapat dua perangkat lunak utama yang digunakan dalam proses pengolahan yaitu ArcMap10.0 dan ArcScene10.0. Secara umum dapat dikatakan bahwa perangkat lunak tersebut telah memenuhi dalam kegiatan pengolahan data raster dan vektor karena didukung oleh fasilitas yang memadai sehingga diharapkan dapat mendukung di dalam penelitian ini.

2.14 Penelitian Terdahulu

Suwandana, dkk. (2012), telah melakukan penelitian tentang perbandingan antara DEM SRTM, ASTER GDEM, dan DEM Topo terhadap GPS-RTK yang dipublikasikan dalam jurnal ilmiah ISSN Remote Sensing yang berjudul “Evaluation of ASTER GDEM2 in Comparison with GDEM1, SRTM DEM and Topographic-Map-Derived DEM Using Inundation Area Analysis and RTK-dGPS Data”. Penelitian ini menghasilkan informasi tambahan kepada publik dan tim validasi GDEM2 mengenai kualitas data GDEM2. Analisa daerah genangan dari proyek DAM Karian (Indonesia) dan data RTK-dGPS yang dikoleksi dari DAS Ciujung yang digunakan untuk menguji kualitas data GDEM2. Hasil dari analisa area genangan menunjukkan bahwa data GDEM2 sangat meningkat dengan pengurangan void (kekosongan) dan anomali sehingga menghasilkan MCL yang lebih baik daripada GDEM1, tetapi masih belum sebaik data DEM lainnya. MCL yang diproduksi dari GDEM2 ialah 64 m, dimana memiliki nilai MCL yang lebih baik dibanding dengan GDEM1 (55 m) dan mendekati MCL yang diproduksi oleh Topo-DEM (62 m) dan SRTM-DEM (69 m). Tetapi, akurasi vertikal GDEM2 didapatkan lebih rendah daripada GDEM1 dan DEM lainnya, sebagai acuan menggunakan RTK-dGPS dan nilai

RMSE. Rata-rata nilai RMSE untuk Topo-DEM, SRTM, GDEM1 dan GDEM2 adalah 3.204, 3.250, 4.045, dan 5.683, secara berurutan. Ini menunjukkan nilai kesalahan vertikal pada ASTER GDEM lebih rendah dibandingkan DEM SRTM.

Hery, T.P. (2013), dengan penelitiannya yang berjudul “Ekstraksi Morfometri Daerah Aliran Sungai dari Data Digital Surface Model”. UGM (Studi Kasus Das Opak), menghasilkan kesimpulan adanya perbedaan batas DAS data RBI, ASTER GDEM, SRTM, dan DAS BPDAS serayu Opak yang menunjukkan luasan berbeda-beda, batas DAS dari ASTER GDEM dan DEM SRTM memiliki luasan yang hampir sama. Kedua luasan batas DAS dari kedua data DEM ini-pun sama dengan DAS RBI, tetapi sangat berbeda dengan luas DAS BPDAS Serayu Opak. Berdasarkan hasil penelitian, data Digital Surface Model ASTER GDEM v2 dikatakan lebih baik dalam menggambarkan DAS dibandingkan data Digital Elevation Model (RBI Bakosurtanal 2004 skala 1:25.000).

Kedua penelitian di atas memiliki pertentangan hasil dimana pada penelitian Suwandana, dkk (2012) menyatakan bahwa nilai ketelitian tinggi pada ASTER GDEM lebih rendah dibandingkan DEM SRTM, sedangkan pada penelitian Hery, T.P. (2013) menyatakan batas DAS yang diolah lebih teliti ASTER GDEM dibanding DEM SRTM. Selain itu, data batas BPDAS dibuat berdasarkan Peta RBI, sehingga jika terjadi perbedaan batas DAS dari RBI yang diolah tersebut berbeda dengan data BPDAS, dapat ditarik kesimpulan adanya kesalahan pada proses pengolahan yang ada. Karena terjadi kerancuan dalam kesimpulan yang dihasilkan, pada penelitian selanjutnya menimbulkan hipotesa dan hasil yang baru sehingga dapat digunakan untuk menguji, menguatkan, atau mengoreksi penelitian sebelumnya.



“halaman ini sengaja dikosongkan”

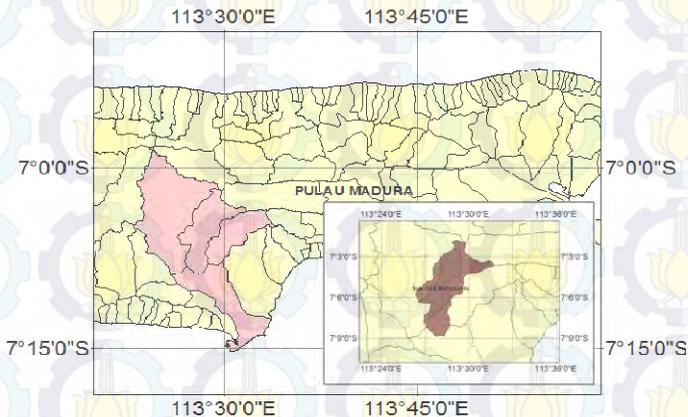
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

3.1.1 Deskripsi Lokasi Penelitian

Penelitian ini mengambil studi kasus di Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam. Secara geografis, Sub DAS Bungbuntu terletak di $7,027^{\circ}$ - $7,15^{\circ}$ LS dan $113,438^{\circ}$ - $113,529^{\circ}$ BT, secara administratif terletak di dalam Kabupaten Pamekasan, Jawa Timur. Deliniasi kawasan penelitian menggunakan batasan ekologi yaitu pembagian Sub DAS Bungbuntu yang telah ditetapkan oleh BPDAS. Menurut data statistik BPDAS tahun 2007, Sub DAS Bungbuntu merupakan kawasan DAS budidaya yang memiliki tingkat kepadatan penduduk yang sangat padat dengan jumlah penduduknya sebanyak 137.277 orang. Kebutuhan adanya pembukaan lahan terkadang malah merusak rencana tatanan untuk pengelolaan daerah aliran sungai itu sendiri yang dapat mengakibatkan bencana alam bagi penduduk dalam kawasan DAS tersebut. Lokasi penelitian disajikan pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian
Sub DAS Bungbuntu, DAS Tarokam, Pamekasan

3.1.2 Topografi dan Bentuk Wilayah DAS Bungbuntu

Menurut BPDAS, tingkat kemiringan lereng rata rata pada Sub DAS Bungbuntu ialah antara 8-15%. Sub DAS Bungbuntu merupakan Sub DAS dengan tingkat nisbah kebulatan kurang dari 0,25 sehingga bentuk Sub DAS Bungbuntu dikategorikan dalam bentuk Sub DAS yang memanjang dimana debit puncak datangnya cepat begitu juga dengan penurunannya.

3.1.3 Jenis Tanah dan Geologi Sub DAS Bungbuntu

Jenis tanah yang terdapat pada SubDAS Bungbuntu antara lain Aluvial, glel, planosol. Hidromorf kelabu, laterit grumosol, dan podsolik. Sedangkan untuk struktur geologinya, Sub DAS Bungbuntu tersusun atas Alluvium (Qa), Sedimen Plistosen (Qps), Batu Gamping Mio-Pilosen (Tplr).

3.1.4 Drainase dan Curah Hujan

Sub DAS Bungbuntu memiliki kedalaman lapisan kedap air antara 10-15cm dengan tingkat kerapatan drainase dengan nilai 1,65. Dengan nilai tersebut, dapat menunjukkan bahwa tingkat kerapatan sungainya tergolong sedang, sehingga dapat disimpulkan alur sungai melewati batuan dengan resistensi yang lebih lunak sehingga angkutan sedimen yang terangkut akan lebih besar. Curah hujan rata rata harian 80mm/hr, bulanan 57 mm/bln, dan tahunan 684 mm/thn. Dengan tingkat curah hujan yang tinggi, Sub DAS Bungbuntu pernah mengalami kejadian banjir pada tanggal 28 Januari 2006 dengan kondisi rumah penduduk terendam serta sawah tergenang dan terancam gagal panen.

3.2 Data dan Peralatan

3.2.1 Data

Data primer merupakan data yang diolah pada penelitian ini yang diperoleh dengan cara mengunduh data yaitu:

1. Landsat 8
2. ASTER GDEM V2
3. dan Data DEM SRTM V4

Sedangkan untuk data sekunder merupakan data pendukung yang diperoleh dari suatu instansi atau lembaga pemerintah terkait dan menyediakan data untuk penelitian ini, meliputi:

1. Data Peta RBI 1:25.000
2. Data Batas Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam Pamekasan (BPDAS)
3. Data Morfometri DAS Bungbuntu DAS Tarokam Pamekasan (BPDAS)
4. Data Jaringan Sungai Sub DAS Bungbuntu (BPDAS)

3.2.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

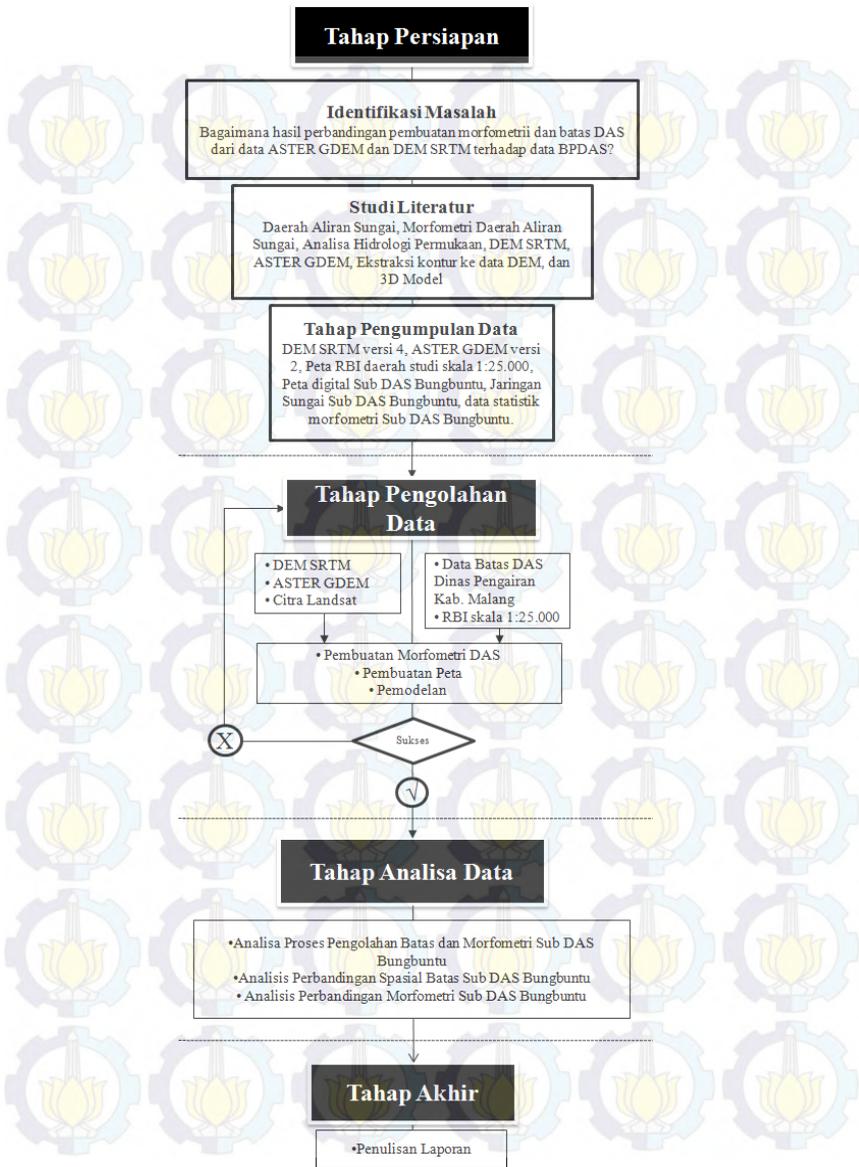
1. Perangkat Keras (*Hardware*)
Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini ialah seperangkat komputer pribadi.
2. Perangkat Lunak (*Software*)
 - Sistem Operasi Windows 7 Professional
 - Microsoft Office 2010
 - ENVI 4.6.1
 - ArcGIS 10

3.3 Metodologi Penelitian

Pada metodologi penelitian ini akan dijelaskan mengenai tahapan dalam penelitian, pengambilan data, dan pengolahan data untuk menentukan morfometri dan batas Sub DAS Bungbuntu yang nantinya menghasilkan beberapa analisa.

3.3.1 Tahapan Penelitian

Adapun tahap penelitian digambarkan secara umum dengan diagram alir sebagai berikut (gambar 3.2):



Gambar 3.2 Tahapan Penelitian

Berikut akan dijelaskan mengenai tahapan diagram alir pada gambar 3.2:

1. Tahap Persiapan

Dalam tahap ini, kegiatan yang dilakukan antara lain:

- Identifikasi Masalah

Permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana perbedaan batas dan morfometri pada suatu DAS dari hasil pengolahan data DSM dan *DEM*.

- Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk mendapatkan referensi yang berhubungan dengan Daerah Aliran Sungai, pemodelan *DEM*, tutupan lahan, *DEM* dan literatur lain yang mendukung baik dari buku, jurnal, majalah, internet dan lain sebagainya.

- Pengumpulan Data

Pengumpulan data yaitu berupa data Spasial berupa Peta RBI, *DEM SRTM*, *ASTER GDEM*, dan data Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam.

2. Tahap Pengolahan Data

Pada tahapan ini dilakukan pengolahan dari data yang telah didapat dari instansi sebagai data yang dianggap benar dan data penunjang lainnya yang akan diolah. Tahap pengolahan data, lebih lanjut dijelaskan pada Gambar 3.3.

3. Tahap Analisis

Dari pengolahan data dilakukan analisa untuk mendapatkan perbandingan dari batas Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam pengolahan *DEM SRTM* dan *ASTER GDEM* terhadap data BPDAS Brantas.

4. Tahap Akhir

Penyusunan laporan merupakan tahap terakhir dari penelitian ini agar hasil penelitian ini bisa bermanfaat dan diketahui orang lain.

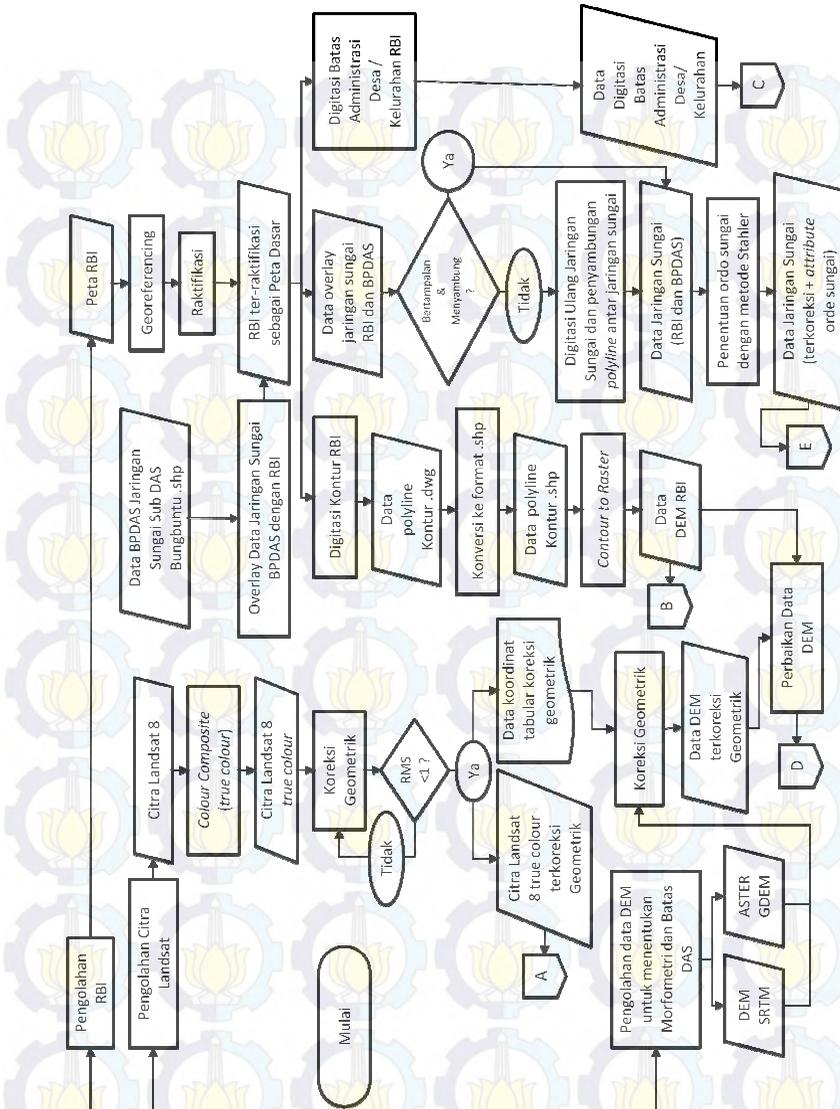
3.3.2 Pengambilan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari *DEM SRTM* lokasi penelitian tahun 2012, *ASTER GDEM* tahun 2011, Peta RBI, dan Data Sub DAS BungbuntuDAS Tarokam area studi. Adapun teknik pengambilan data dijelaskan sebagai berikut:

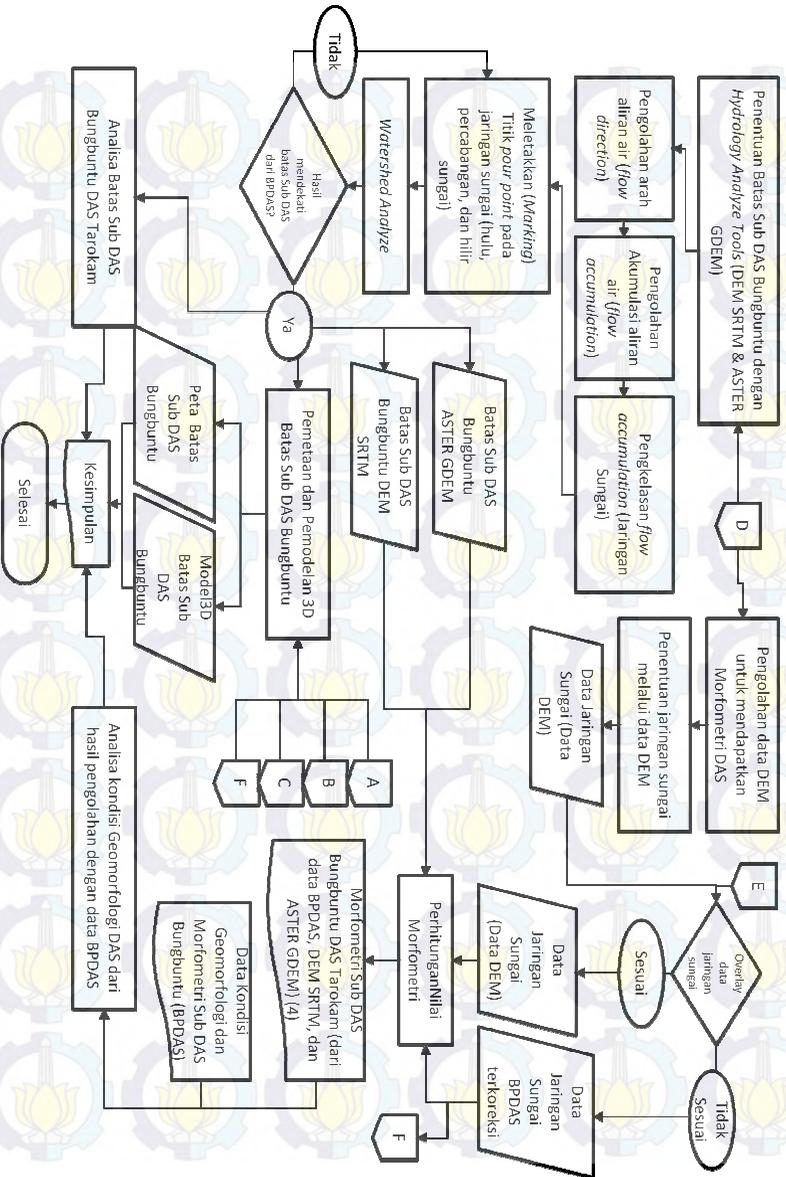
1. Pengambilan data DSM
Data DSM diunduh melalui situs earthexplorer.usgs.gov dengan cakupan area studi yang diinginkan.
2. Pengambilan data Peta RBI
Peta RBI didapatkan dari Badan Informasi Geospasial berupa peta dalam bentuk raster.
3. Citra Landsat8
Citra Landsat 8 dapat diunduh secara free melalui situs earthexplorer.usgs.gov dengan cakupan area studi yang diinginkan.
4. Pengambilan data Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam
Pengambilan data batas Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam, didapatkan dari BPDAS Brantas, Jalan Raya Juanda No.6 Sidoarjo dan data statistik morfometri didapatkan dari data statistik terbaru BPDAS Samean/Madura tahun 2007.

3.3.3 Pengolahan Data

Metode pengolahan yang dilakukan dibagi menjadi tiga tahapan, pertama pengolahan data BPDAS dan Peta RBI, kedua pengolahan Batas dan Morfometri dari data *DEM SRTM* dan *ASTER GDEM*, ketiga pembuatan peta dan 3D model. Pengolahan data dilakukan mulai dari pengolahan data BPDAS dan RBI, pengolahan Citra satelit, pengolahan data *DEM*, dan yang terakhir pembuatan peta dan pemodelan 3D. Alur kerja pengolahan dalam penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 3.3.



Gambar 3.4 Diagram alir pengolahan data (Bagian 1)



Gambar 3.4 Diagram alir pengolahan data (Bagian 2)

Keterangan:

1. Data

Pada proses pengolahan, diperlukan data yang diolah untuk mendapatkan morfometri DAS tersebut. Data yang diperlukan antara lain *DEM SRTM*, *ASTER GDEM*, Peta RBI Skala 1:25000, dan Data Sub Bungbuntu DAS Tarokam dari instansi yang menaungi. Dari data tersebut nantinya digunakan sebagai data peta DAS, dan Citra Landsat yang nantinya sebagai latar belakang peta pada pemodelan 3D-nya.

2. Pengolahan Peta Dasar dan data BPDAS

- Raktifikasi Peta Dasar

Pada proses awal dilakukan georeferencing pada RBI dengan mengambil *GCP* pada grid untuk diproyeksikan ke koordinat sebenarnya. Kemudian setelah georeferencing selesai kita melakukan proses raktifikasi pada RBI. Peta RBI menjadi dasar dari pengolahan citra dan *DEM* lainnya.



Gambar 3.5 Peta RBI ter-raktifikasi dengan sistem koordinat UTM

- Pengolahan dan Pengkoreksian Data BPDAS ke RBI

Data yang dikeluarkan oleh BPDAS mengacu pada peta RBI. Walaupun begitu, data turunan tersebut tidaklah sempurna peta dasarnya yaitu peta RBI. Beberapa kesalahan akan menyebabkan hasil pengolahan yang berbeda, maka dari itu sebelum pengolahan dilakukan, data vektor milik BPDAS dikoreksi ulang terhadap peta RBI. Salah satunya yang perlu dikoreksi ialah data

jaringan sungai. Pengkoreksian data vektor jaringan sungai dilakukan pada proses penambahan atribut kolom nilai ordo sungai. Ordo sungai yang ditentukan dengan metode Stahler diperlukan jaringan yang terus menerus menyambung, sehingga selain menentukan ordo sungai, dilakukan proses *editing* pada jaringan sungai agar saling menyambung satu sama lain.

- Pengolahan data DEM RBI

Dalam menentukan data morfometri dan batas DAS, BPDAS menggunakan peta RBI sebagai peta dasar. Maka dari itu, dibuat data *DEM* yang diekstraksi dari garis kontur peta RBI. Data *DEM* RBI dibuat untuk data dasar yang dibandingkan terhadap data *DEM SRTM* dan *ASTER GDEM* yang diolah. Prosesnya yaitu dengan menginterpolasi data kontur ke dalam bentuk raster. Hasil *DEM* yang dibentuk dari data kontur dilakukan iterasi sebanyak 100 kali dengan ukuran sel piksel 10x10 meter.

- Digitasi Batas Administrasi Desa

Data administrasi desa didigitasi ulang berdasarkan peta RBI yang telah teraktifasi. Data digitasi batas administrasi desa ini menunjukkan desa mana saja yang akan masuk di dalam SubDAS Bungbuntu DAS Tarokam.

3. Tahap Pengolahan Citra Landsat 8

Landsat 8 merupakan produk dari USGS NASA sama halnya seperti *DEM SRTM* dan *ASTER GDEM*. Dari segi geometrik, data *DEM* dan Landsat memiliki kesamaan mulai dari sistem proyeksi, datum, serta instansi yang mengeluarkan. Landsat 8 memiliki beberapa *band* yang dapat menghasilkan suatu kenampakan muka bumi dalam bentuk warna yang mudah diinterpretasi oleh mata, sedangkan data *DEM SRTM* dan *ASTER GDEM* berupa data elevasi di tiap pikselnya sehingga kurang mampu dalam proses interpretasi objeknya. Berdasarkan hal tersebut, nilai koreksi geometrik diambil dari citra Landsat 8 yang menjadi dasar pengkoreksian geometrik pada data *DEM SRTM* dan *ASTER*

GDEM terhadap peta RBI. Selain itu, *true colour composite* Citra Landsat 8 digunakan sebagai latar belakang pada pemodelan 3D kawasan SubDAS Bungbuntu DAS Tarokam.

4. Koreksi Geometrik

Koreksi geometrik dilakukan pada dua data yang diproduksi oleh instansi yang berbeda, yaitu antara produk Indonesia berupa Peta RBI dan produk *USGS NASA* berupa data *DEM* dan citra satelit Landsat 8. Yang dijadikan sebagai dasar koreksi geometrik ialah peta RBI. Proses koreksi geometrik dilakukan dengan mengambil kenampakan alam sungai berdasarkan citra Landsat 8 *true colour composite* yang ditampalkan ke Peta RBI. 8 titik yang merepresentasikan bentuk sungai diambil sebagai koreksi geometrik dari Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam.



Gambar 3.6 Jaring pada koreksi geometrik.

5. Transformasi koordinat Geografis ke UTM

Data *DEM SRTM* dan *ASTER GDEM* diproyeksikan ke dalam sistem koordinat UTM terlebih dahulu dengan tujuan untuk menyamakan sistem referensi dari berbagai macam data ke dalam satu sistem referensi, sekaligus memudahkan proses perhitungan morfometrinya karena dalam satuan meter.

6. *Cropping*

Setelah *DEM* dtransformasi dan di koreksi geometrik kemudian dilakukan proses *cropping* area studi yaitu berdasarkan area sekitar Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam. Proses *cropping* ini bertujuan untuk memperingan proses pengolahan yang dilakukan.



Gambar 3.7 Data citra Landsat 8 (kiri), radar *DEM SRTM* (tengah), dan *ASTER GDEM* (kanan) setelah di transformasi dan di *cropping*

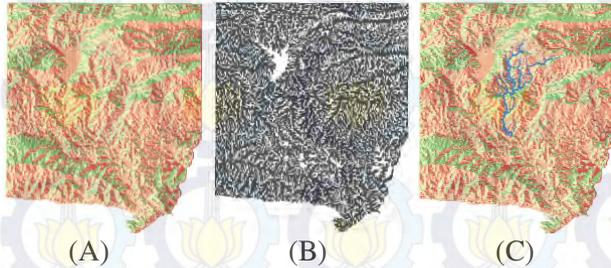
7. Penentuan Ordo Jaringan Sungai

Setelah data jaringan sungai selesai dikoreksi, dilakukan penentuan ordo sungai dengan metode stahler, yaitu alur sungai paling hulu yang tidak memiliki cabang disebut dengan orde pertama (1), pertemuan antara orde pertama disebut orde kedua (orde 2), demikian seterusnya sampai pada sungai utama ditandai dengan nomor orde yang paling besar (Sub bab 2.3.1.4).

8. Pengolahan Hidrologi Permukaan untuk menentukan aspek pembuatan DAS

Data *DEM SRTM* dan *ASTER GDEM* digunakan sebagai data utama yang diolah untuk mendapatkan batas SubDAS Bungbuntu DAS Tarokam. Pada awalnya dilakukan perbaikan pada data *DEM* untuk mengisi kekosongan data yang terdapat pada tiap piksel *DEM*. Data *DEM* yang telah diperbaiki selanjutnya diolah dalam perangkat lunak pengolahan hidrologi permukaan. Proses tersebut akan menentukan mulai dari aliran air, akumulasi aliran, jaringan sungai, dan orde sungainya. Sayangnya di dalam penentuan jaringan sungai oleh data *DEM SRTM* dan *ASTER GDEM* tidak sesuai dengan jaringan sungai pada peta RBI. Sehingga perhitungan morfometri jaringan sungai dari data *DEM*

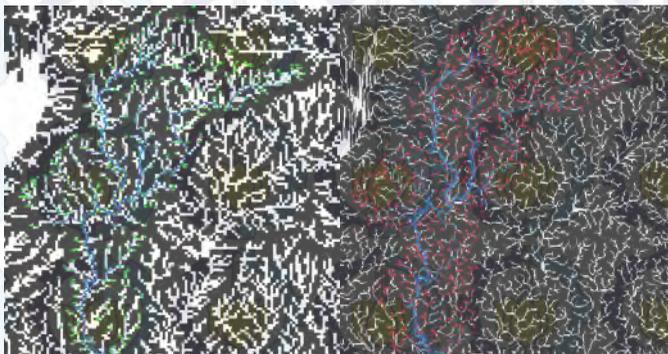
SRTM dan *ASTER GDEM* diganti dengan data vektor jaringan sungai terkoreksi milik BPDAS untuk mendapatkan nilai tingkat percabangan dalam Morfometri Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam. Proses pengolahan ini dilakukan sesuai dengan penjelasan pada Bab 2.6.



Gambar 3.8 (A) Arah aliran; (B) Akumulasi aliran; (C) Jaringan sungai

9. Pembuatan Batas DAS

Pembuatan batas DAS memperhatikan parameter akumulasi aliran dan jumlah *Pour Point* sebagai penanda adanya aktifitas aliran air yang terjadi di dalam DAS. *Pour point* tersebut diletakkan di sepanjang percabangan pada akumulasi aliran hingga hilir atau pertemuan antar SubDAS yang masih bersambungan.



Gambar 3.9 Titik *pour point* pada *DEM SRTM* (kiri) dan *ASTER GDEM* (kanan)

10. Perhitungan Morfometri Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam

Data morfometri dari Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam dapat dihitung setelah ditentukan ordo sungai, jaringan sungai, dan batas DAS itu sendiri. Setelah data tersebut terkumpul, kemudian dihitung morfometri Sub DASnya untuk nantinya dibandingkan dan dianalisa. Perhitungan morfometri tersebut ditunjukkan oleh parameter sebagai berikut:

- Luasan DAS. Luasan DAS diperoleh menggunakan luasan yang didapat dari vektor poligon yang membentuk batas DAS
- Panjang dan lebar DAS. Dihitung menggunakan persamaan (1) di dalam Bab 2.2
- Kemiringan atau Gradien Sungai. Dihitung menggunakan persamaan (2) di dalam Bab 2.2
- Tingkat Percabangan Sungai. Dihitung menggunakan persamaan (3) dan (4) di dalam Bab 2.2
- Kerapatan Sungai. Dihitung menggunakan persamaan (5) di dalam Bab 2.2
- Bentuk Daerah Aliran Sungai. Dihitung menggunakan persamaan (6) di dalam Bab 2.2

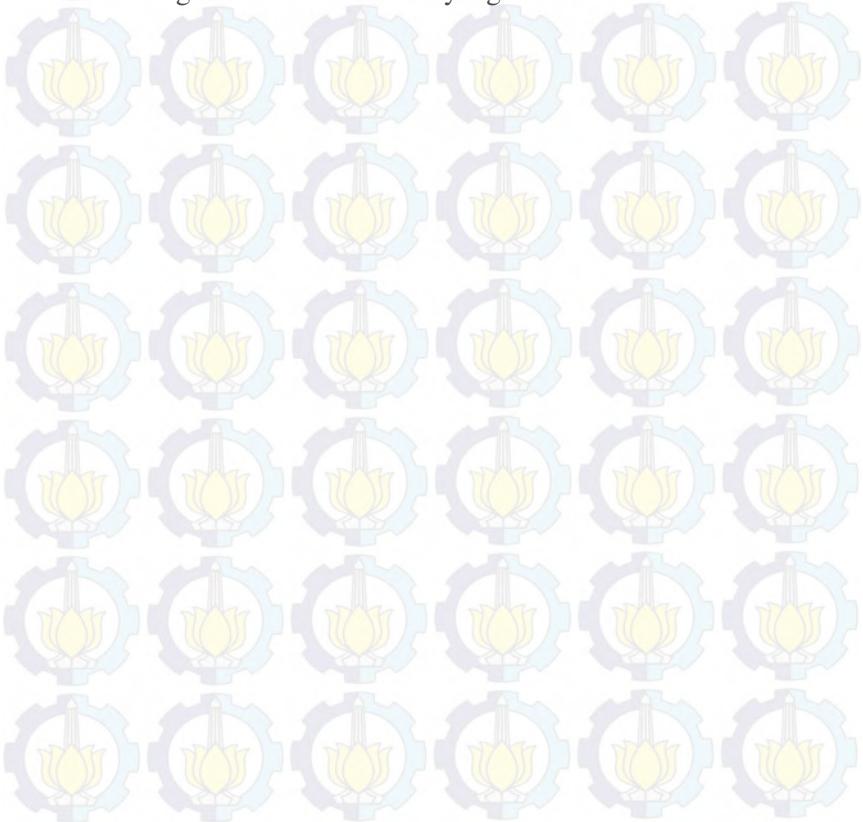
11. Pembuatan Peta DAS dan Pemodelan 3D batas DAS

Data batas Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam dari *DEM* kemudian ditampilkan dengan data batas dari BPDAS. Nantinya akan ditemukan perubahan batas DAS dari ketiga data tersebut. Pada pembuatan peta dilakukan pembuatan hillshade untuk menampilkan efek 3D pada peta 2D. Ditampilkan juga batas administrasi Desa untuk mengetahui desa mana saja yang masuk dalam kawasan Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam. Kemudian dilakukan proses kartografi untuk membuat Peta Batas Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam. (Gambar 4.4)

Dalam menentukan skala pada peta, dalam penelitian ini digunakan toleransi pengukuran tingkat kepercayaan 98,5%, yaitu

1,5 mm. Skala peta dapat dihitung ditentukan menggunakan persamaan 18.

Pada pemodelan 3D, citra Landsat 8 dengan *band true colour composite* (5,4,3 (gambar 4.1)) digunakan sebagai latar belakang pemodelan 3D. Kemudian pada layer di atasnya ditampilkan batas DAS dan jaringan sungai. Tampilan model 3D ditunjukkan pada gambar 4.7. Selain memberikan nilai informasi tambah dalam bentuk 3D, pembuatan model ini digunakan untuk memudahkan dalam proses analisa pada perbedaan hasil pengolahan batas Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam yang ada.

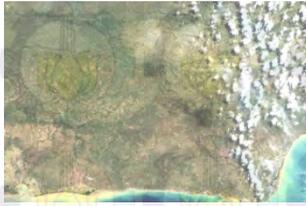




“halaman ini sengaja dikosongkan”

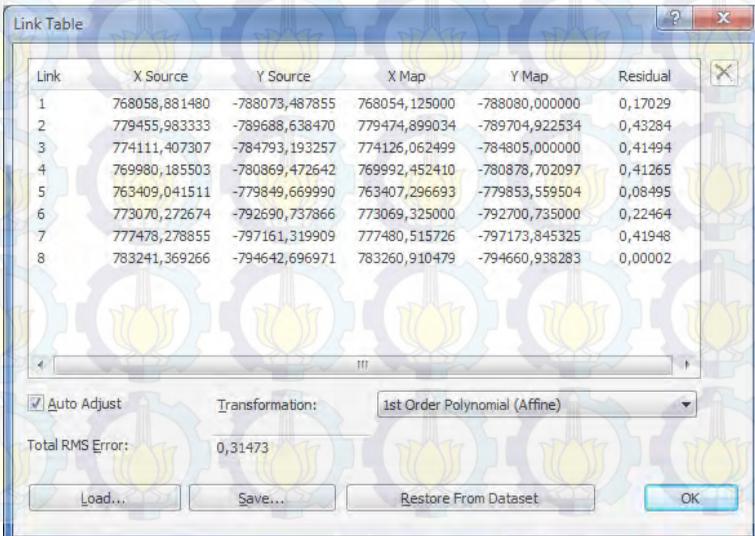
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

1.1 Hasil 1.1.1 Koreksi Geometrik



Gambar 4.1 Landsat 8 *True Colour* Pulau Madura

Koreksi geometrik dilakukan pada hasil yang diperoleh dari pengolahan *true colour composite* citra Landsat 8. Data tabular koreksi geometrik pada Landsat 8 digunakan sebagai dasar pengkoreksian geometrik pada data DEM.



Link	X Source	Y Source	X Map	Y Map	Residual
1	768058,881480	-788073,487855	768054,125000	-788080,000000	0,17029
2	779455,983333	-789688,638470	779474,899034	-789704,922534	0,43284
3	774111,407307	-784793,193257	774126,062499	-784805,000000	0,41494
4	769980,185503	-780869,472642	769992,452410	-780878,702097	0,41265
5	763409,041511	-779849,669990	763407,296693	-779853,559504	0,08495
6	773070,272674	-792590,737866	773069,325000	-792700,735000	0,22464
7	777478,278855	-797161,319909	777480,515726	-797173,845325	0,41948
8	783241,369266	-794642,696971	783260,910479	-794660,938283	0,00002

Auto Adjust Transformation: 1st Order Polynomial (Affine)

Total RMS Error: 0,31473

Buttons: Load..., Save..., Restore From Dataset, OK

Gambar 4.2 Nilai total RMS Error sebesar 0,31473

Hasil data tabular koreksi geometrik pada citra Landsat digunakan sebagai dasar untuk mengkoreksi data *DEM*. Dari hasil koreksi geometrik, menunjukkan bahwa nilai total RMS yang didapat sebesar 0,31473 pada 8 titik kontrol (Gambar 3.6 dan 4.2).

1.1.2 *DEM* Ekstraksi Garis Kontur Peta RBI

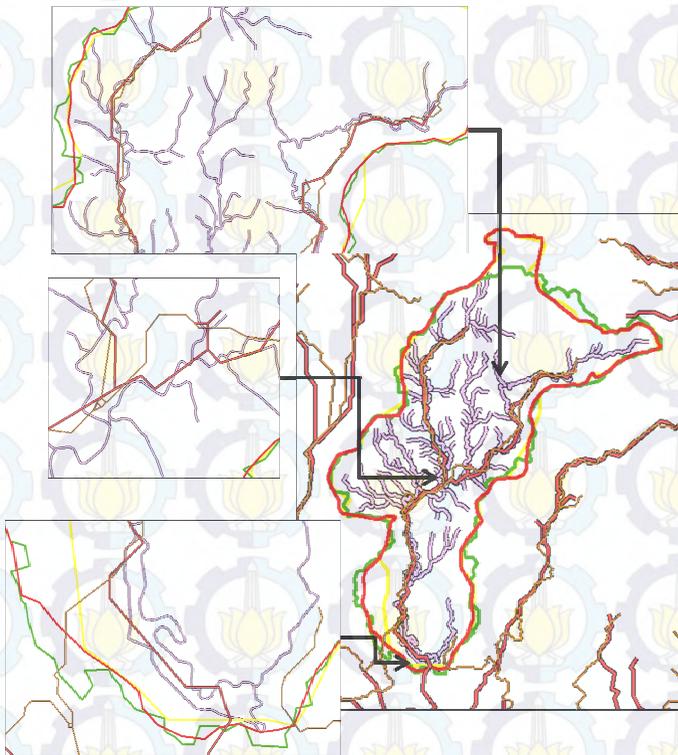
Dalam pembuatan morfometri dan batas DAS, salah satu parameter utama ialah peta topografi yang digunakan untuk menentukan tangkapan air hujan pada suatu daerah atau biasa disebut Daerah Aliran Sungai (dalam bahasa Inggris *watershed*). Berdasarkan data dari BPDAS yang ada, data morfometri dan batas DAS dibuat berdasarkan Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) keluaran Badan Informasi Geospasial (BIG). Garis kontur tersebut berdasarkan Peta RBI skala 1:25.000 dan 1:50.000 dengan interval kontur 12,5 dan 25 meter. Dalam pembuatan *DEM* dari garis kontur RBI, untuk menghasilkan *DEM* yang mendekati garis kontur RBI, dilakukan penentuan iterasi dalam software sebanyak 100 kali dan keluaran nilai ketinggian tiap *cell* sebesar 10 meter (lebih kecil daripada interval kontur terkecil yaitu 12,5 meter). Pada gambar 4.3 menunjukkan hasil ekstraksi garis kontur RBI sebelum dan sesudah diolah menjadi *DEM*.



Gambar 4.3 Garis kontur RBI interval 12,5 dan 25 meter (kiri) dan *DEM* ekstraksi garis kontur Peta RBI skala 1:25.000 (kanan)

1.1.3 Jaringan Sungai

Penentuan jaringan sungai pada *DEM SRTM* dan *ASTER GDEM* tidak mendapatkan jaringan sungai yang sesuai dengan jaringan sungai pada Peta RBI. Karena kerancuan penentuan jaringan sungai yang ditimbulkan oleh data *DEM*, maka penentuan jaringan sungai dibuat berdasarkan data BPDAS yang didasarkan pada Peta RBI skala 1:25.000. Dari Jaringan Sungai ini didapatkan panjang sungai utama sebesar 19,44 km dan panjang alur sungai total sebesar 95,06 km.



Gambar 4.4 Perbandingan data jaringan sungai dibedakan oleh warna; pengolahan *DEM SRTM* (merah), *ASTER GDEM* (coklat), dan Peta RBI (ungu)

1.1.4 Nilai Morfometri dari Data Batas DAS dan Jaringan Sungai Pengolahan Data DEM

Dalam hasil perhitungan morfometri masing masing data DEM, menghasilkan sebuah nilai yang belum menyerupai nilai morfometri pada batas DAS. Ini ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 4.1 Perbandingan nilai morfometri dari data DEM terhadap BPDAS

Parameter Morfometri	Nilai Morfometri ASTER GDEM	Nilai Morfometri DEM SRTM	BPDAS	Satuan
Luas DAS	48,205	46,521	48,138	km ²
Keliling	45,099	40,329	41,412	km
Panjang Sungai RBI	14,174	15,614	19,441	km
Lebar DAS	3,401	2,980	2,476	km
Kemiringan Sungai (Su)	14,39254974	11,35732889	8,503986561	%
Nisbah Kebulatan (Rc)	0,297943369	0,359579435	0,352869991	
Tingkat Kerapatan Sungai (Dd)	0,454974482	0,470815901	1,974865671	km/km ²
Tingkat Percabangan Sungai (Wrb)	2	2,5	3,208333333	

Dari hasil di atas, jaringan sungai yang didapat dari data DEM dapat menyebabkan kerancuan dalam menentukan nilai morfometri suatu DAS. Sesuai pula dengan peraturan menteri kehutanan, jaringan sungai yang digunakan dalam penentuan batas DAS ialah jaringan sungai dari Peta RBI. Sehingga data jaringan sungai dari BPDAS yang terkoreksi dari peta RBI-lah yang dijadikan sebagai dasar perhitungan morfometrinya.

1.1.5 Hasil Pengkoreksian Jaringan Sungai untuk Menentukan Ordo Sungai dan Tingkat Percabangan Sungai

Dalam penentuan ordo sungai, digunakan metode stahler dimana nilai tiap sungai dari hulu ke hilir bertambah 1 setiap terjadi pertemuan percabangan jaringan sungai dengan nilai yang sama. Jaringan sungai pada Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam memiliki 4 Orde pengkelasan sungai.



Gambar 4.5 Ordo Sungai pada Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam dibedakan oleh warna, Hijau=Orde 1; Biru=Orde 2; Ungu=Orde 3; dan Coklat=Orde 4

Tabel 4.2 Tingkat Percabangan Sungai

Orde Sungai RBI	Jumlah	Rb
1	72	4,5
2	16	5,333333
3	3	3
4	1	0
W_{RB}		3,208333

Gambar 4.5 menunjukkan ordo sungai yang dibuat berdasarkan digitasi dan pengkelasan ulang orde jaringan sungai dari Peta RBI. Dengan ordo sungai terklasifikasi tersebut, didapatkan rerata tingkat percabangan sungai (W_{RB}) dengan nilai 3,208 (Tabel 4.2). Tingkat percabangan sungai menentukan kenaikan dan penurunan muka air.

1.1.6 Morfometri Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam dari Data BPDAS dan Peta RBI

Tabel 4.3 Morfometri Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam dari data BPDAS dan Peta RBI

Morfometri DAS RBI	Nilai	Satuan	Keterangan
Luas DAS (BPDAS)	48,138	km ²	-
Panjang Sungai RBI	19,442	km	-
Lebar DAS	2,476	km	-
Panjang alur sungai	95,066	km	-
Kemiringan Sungai (Su)	8,503986561	%	-
Tingkat percabangan sungai (W_{RB})	3,208333333		Karena rata-rata tingkat percabangan sungai antara 3-5 maka kenaikan air berjalan tidak terlalu cepat dan tidak terlalu lambat.
Nisbah Kebulatan (R_c)	0,352869991		Karena $R_c < 0,5$ maka bentuk DAS memanjang, debit puncak datangnya cepat, begitu juga penurunannya
Kerapatan Sungai (D_d)	1,974865671	km/km ²	Karena D_d terletak pada 0,25-10 maka alur sungai melewati batuan dengan resistensi yang lebih lunak, sehingga sedimen yang terangkut lebih besar

Data Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam yang didapat dari BPDAS, berupa data jaringan sungai dan batas DAS, serta data statistik morfometri tahun 2007. Menurut data statistik BPDAS tahun 2007, Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam memiliki panjang sungai utama sebesar 19,25 km, tingkat kemiringan sebesar 8-15%, tingkat kerapatan sungai 1,65, dan bentuk sungai memanjang. Dalam penelitian ini, pengolahan data morfometri menggunakan Peta RBI skala 1:25.000 sebagai peta dasar. Untuk panjang sungai utama dan panjang total alur sungai tidak mengacu pada data statistik BPDAS, tetapi mengacu kepada Peta RBI. Luasan Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam diambil berdasarkan data batas dari BPDAS, yang kemudian dicari luasan dan kelilingnya. Untuk tingkat kemiringan sungai dilihat dari nilai ketinggian *DEM* ekstraksi garis kontur RBI berdasarkan 10% dan 85% dari panjang alur sungai utama.

1.1.7 Morfometri Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam dari Hasil Pengolahan Batas DAS *DEM SRTM*, *ASTER GDEM*, dan Jaringan Sungai Terkoreksi

Tabel 4.4 Morfometri Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam dari data *DEM SRTM*

Data Morfometri Pengolahan <i>DEM SRTM</i>	Nilai	Satuan
Luas DAS SRTM	46,521	km ²
Keliling	40,329	km
Panjang Sungai RBI	19,442	km
Lebar DAS	2,393	km
h(0,85Lb)	26	m
h(0,1Lb)	156	m
Kemiringan Sungai (Su)	8,915469781	%
Nisbah Kebulatan (Rc)	0,359579435	
Tingkat Kerapatan Sungai (Dd)	2,043480706	km/km ²

Berdasarkan pengolahan data *DEM SRTM*, didapatkan nilai Luas DAS dengan nilai luasan 46521368,4 m², Keliling DAS 40329,34177 meter, serta ketinggian pada jarak 0,1 dari sungai utama yaitu 156 meter, dan ketinggian pada jarak 0,85 dari sungai utama yaitu 26 meter.

Tabel 4.5 Morfometri Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam dari data *ASTER GDEM*

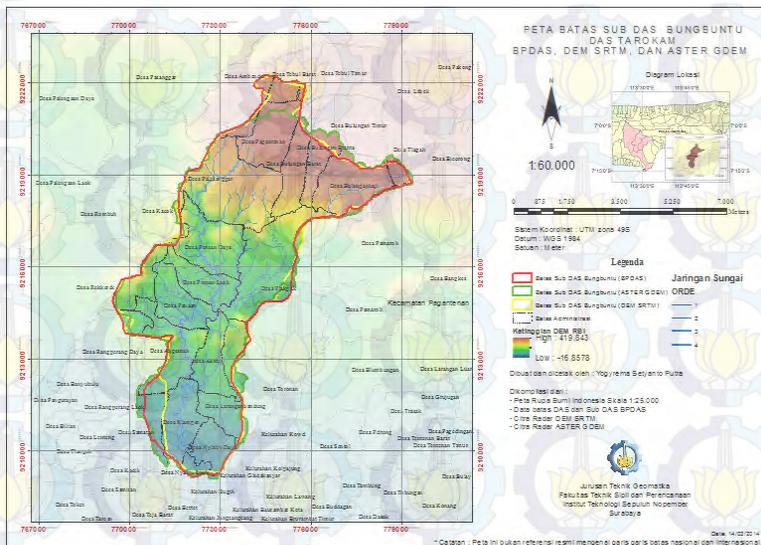
Data Morfometri Pengolahan <i>ASTER GDEM</i>	Nilai	Satuan
Luas DAS ASTER	48,205	km ²
Keliling	45,099	km
Panjang Sungai RBI	19,442	km
Lebar DAS	2,479	km
h(0,85Lb)	171	m
h(0,1Lb)	37	m
Kemiringan Sungai (Su)	9,189791929	%
Nisbah Kebulatan (Rc)	0,297943369	
Tingkat Kerapatan Sungai (Dd)	1,97211313	km/km ²

Berdasarkan pengolahan data *ASTER GDEM*, didapatkan nilai Luas DAS dengan nilai luasan 48204901,3 m², Keliling DAS 45099,43 meter, serta ketinggian pada jarak 0,1 dari sungai utama yaitu 171 meter, dan ketinggian pada jarak 0,85 dari sungai utama yaitu 37 meter.

Lebar DAS, tingkat kemiringan sungai, dan nisbah kebulatannya di dapatkan dari perhitungan persamaan. 1 sampai dengan 6. Tabel 4.4 merepresentasikan nilai morfometri dari *DEM SRTM* dan Tabel 4.5 merepresentasikan nilai morfometri dari *ASTER GDEM*.

1.1.8 Peta Perbandingan Batas Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam dari Data *DEM SRTM* dan *ASTER GDEM* Terhadap Data Batas Sub DAS BPDAS

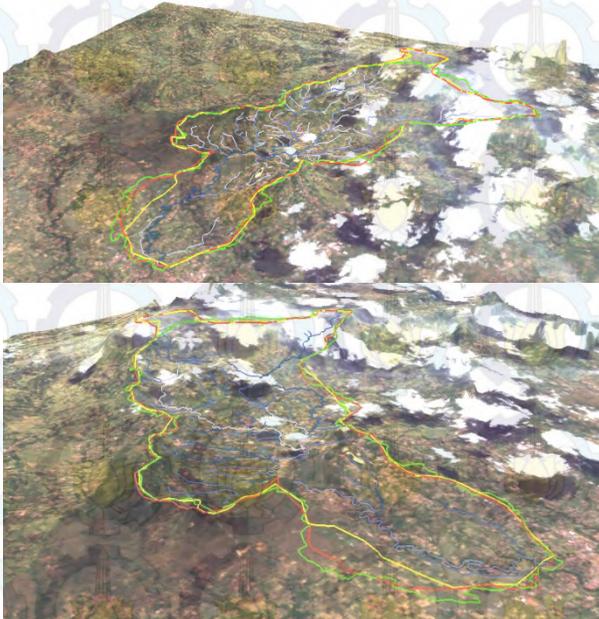
Dalam menentukan batas DAS, diperlukan beberapa *pour point* yang menentukan tempat jatuhnya air sebagai fungsi tangkapan air. Titik *pour point* tersebut, tersebar sepanjang akumulasi aliran air (*flow accumulation*) yang diolah berdasarkan arah aliran air (*flow direction*) (Gambar 4.4). Hasil pengolahan tersebut akan menjadikan sebuah daerah tangkapan air (*catchment area*) atau biasa disebut DAS (*watershed*). Pada penelitian ini, hasil pengolahan batas Sub DAS antara data *DEM SRTM* dan *ASTER GDEM* terhadap batas Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam keluaran BPDAS ditunjukkan pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Peta Batas Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam dari data *DEM SRTM* (kuning) dan *ASTER GDEM* (hijau), terhadap data batas DAS BPDAS (Merah)

Berdasarkan hasil perhitungan persamaan 18, skala peta yang digunakan ialah 1:60.000 dengan tingkat kepercayaannya yaitu 98,5%.

1.1.9 Model 3D Batas DAS Berdasarkan Topografi Peta RBI



Gambar 4.7 Batas DAS dalam model 3D, *DEM SRTM* (kuning) dan *ASTER GDEM* (hijau) terhadap data batas DAS BPDAS (Merah).

Model 3D dari daerah tangkapan air / DAS pada penelitian ini disajikan pada gambar 4.7. Berdasarkan tampilan visual 3D, batas daerah tangkapan air dari data *DEM* telah mencakup dan merepresentasikan arah aliran air dan jaringan sungai. Karena bentuk kemiringan lerengnya yang landai, penskalaan ketinggian agar tampak batas antara punggung gunung dan kelerengannya dilakukan pemberian skala pada ketinggiannya (z) sebesar 5 kali.

1.2 Pembahasan

1.2.1 Analisa Proses Pengolahan Batas DAS

4.2.1.1 Proses Ekstraksi *DEM* dari Titik Tinggi dan Garis Kontur

Dalam pembuatan *DEM* dengan sumber data Peta RBI, proses ekstraksi titik tinggi pada Peta RBI diharapkan sesuai dengan hasil ekstraksi kontur pada Peta RBI. Tetapi hasil pengolahan *DEM* yang dibuat antara ekstraksi titik tinggi dan kontur memiliki hasil yang berbeda. *DEM* hasil titik tinggi ketika dibuat menjadi kontur memiliki bentuk yang tidak sesuai dengan Peta RBI. Salah satu faktor dikarenakan kontur titik tinggi dibuat dengan menggunakan interpolasi, sedangkan pada Peta RBI dibuat dengan meng-*generate* secara manual oleh operator fotogrametri.

4.2.1.2 Pengaruh Perbedaan Topografi (*DEM*) terhadap Morfometri dan Batas DAS

Pada setiap data *DEM*, memiliki satu nilai ketinggian pada tiap pixelnya dan memiliki beda tinggi yang bervariasi antar data *DEM*. Tinggi *DEM* ekstraksi titik tinggi RBI memiliki nilai yang hampir sama dengan data *DEM SRTM*, sedangkan selisih ketinggian pada *ASTER* sangat besar jika dibandingkan dengan RBI. Menurut penelitian Kustiyo (2005), jenis tutupan lahan mempengaruhi ketinggian pada *DEM SRTM* dan *ASTER GDEM*. Perbedaan tinggi topografi pada tiap cell dari data *DEM* menyebabkan perbedaan dalam menentukan arah aliran, akumulasi aliran, bentuk dan luasan DAS, serta tingkat kemiringan pada DAS.

4.2.1.3 Pembuatan Jaringan Sungai

Dalam pengolahan tingkat kerapatan sungai serta ordo dan tingkat percabangan sungai, *DEM SRTM* dan *ASTER GDEM* kurang presisi dalam menentukan jaringannya. Hal ini akan mempengaruhi pendefinisian kondisi geomorfologi DAS dari nilai morfometrinya. Berdasarkan hasil pengolahan, data

DEM hanya mampu menentukan jaringan sungai hingga ordo 3 ke atas. Dalam menentukan sungai sendiri, hasil pengolahan data *DEM* menunjukkan adanya penyimpangan pada alur sungainya, ini ditunjukkan oleh gambar 4.4.

Pada penentuan panjang sungai utama, nilai panjang sungai BPDAS dengan Peta RBI berbeda 0,19 km. Ini disebabkan karena data jaringan sungai Pada BPDAS masih terdapat sungai yang tidak menyambung. Untuk menggantikan jaringan sungai yang kurang presisi oleh data *DEM SRTM* dan *ASTER GDEM*, maka dilakukan digitasi ulang jaringan sungai pada Peta RBI skala 1:25.000 sekaligus memberikan nilai atribut orde sungai pada tiap jaringan sungai. Metode penentuan orde sungai menggunakan metode Stahler.

4.2.1.4 Penentuan *Pour Point* dalam Proses Pembuatan Batas DAS

Pour point merupakan faktor penting dalam menentukan DAS yang diletakkan pada titik percabangan sungai. Dari hasil klasifikasi sungai, dengan metode yang diterapkan, yaitu memberikan *pour point* pada percabangan sungai tidak mendapatkan hasil yang maksimal (menyerupai batas DAS BPDAS). Hal ini dikarenakan tergantung pada proses pengklasifikasian nilai *flow accumulation*, dimana semakin kecil nilai kelas *flow accumulation* semakin teliti dalam pembuatan batas DAS-nya karena titik *pour point* yang digunakan akan semakin banyak, begitu juga sebaliknya. Tetapi, dalam mengelaskan nilai tersebut juga tidak boleh terlalu kecil, karena akan menyebabkan kebingungan dalam menentukan batas DAS yang ada. Karena semakin kecil nilai *flow accumulation*, semakin rapat garis yang dibentuk antar DASnya, begitu pula sebaliknya.

1.2.2 Analisa Spasial Perbandingan Batas Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam

Batas DAS ditunjukkan dengan garis imajiner yang merupakan gambaran dari punggung bukit. Batas wilayah DAS dibuat dengan menghubungkan titik titik tertinggi diantara wilayah aliran sungai satu dengan yang lain, tetapi tidak mudah menentukan batas DAS pada daerah yang landai hingga datar. Perbandingan luasan data batas Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam pada pengolahan data *ASTER GDEM*, menunjukkan nilai yang paling mendekati data DAS BPDAS. Akan tetapi nilai luasan tersebut masih belum presisi dalam menyajikan bentuk dari batas Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam. Bentuk batas Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam hasil pengolahan *ASTER GDEM* pada daerah hulu sangatlah berbeda dari bentuk DAS milik BPDAS, pada bagian hulu Sub DAS yang mendekati data BPDAS ialah dari data *DEM SRTM*. Pada dasarnya, bentuk DAS yang paling menyerupai batas Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam milik BPDAS adalah milik *DEM SRTM*, sayangnya pada bagian hilir *DEM SRTM* mengalami perubahan bentuk batas Sub DAS yang menyebabkan pengurangan luasan Sub DAS sebesar 1,62 km². Ini mendukung pada penelitian Hery, T.P. (2013) yang menyatakan bentuk batas DAS di daerah yang landai sulit untuk ditentukan (Gambar 4.8).



Gambar 4.8 Perbandingan batas DAS dalam model 3D (a) Menunjukkan perbedaan batas DAS pada bagian Hilir, dan (b) menunjukkan perbedaan batas DAS pada daerah Hulu

Pada pengolahan keliling Sub DAS BungbuntuDAS Tarokam, menunjukkan *DEM SRTM* yang memiliki keliling yang paling mendekati nilai BPDAS yaitu dengan besar keliling dari BPDAS 41,41 km; *DEM SRTM*; 40,33 km (berbeda 1,08 km); dan *ASTER GDEM* 45,10 km (berbeda 3,69 km). Dari data nisbah kebulatan, *DEM SRTM* menunjukkan nilai yang mendekati data BPDAS yaitu 0,36 dan 0,35 sedangkan *ASTER GDEM* sebesar 0,3. dari *DEM SRTM* lebih menyerupai batas pada BPDAS dibandingkan data *ASTER GDEM*.

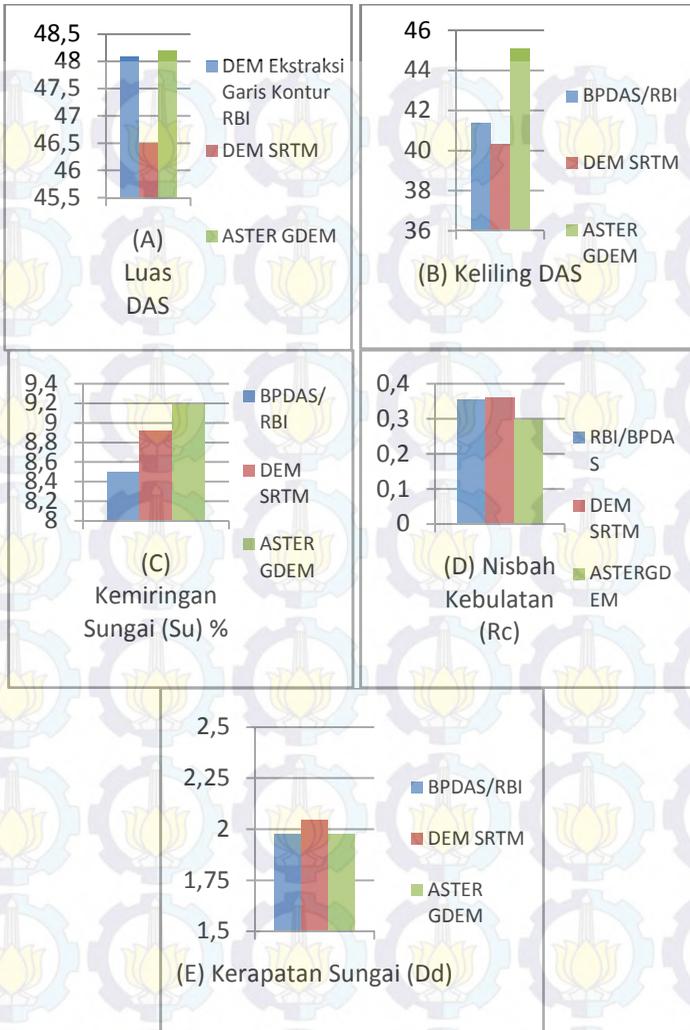
Dari batas Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam yang telah terbentuk, diambil batas terluar DAS dengan menampilkan ketiga hasil pembuatan batas DAS. Menurut batas administrasi yang ditunjukkan dari hasil penampalan, Desa yang masuk ke dalam batas Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam yaitu Desa Ambender, Desa Tebul Barat, Desa Tebul Timur, Desa Pasanggar, Desa Pagantenan, Desa Bulungan Barat, Desa Bulungan Branta, Desa Bulunganhaji, Desa Palesanggar, Desa Kacok, Desa Potoan Daya, Desa Potoan Laok, Desa Panaan, Desa Plakpak, Desa Rekkerek, Desa Rangperang Daya, Desa Angsanah, Desa Akkor, Desa samatan, Desa Klampar, Desa Laranganbandung, Desa Nylabu Daya, Desa Nylabu Laok, dan Kelurahan Bugih. Pada dasarnya, Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam dari *DEM SRTM* dan BPDAS memiliki kesamaan pada cakupan desa yang dinaungi Sub DAS Bungbuntu, tetapi pada *ASTER GDEM*, Desa Tebul Barat (bagian utara Sub DAS) tidak masuk dalam Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam.

4.2.3 Analisa Perbandingan Kondisi Geomorfologi DAS berdasarkan nilai Morfometri Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam

Perbandingan morfometri pada masing masing pengolahan data *DEM* terhadap peta RBI dapat ditunjukkan dalam tabel 4.5 dan gambar 4.9.

Tabel 4.6 Perbandingan Morfometri Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam

Parameter	Nilai Data BPDAS/RBI	Nilai DEM SRTM	Nilai ASTER GDEM	Satuan
Luas DAS SRTM (A)	48,138	46,521	48,205	km ²
Keliling (P)	41,412	40,329	45,099	km
Panjang Sungai (Lb (RBI))		19,442		km
Total Panjang Alur Sungai (Ln)		95,066		km
Lebar DAS (l)	2,476	2,393	2,479	km
h(0,85Lb)	23	26	37	m
h(0,1Lb)	147	156	171	m
Kemiringan Sungai (Su)	8,503986561	8,915469781	9,189791929	%
Nisbah Kebulatan (Rc)	0,352869991	0,359579435	0,297943369	
Tingkat percabangan sungai (W _{RB})		3,208333333		
Kerapatan Sungai (Dd)	1,974865671	2,043480706	1,97211313	km/km ²



Gambar 4.9 Grafik perbandingan morfometri DAS. (A) Luas DAS; (B) Keliling DAS; (C) Kemiringan Sungai; (D) Nisbah Kebulatan; (E) Tingkat Kerapatan Sungai.

Berdasarkan nilai morfometri yang didapat pada tabel 4.5, menunjukkan bahwa nilai luas yang paling mendekati data BPDAS ialah milik *ASTER GDEM* dengan selisih $0,065\text{km}^2$ dibandingkan *DEM SRTM* dengan selisih $1,685\text{ km}^2$. Pada pengolahan keliling Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam, menunjukkan *DEM SRTM* yang memiliki keliling yang paling mendekati nilai BPDAS yaitu dengan besar keliling dari BPDAS 41,41 km dan *DEM SRTM* 40,33 km jika dibandingkan dengan *ASTER GDEM* 45,099 km. Nilai luasan dan keliling belum dapat untuk menyatakan bentuk DAS mana yang paling mendekati, maka dari itu bentuk DAS dapat dilihat melalui menghitung nisbah kebulatannya.

Bentuk DAS sangat berpengaruh terhadap pola aliran dan ketajaman puncak banjir. Bentuk DAS mempengaruhi waktu konsentrasi air hujan yang mengalir menuju outlet. Semakin bulat bentuk DAS berarti semakin singkat waktukonsentrasi yang diperlukan sehingga semakin tinggi fluktuasi banjir yang terjadi, begitu pula sebaliknya. Nisbah Kebulatan menunjukkan nilai antara 0,35 pada data BPDAS, 0,36 pada *DEM SRTM*, dan 0,3 pada *ASTER GDEM*. Karena nilai nisbah kebulatan dibawah 0,5, maka berdasarkan Soewarno (1991), bentuk Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam memiliki bentuk DAS memanjang, dengan debit puncak datangnya cepat, begitu juga penurunannya.

Perbedaan tinggi topografi pada tiap cell dari data *DEM* menyebabkan perbedaan dalam menentukan arah aliran, akumulasi aliran, bentuk dan luasan DAS, serta tingkat kemiringan pada DAS (Gambar 4.4 dan tabel 4.4 dan 4.5). Tingkat kemiringan DAS dari data BPDAS menghasilkan nilai antara 8-15% dimana hasil pengolahan berdasar *DEM* ekstraksi kontur RBI (8,5%), *DEM SRTM* (8,9%), dan *ASTER GDEM* (9,2%). Ketiganya terletak dalam kelas kemiringan yang dikeluarkan oleh BPDA, sehingga Data *DEM SRTM*, dan *ASTER GDEM* dapat mewakili tingkat kemiringan pada Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam. Dari tingkat kemiringan tersebut,

berdasarkan klasifikasi kelas kemiringan antara 8-15% adalah landai.

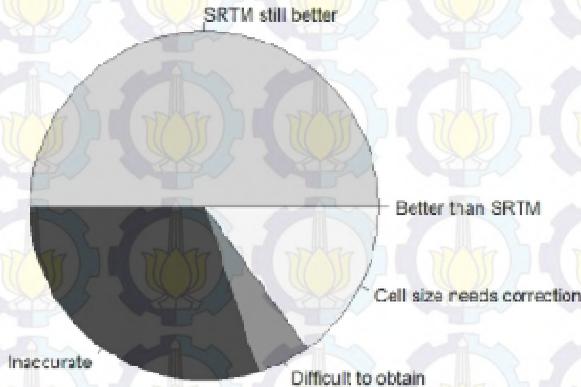
Panjang sungai utama dan total panjang alur sungai ditentukan berdasarkan Peta RBI skala 1:25.00 dan data BPDAS karena data *DEM SRTM* dan *ASTER GDEM* mengalami kerancuan dalam penentuan jaringan sungai (Gambar 4.2). Dalam menentukan jaringan sungai dari data *DEM*, diperlukan tingkat akurasi spasial yang lebih baik dari *ASTER GDEM* (30x30 meter) salah satunya adalah *DEM* hasil pengolahan teknologi LIDAR. Ini berdampak pada tingkat percabangan sungainya. Penentuan ordo sungai dilakukan secara manual sesuai dengan metode Stahler yang menghasilkan data orde sungai pada tabel 4.1. Berdasarkan hasil pengolahan tingkat percabangan sungai dengan nilai 3,208 dimana jika nilai R_b antara 3-5 dapat dikatakan memiliki kenaikan muka air yang berjalan tidak terlalu cepat dan tidak terlalu lambat.

Tingkat kerapatan Sungai dihitung berdasarkan total panjang alur yang diambil dari Peta RBI dan BPDAS dibagi dengan Luasan masing masing batas DAS dari data *DEM SRTM*, *ASTER GDEM*, dan data BPDAS itu sendiri. Hasil perhitungan tersebut menunjukkan tingkat kerapatan sungai dari *DEM SRTM*, *ASTER GDEM*, dan batas Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam BPDAS memiliki nilai di bawah $0,25 \text{ km/km}^2$. Berdasarkan Soewarno (1991), jika nilai kerapatan sungai dibawah 0,25 maka alur sungai dikatakan melewati batuan dengan resistensi keras, sehingga angkutan sedimen yang terangkut aliran sungai lebih kecil jika dibandingkan pada alur sungai yang melewati batuan dengan resistensi yang lebih lunak, jika kondisi lain yang mempengaruhinya sama.

4.2.4 Analisa Faktor Lebih Telitinya Data DEM SRTM dibanding ASTER GDEM dalam Merepresentasikan Batas DAS.

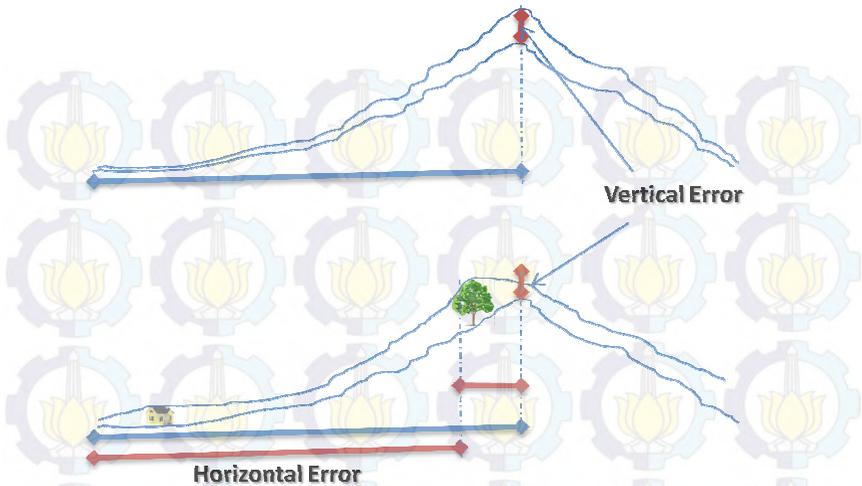
Menurut hasil laporan validasi *ASTER GDEM* (2009), dari tim validasi *ASTER GDEM* menyatakan bahwa *DEM SRTM*

masih lebih baik dibandingkan dengan ASTER GDEM. Beberapa penelitian juga mengatakan dalam perbandingan *ASTER GDEM* terhadap DEM SRTM, setuju bahwa *DEM SRTM* masih lebih teliti.



Gambar 4.10 Presentase kebergunaan data ASTER GDEM (ASTER GDEM Validation Team, 2009)

Ini ditunjukkan nilai dari beda tinggi rata-rata *DEM SRTM* terhadap *National Elevation Data (NED)* sebesar 1,87 sedangkan *ASTER GDEM* terhadap *NED* sebesar -3,64. Kemudian dari nilai standar deviasi terhadap *NED*, *DEM SRTM* juga memiliki nilai yang lebih kecil yaitu sebesar 6,18 dan *ASTER GDEM* 8,75. Untuk nilai RMSE-nya terhadap *NED*, *DEM SRTM* pun lebih memiliki nilai yang lebih kecil yaitu 7,1 dan *ASTER GDEM* sebesar 10,46. (ASTER GDEM Validation Team, 2009)



Gambar 4.11 Akuisisi *DEM* yang terpengaruh oleh tutupan lahan. Menyebabkan adanya kesalahan vertikal dan horizontal pada lereng tertinggi

Ini menyebabkan ketelitian produk yang dihasilkan oleh data *DEM SRTM* lebih baik dibandingkan *ASTER GDEM*. Ketelitian ini akan berpengaruh pada kesalahan horizontal dan vertikal. Hal ini pula yang menyebabkan adanya perbedaan dalam penentuan lereng pada data *DEM SRTM* dan *ASTER GDEM*.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Secara kuantitatif, perbandingan morfometri batas Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam pada nilai luasan dari data BPDAS sebesar 48,13 km², *DEM SRTM* 46,52 km², dan *ASTER GDEM* 48,20 km². Keliling data BPDAS sebesar 41,41 km, *DEM SRTM* 40,33 km, dan *ASTER GDEM* 45,10 km. Karena jaringan sungai mengambil dari Peta RBI dan BPDAS maka nilai ketiganya di dasarkan pada data tersebut yaitu dengan panjang sungai utama 19,44 km dan total panjang alur sungai sebesar 95,07 km. Tingkat kemiringan sungai data BPDAS berdasarkan *DEM* RBI sebesar 8,504%, pada *DEM SRTM* sebesar 8,915% dan *ASTER GDEM* sebesar 9,190%. Nisbah kebulatan data BPDAS sebesar 0,353, *DEM SRTM* 0,360, dan *ASTER GDEM* 0,298. Kerapatan Sungai pada data BPDAS sebesar 1,948 km/km², *DEM SRTM* 2,044 km/km², dan *ASTER GDEM* 1,972 km/km². Pada hasil morfometri Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam, baik data *DEM SRTM*, *ASTER GDEM*, dan data BPDAS menunjukkan nilai yang sedikit berbeda, akan tetapi perbedaan pada nilai kuantitatif tersebut tidak mempengaruhi pada pengambilan kesimpulan mulai dari bentuk (memanjang), tingkat kemiringan (landai), dan tingkat kerapatan sungainya (sedang). Secara kualitatif, morfometri Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam dari data BPDAS, *DEM SRTM*, dan *ASTER GDEM* sama. Tetapi jika dilihat

berdasarkan nilai morfometrinya, data batas dan morfometri yang paling mendekati data BPDAS ialah milik DEM SRTM

2. Dalam proses pengolahan jaringan sungai oleh data *DEM* sendiri belum mampu merepresentasikan jaringan sungai sesuai dengan data BPDAS. Ini dikarenakan tiap piksel pada data *DEM* hanya merepresentasikan nilai ketinggian dan juga resolusi data *DEM* yang dianggap kasar yaitu 30 dan 90 meter, sehingga potensi cekungan yang akan dideteksi sebagai jaringan sungai tidak nampak bentuk visualnya. Dalam menentukan batas DAS, peletakan *pour point* sendiri tergantung dari tingkat ketelitian kelas pada *flow accumulation*. Semakin kecil nilai pengkelasan *flow accumulation*, semakin baik dan banyak *pour point* yang harus di *marking*. Selain kedua hal tersebut, salah satu faktor penyebab adanya perbedaan dalam penentuan batas dan jaringan sungai ialah ketelitian tinggi dari data DEM terhadap tutupan lahan itu sendiri. Ini akan mempengaruhi dalam pergeseran vertikal dan horizontal pada kelerengan tertinggi. Semakin teliti ketinggian dari data DEM, semakin baik batas dan jaringan sungai yang di hasilkan.
3. Pada penelitian ini, memiliki hasil pengolahan yang bertentangan dengan penelitian sebelumnya dimana dikatakan *ASTER GDEM* lebih baik dalam merepresentasikan batas DAS. Pada hasil *output* batas DAS pada penelitian terdahulu, terlalu memaksakan jika *ASTER GDEM* dianggap lebih baik karena hasil batas berbeda jauh dengan batas dari BPDAS. Batas DAS hasil keluaran *DEM SRTM* lebih mampu merepresentasikan bentuk Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam daripada *ASTER GDEM*, sayangnya pada daerah hilir Sub DAS, *DEM SRTM* kurang mampu merepresentasikan batas DAS sesuai dengan batas

DAS milik BPDAS. Ini dapat dikarenakan bentuk hilir Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam yang landai sehingga data *DEM* kesulitan dalam menentukan batas DAS. Ini mendukung penelitian sebelumnya yaitu penentuan batas DAS lebih sulit dilakukan pada daerah yang landai.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian ini, ditemukan beberapa kendala pada proses pengolahan yang dapat menjadi sebuah rekomendasi bagi penelitian selanjutnya, beberapa saran yang dikemukakan antara lain:

1. Untuk penelitian lebih lanjut dapat dilakukan penelitian tentang penentuan jaringan sungai dari data *DEM* dengan data yang lebih bervariasi. Salah satu rekomendasi ialah dari data Lidar yang memiliki ketelitian lebih baik.
2. Pembuatan batas Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam merupakan bagian SubDAS hulu dengan tingkat kemiringan 8-15%, pada penelitian selanjutnya dapat diteliti pada Sub DAS bagian Hilir untuk menguatkan penelitian ini, atau dapat dilakukan pada Sub DAS bagian hulu pula dengan tingkat kemiringan yang lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

ASTER GDEM Validation Team, 2009. ASTER GDEM Validation Summary Report. METI. NASA. USGS.

Bispigiannis, A., 2007. Measurements and correction of geometric distortion. [Internet].

<URL:http://scien.stanford.edu/pages/labsite/2007/psych221/projects/07/geometric_distortion/project.htm>. Diakses tanggal 24 Mei 2014, pukul 12.24 BBWI

Cotton, C. A., 1940. "Classification and correlation of River Terraces". Jour Geomorphology, Vol 3. New York: Grw Hill.

CRISP, 2001. Interpreting Optical Remote Sensing Images. [Internet].

<URL:http://www.crisp.nus.edu.sg/~research/tutorial/opt_int.htm>. Diakses tanggal 15 Maret 2014, pukul 15.55 BBWI.

Direktur Jenderal Bina Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Perhutanan Sosial. 2013. Petunjuk Teknis Penyusunan Data Spasial Lahan Kritis. Kementerian Kehutanan. Direktorat Jenderal Bina Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Perhutanan Sosial.

Dismukes, K., 2004. How Does SRTM Work? Spaceflight-NASA. [Internet].

<URL:http://spaceflight.NASA.gov/shuttle/archives/sts-99/srtm_work.html>. Diakses tanggal 17 Maret 2014, pukul 16.48 BBWI.

Eko, P., 2010. Identifikasi Perubahan Tutupan Lahan Pulau Panggang, Pulau Pramuka, Dan Pulau Karya Antara Tahun 2004 dan Tahun 2008. Tugas Akhir. Teknik Geodesi dan Geomatika ITB.

- Esri, 2011. An Overview of Hydrology tools. Redlands, CA, USA, ArcGIS Help 9.3. <URL:http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=An_overview_of_the_Hydrology_tools>
Diakses tanggal 22 Juli 2014 pukul 14.21 BBWI.
- Gloeckler, F., Joy, R., Simpson, J., dan Specht, D., 1996. Handbook for Transformation of Datums, Projections, Grids, and common coordinates system. US Army Corps of Engineers. Topographic Engineering Center.
- Haniah, Y. P., 2011. “Pengenalan Teknologi Radar untuk Pemetaan Spasial di Kawasan Tropis”. Teknik-Vol. 32 No. 2 Tahun 2011, ISSN 0852-1697
- Hery, T.P., 2013. “Ekstraksi Morfometri Daerah Aliran Sungai dari Data Digital Surface Model”. Yogyakarta: UGM Press.
- Ho, P. P., 2009. Geoscience and Remote Sensing. ISBN 978-953-307-003-2, 608 halaman. Penerbit: InTech.
- Horton, 1968. “Horton’s Law of Streams Number”. Water Resource Research. U. S. Geological Survey, Urbana 60181.
- Indarto., Wahyuningsih, S., Usman, F., dan Rohman, L., 2004. “Pembuatan Jaringan Sungai dan Karakteristik Topografi DAS dari DEM-Jatim”. Media Teknik Sipil.
- Irwansyah, E. 2013. Sistem Informasi Geografis : Prinsip Dasar Pengembangan Aplikasi.
- Kartodihardjo, H, Murtilaksono, M dan Sudadi, U, 2004. Institusi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai: Konsep dan Pengantar Analisis Kebijakan. Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Katili, J.A; 1950. Geologi. Jakarta; Departemen Urusan Riset Nasional.
- Knippers, R., 2009. Coordinate Transformations. [Internet]. <URL:<http://kartoweb.itc.nl/geometrics/coordinate%20transf>

ormations/coordtrans.html>. Diakses tanggal 24 Mei 2014, pukul 12.39 BBWI.

Konecny, 2003. Remote Sensing, Photogrammetry and Geographic Information System.

Kraak, M.J. and F.J. Ormeling (2011). Cartography Vizualization of Spaatial Data. Newyorl, Guildford Press.

Kustiyo, 2005. “Analisis Ketelitian Ketinggian Data Dem Srtm”. LAPAN : Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN XIV.

Lillesand, T. M and Kiefer R.W. 1990. Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Lebeck, A.K., 1939. Geomorphologi. New York: Grw Hill.

LPDAAC, 2011. METI and NASA Release Version 2 ASTER Global DEM. U.S. Geological Survey / NASA LP DAAC. [Internet].

<URL:https://lpdaac.usgs.gov/about/news_archive/meti_and_nasa_release_version_2_aster_global_dem>. Diakses tanggal 18 Maret 2014, pukul 13.09 BBWI.

Mapper, E.R., 1998. “Earth Resources Mapper User Manual”. Ver. 6.0. 87 Collin Street, West Perth, Western Australia 6005.

Menteri Kehutanan Republik Indonesia., 2007. Peran dan Fungsi BPDAS. Peraturan Menteri Kehutanan.

Menteri Kehutanan Republik Indonesia., 2013. Tata Cara Penetapan Batas DAS. Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia No: p59/Menhut-II.

Mulyo, A., 2004. Pengantar Ilmu Kebumian. Bandung: Pustaka Setya.

NSRWA, 2005. Fun Facts About Watershed. [internet]. <URL:<http://www.nsrwa.org/files/watershedforweb.jpg>>.

Diakses tanggal 18 Maret 2014, pukul 16.20 BBWI.

- Pidwirny, M. (2006). "The Drainage Basin Concept".
Fundamentals of Physical Geography, 2nd Edition
- Rahayu, S., Widodo, R.H., Noordwijk, M.V., Suryadi, I., & Verbist, B., 2009. Monitoring Air di Daerah Aliran Sungai. World Agroforestry Center.
- Ramirez, E., 2009. SRTM. NASA. [Internet]. <URL:<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm.htm>>. Diakses tanggal 13 April 2014.
- Sandy, IM, 1985. "DAS-Ekosistem Penggunaan Tanah". Publikasi Direktorat Taguna Tanah Departemen Dalam Negeri (Publikasi 437).
- Sarria, D., Harris, B., Spudis, P., O'Brien, M., dan Jones, T., 2010. First Satellite Measurement of Water Volume in Amazon Floodplain Ball Aerospace & Technologies Corp. [Internet]. <URL:<http://spacecoalition.com/blog/first-satellite-measurement-of-water-volume-in-amazon-floodplain>>. Diakses tanggal 18 Maret 2014, pukul 16.20 BBWL.
- Schumm, S. 1956. "Evolution of drainage systems and slopes in badland at Perth Amboy, New Jersey". Bulletin of Geological Society of America, 67, 597-646. [The elongation ratio was proposed to show characteristics of basin shape, and drainage basin evolution was discussed.]
- Seyhan, E., 1977. Dasar-dasar Hidrologi, Editor Soenardi Prawirohatmojo. Yogyakarta: UGM Press.
- Soewarno, 1991. Hidrologi: Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri). Nova Bandung.
- Strahler, A. N. 1957. Physical Geography. New York: Wiley
- Suwandana, E., dkk, 2012. "Evaluation of ASTER GDEM2 in Comparison with GDEM1, SRTM DEM and Topographic-

Map-Derived *DEM* Using Inundation Area Analysis and RTK-dGPS Data”. *Remote Sens.*2012,4.

Tarboton, D. G., 1989. “The Analysis of River Basins and Channel Networks Using Digital Terrain Data, Sc.D. Thesis”. Department of Civil Engineering, M.I.T., Cambridge, MA.

Tarboton, D. G., dan Bras, R. L., 1991. “On The Extraction of Channel Networks from Digital Elevation Data”. *Hydrological Processes*, vol. 5, No. 1, pp. 81-100.

Tempfli, K., 1980. “Spectral Analysis of Terrain Relief for The Accuracy Estimation of Digital Terrain Models”. *ITC Journal*, 1980-3, pp.478-510.

Terra Image, 2014. SRTM – Shuttle Radar Topographic Mission. [Internet]. <<http://terra-image.com/srtm-shuttle-radar-topography-mission/>> Diakses pada 25 April 2014 Pukul 16.30.

Waryono, T., 2002. “Bentuk Struktur dan Lingkungan Biofisik Sungai”. Makalah Sidang-II (Geografi Fisik), Seminar dan Kongres Geografi Nasional. Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung



“halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN A

Perhitungan Morfometri Sub DAS Bungbuntu DAS Tarokam

Dari hasil batas DAS dan jaringan sungai yang ada, dapat dihitung lebar DAS, Tingkat Percabangan, Tingkat kemiringan, nisbah kebulatan, dan tingkat kerapatan sungai. Dari hasil pengolahan data primer dan sekunder diketahui:

Tabel nilai Morfometri DAS.

Parameter	Nilai Data BPDAS/RBI (a)	Nilai DEM SRTM (b)	Nilai ASTER GDEM (c)	Satuan
Luas DAS SRTM (A)	48137713,93	46521368,4	48204901,28	meter ²
Keliling (P)	41412,141	40329,34177	45099,43002	meter
Panjang Sungai RBI (Lb)		19441,86202		meter
Total Panjang Alur Sungai (Ln)		95065,51873		meter
h0,85Lb	23	26	171	meter
h0,1Lb	147	156	37	meter

1. Lebar DAS

Untuk mendapatkan lebar DAS dihitung menggunakan persamaan:

$$W = \frac{A}{Lb}$$

sehingga:

$$W(a, b, c) = \frac{\frac{A(a, b, c)}{1000000}}{\frac{19441,86202}{1000}}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan hasil sebagai berikut:

Lebar DAS BPDAS : 2,476 km

Lebar DAS *DEM SRTM* : 2,393 km

Lebar DAS *ASTER GDEM* : 2,479 km

2. Tingkat Percabangan Sungai

Untuk mendapatkan nilai tingkat percabangan sungai dihitung menggunakan persamaan:

$$Rb = \frac{N_u}{N_{u+1}}$$

Perhitungan Rb biasanya dilakukan dalam unit Sub DAS atau Sub-sub DAS. Untuk memperoleh nilai Rb dari keseluruhan DAS, maka digunakan tingkat percabangan Sungai Rerata Tertimbang ('*Weighted Mean Bifurcation Ratio*'/WRb), yang dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$W_{Rb} = \frac{\sum Rb_{u/u+1} (N_u + N_{u+1})}{N_u}$$

Keterangan :

Rb = Indeks tingkat percabangan sungai

N_u = Jumlah alur sungai untuk orde ke-u

N_{u+1} = Jumlah alur sungai untuk orde ke (u+1)

Dari data jaringan sungai yang telah dibuat dan ditentukan dalam pembuatan ordo sungai dengan metode Stahler didapatkan data sebagai berikut:

Tabel Orde Jaringan Sungai RBI

Orde Sungai RBI	Jumlah
1	72
2	16
3	3
4	1

Maka nilai tingkat percabangan sungai pada masing masing orde menghasilkan nilai sebagai berikut:

Orde 1 : 4,5

Orde 2 : 5,33

Orde 3 : 3

Orde 4 : 0

Dari keempat data diatas diambil rata rata untuk menentukan tingkat percabangan sungai rerata, menghasilkan nilai rata rata sebesar 3,20833333

3. Tingkat Kemiringan Sungai

Gradien sungai dapat diperkirakan dengan persamaan:

$$Su = \frac{(h85 - h10)}{0,75 Lb}$$

Keterangan :

Su = Kemiringan alur sungai utama

h10 = Ketinggian titik yang terletak pada jarak 0,10 Lb

h85 = Ketinggian titik yang terletak pada jarak 0,85 Lb

Lb = Panjang alur sungai utama (km)

Sehingga dapat dihitung

$$Su(a, b, c) = \frac{(h85(a, b, c) - h10(a, b, c))}{0,75 \cdot \left(\frac{19441,86202}{1000}\right)}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan:

Tingkat Kemiringan DAS BPDAS : 8,503986561%

Tingkat Kemiringan DAS *DEM SRTM* : 8,915469781%
Tingkat Kemiringan DAS *ASTER GDEM* : 9,189791929%

4. Nisbah Kebulatan

Bentuk DAS dapat didekati dengan nisbah kebulatan (circularity ratio) menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Rc = \frac{4\pi A}{P^2}$$

Keterangan :

Rc = nisbah kebulatan

A = Luas DAS (km²)

P = Keliling DAS (km)

$$Su(a, b, c) = \frac{\left(4 \cdot \left(\frac{22}{7}\right) \cdot A(a, b, c)\right)}{(P(a, b, c))^2}$$

Dengan perhitungan tersebut menghasilkan nilai sebagai berikut:

Nilai nisbah kebulatan DAS dari data BPDAS 0,352869991

Nilai nisbah kebulatan dari data *DEM SRTM* 0,359579435

Nilai nisbah kebulatan dari data *ASTER GDEM* 0,297943369

5. Tingkat Kerapatan Sungai

Kerapatan alur dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Seyhan, 1997):

$$Dd = \frac{Ln}{A}$$

Keterangan:

Dd = Kerapatan alur (km/km²)

Ln = total panjang alur (km)

A = Luas DAS (km²)

Sehingga dapat dihitung:

$$Dd(a, b, c) = \frac{\left(\frac{95065,51873}{1000}\right)}{\left(\frac{A(a, b, c)}{1000000}\right)}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai sebagai berikut:

Tingkat Kerapatan Sungai data BPDAS 1,974865671 km/km²

Tingkat Kerapatan Sungai data *DEM SRTM* 2,043480706 km/km²

Tingkat Kerapatan Sungai data *ASTER GDEM* 1,97211313 km/km²



PETA BATAS DAN JARINGAN SUNGAI SUB DAS BUNGBUNTU DAS TAROKAM

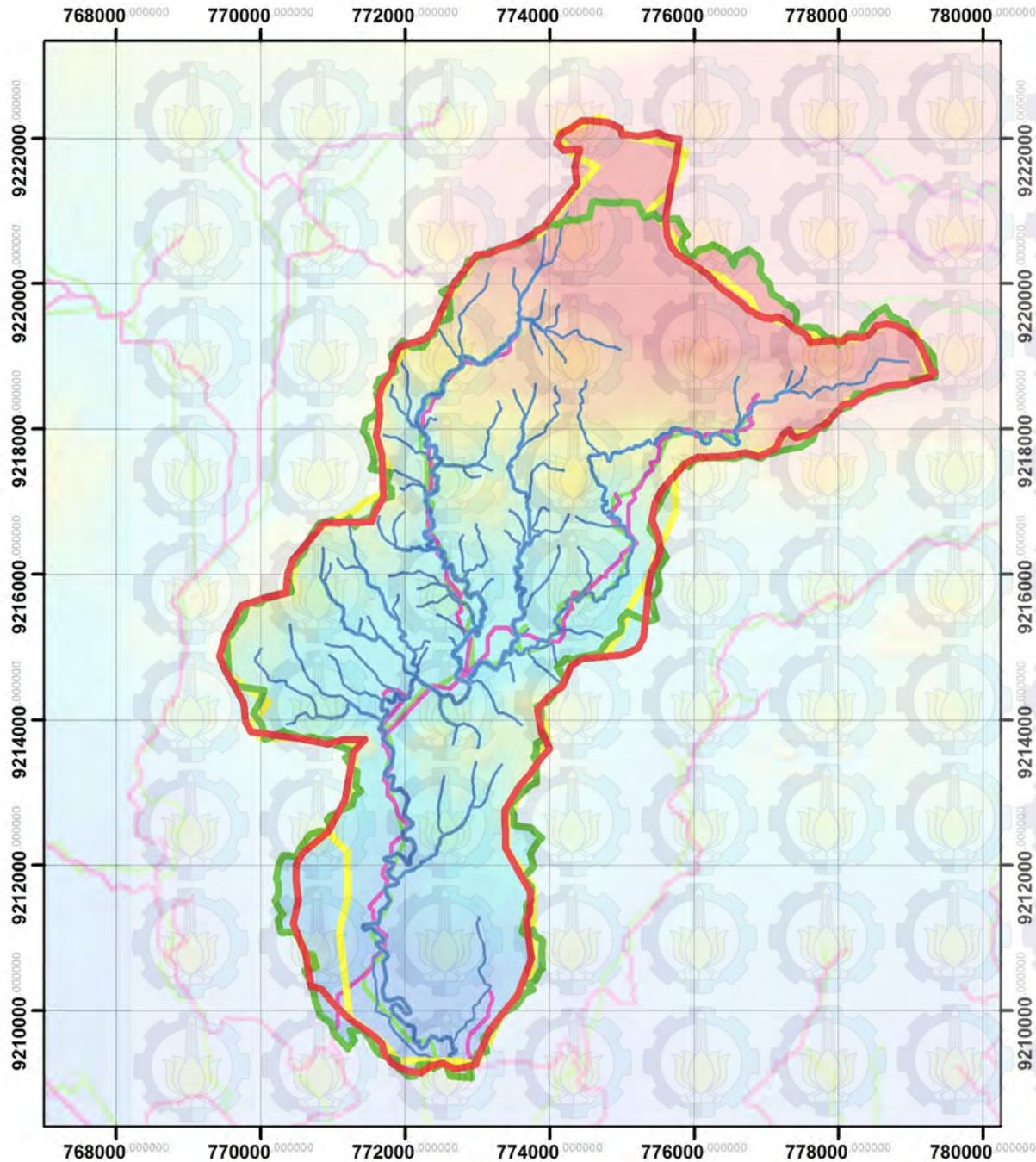
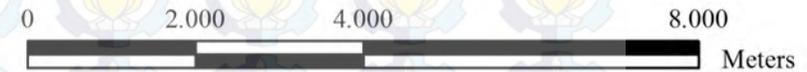


Diagram Lokasi



1:90.000



LEGENDA

- | Batas Sub DAS Bungbuntu | | Jaringan Sungai BPDAS | |
|-------------------------|--------------------------------------|-----------------------|--------|
| | Batas Sub DAS Bungbuntu (BPDAS) | | ORDE 1 |
| | Batas Sub DAS Bungbuntu (ASTER GDEM) | | ORDE 2 |
| | Batas Sub DAS Bungbuntu (DEM SRTM) | | ORDE 3 |
| | Sungai ASTER GDEM | | ORDE 4 |
| | Sungai DEM SRTM | | |

Nilai Ketinggian Topografi Peta RBI



Sistem Koordinat : UTM 49S
 Datum : WGS 1984
 Satuan : Meter

Dibuat dan dicetak oleh : Yogyrema S.P.
 Dikompilasi dari :
 - Peta Rupa Bumi Indonesia Skala 1:25.000
 - Data batas DAS dan Sub DAS BPDAS
 - Citra Radar DEM SRTM
 - Citra Radar ASTER GDEM



PETA BATAS SUB DAS BUNGBUNTU
 DAS TAROKAM DAN BATAS
 ADMINISTRASI DESA / KELURAHAN

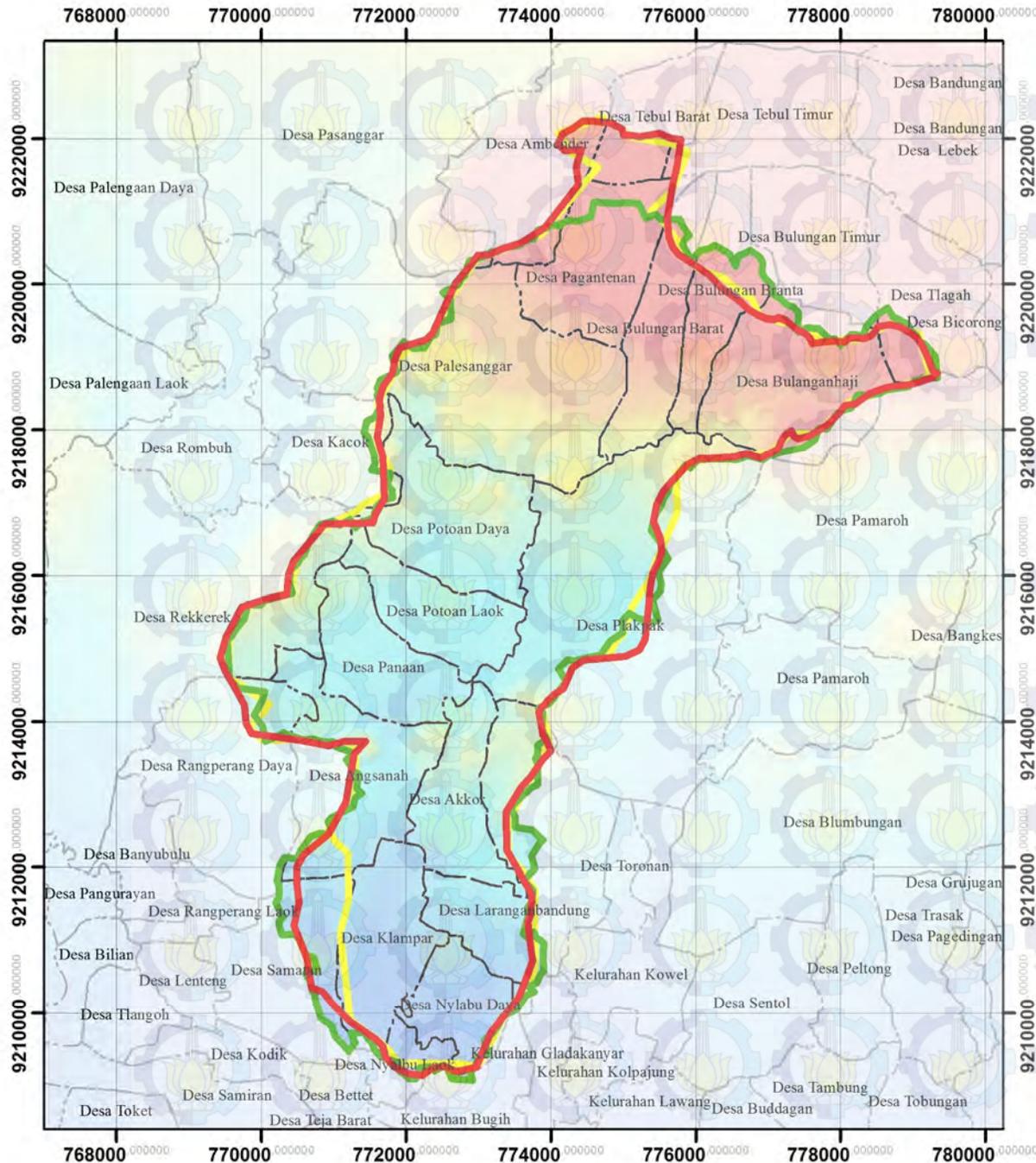
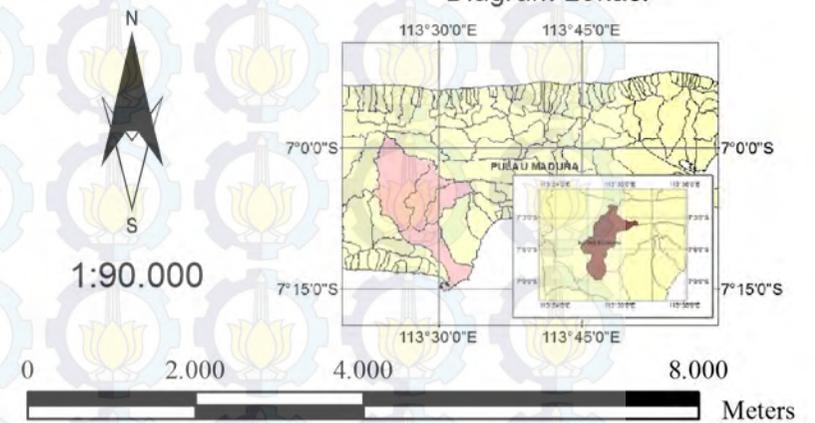


Diagram Lokasi



LEGENDA

- Batas Administrasi
- Batas Sub DAS Bungbuntu (BPDAS)
- Batas Sub DAS Bungbuntu (ASTER GDEM)
- Batas Sub DAS Bungbuntu (DEM SRTM)

Nilai Ketinggian Topografi Peta RBI



Sistem Koordinat : UTM 49S
 Datum : WGS 1984
 Satuan : Meter

Dibuat dan dicetak oleh : Yogyrema S.P.
 Dikompilasi dari :
 - Peta Rupa Bumi Indonesia Skala 1:25,000
 - Data batas DAS dan Sub DAS BPDAS
 - Citra Radar DEM SRTM
 - Citra Radar ASTER GDEM



BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Kota Malang pada 29 Agustus 1992, merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Alhamdulillah sejak lahir penulis sudah beragama Islam. Latar belakang pendidikan penulis sebelum menyelesaikan tingkat pendidikan S1 ialah menempuh pendidikan di SDN Purwantoro 1 Malang, SMPN 3 Malang, SMAN 8 Malang kemudian pindah ke SMAN 7 Malang. Terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Geomatika FTSP-ITS pada tahun 2010. Pada jenjang pendidikan SD, penulis berprestasi dalam bidang olah raga cabang renang, dengan salah satu prestasi yang pernah di raih medali emas estafet dalam kompetisi antar klub renang di jember. Pada saat menempuh jenjang pendidikan SMP, penulis aktif dalam kegiatan kepramukaan, pernah terpilih menjadi Pemimpin Regu dalam perlombaan Pramuka mewakili SMP dalam lingkup kabupaten/kota. Ketika SMA, penulis aktif dalam kegiatan musik, Pencak Silat dan Badan Dakwah Islam. Selain itu penulis juga pernah mewakili SMA dalam lomba pembuatan patung. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam kegiatan himpunan mahasiswa jurusan dimana diantaranya adalah sebagai staff Seni Olah Raga dan Media Informasi HIMAGE-ITS. Penulis juga turut berkontribusi dalam beberapa kegiatan kepanitiaan yang diadakan HIMAGE-ITS. Penulis juga aktif mengikuti pelatihan dalam lingkup kampus diantaranya adalah Latihan Ketrampilan Manajemen Mahasiswa Tingkat Pra Dasar (LKMM Pra TD 2010) dan LKMM Tingkat Dasar 2011. Penulis memiliki pengetahuan lebih dalam mendesain sesuatu yang diterapkan pada pembuatan artikel, majalah, dan peta. Beberapa produk yang telah di

sumbangkan oleh penulis antara lain terdapat pada Majalah Geomatics Megazine (GEMA), Bulletin GEMA, Majalah Badan Informasi Geospasial, serta beberapa Peta antara lain Peta Tematik dan Detail Potensi Desa Belik, Kecamatan Trawas, Kabupaten Mojokerto; Peta Potensi Kawasan Pesisir Kota Probolinggo, serta yang terakhir ialah Peta Tentatif Ekowisata Kawasan Konservasi Pulau Sempu Kabupaten Malang.

email: zoirema@yahoo.com

