

LAPORAN AKHIR PENELITIAN DASAR



MODEL ALGORITMA BERBASIS SPEKTROMETER UNTUK IDENTIFIKASI SPESIES MANGROVE DALAM MENDUKUNG KONSERVASI PESISIR KOTA SEMARANG

TIM PENGUSUL :

Dr. Tjaturahono Budi Sanjoto, M.Si	NIDN. 001962101907
Wahid Akhsin Budi Nur Sidiq S.Pd., M.Sc.	NIDN. 0613098702
Vina Nurul Husna, S.Si., M.Si	NIP. 1991108102019072340

MAHASISWA :

Ziky Fathurrohman/ NIM. 3211413024
Bagus Adi Susilo/ NIM. 3211416020

Dibiayai oleh:

Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Universitas Negeri Semarang
Nomor: SP DIPA-023.17.2.677507/2020, tanggal 27 Desember 2019 sesuai dengan
Surat Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Penelitian Dana DIPA UNNES Tahun 2020
Nomor: 196.23.4/UN37/PPK.3.1/2020 tanggal 23 April 2020

**FAKULTAS ILMU SOSIAL
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
November, 2020**

HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR PENELITIAN DASAR

Judul Penelitian : Model Algoritma Berbasis Spektrometer untuk Identifikasi Spesies Mangrove dalam Mendukung Konservasi Pesisir Kota Semarang

Ketua Peneliti

- a. Nama Lengkap dan Gelar : Dr. Tjaturahono Budi Sanjoto, M.Si
- b. NIDN : 001962101907
- c. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
- d. Pendidikan S2/S3 : Pesisir dan Kelautan
- e. Fakultas/Jurusan : FIS/Geografi
- f. Alamat Surel (e-mail) : tjatur@mail.unnes.ac.id

Anggota Peneliti (1)

- a. Nama Lengkap : Wahid Akhsin Budi Nur Sidiq, S.Pd, M.Sc
- b. NIDN : 0613098702
- c. Program Studi : S1 Pendidikan Geografi
- d. Fakultas : Fakultas Ilmu Sosial (FIS)

Anggota Peneliti (2)

- a. Nama Lengkap : Vina Nurul Husna, S.Si., M.Si
- b. NIP : 1991108102019072340
- c. Program Studi : S1 Geografi
- d. Fakultas : Fakultas Ilmu Sosial (FIS)

Mahasiswa yang terlibat

- a. Nama /NIM : 2 orang
- b. Nama /NIM : Ziky Fathurrohman/3211413024
- c. Nama /NIM : Bagus Adi Susilo/3211416020

Staff Pendukung Penelitian : Halim Sukma Aji, A.Md

Biaya yang diperlukan

- a. Sumber dari LPPM Universitas Negeri Semarang : Rp. 27.000.000,00
- b. Sumber Lain, sebutkan : -

Semarang, 4 November 2020

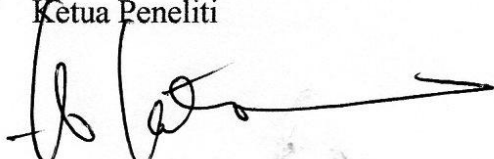
Mengetahui,
Dekan Fakultas Ilmu Sosial



UNNES

Dr. Moh. Salehatul Mustofa, MA
NIP. 196308021988031001

Ketua Peneliti



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

Menyetujui
Ketua LPPM UNNES



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

RINGKASAN

Penelitian Dasar, *Research Cluster : Environmental Science*

Tema : Pengelolaan dan Pelestarian Kehati

Judul Penelitian : Model Algoritma Berbasis Spektrometer untuk Identifikasi Spesies

Mangrove dalam Mendukung Konservasi Pesisir Kota Semarang

Ekosistem mangrove memiliki peranan yang sangat penting dalam menjaga keseimbangan lingkungan pesisir, namun pada saat ini banyak ekosistem tersebut yang mengalami kerusakan bahkan hilang sebagai akibat alih fungsi lahan. Hal tersebut yang terjadi di pesisir Kota Semarang, dimana akibat tingginya aktivitas pembangunan berdampak pada meningkatnya kebutuhan lahan sehingga banyak ekosistem mangrove yang dikonversi menjadi lahan terbangun atau area produktif lainnya. Hasil intepretasi citra SPOT 6 tahun 2020 menunjukkan mangrove di pesisir barat Kota Semarang sebagian besar berada di Kelurahan Mangunharjo (69,47 ha), Kelurahan Tugurejo (62,60 ha), Kelurahan Tambakharjo (25,11 ha) dan Kelurahan Mangkang Kulon (15,52 ha) dengan distribusi spasial memanjang di tanggul-tanggul tambak, dan terdapat yang mengelompok di pesisir Kelurahan Mangunharjo dan Kelurahan Tugurejo. Terdapat 8 spesies mangrove yang ditemukan di lokasi penelitian, diantaranya *Avicennia Marina*, *Rhizophora Apiculata*, *Rhizophora Mucronata*, *Rhizophora Stylosa*, *Bruguiera*, *Ceriops Tagal*, *Sonneratia* dan *Xylocarpus granatum*, dimana dari 8 spesies tersebut sebagian besar didominasi oleh *Avicennia Marina* dan *Rhizophora Mucronata*. Hasil pengukuran di lapangan menggunakan spectrometer pada setiap *spesies* mangrove menunjukkan pola pantulan spektral mangrove memiliki dua puncak utama yaitu berada di panjang gelombang hijau dan *near-infrared* dengan nilai puncak tertinggi terdapat di panjang gelombang NIR. Pantulan spektral tiap jenis mangrove menunjukkan pola yang hampir sama dengan pantulan spektral vegetasi yang sehat, dimana pola pantulan spektral tersebut terdapat absorpsi pada gelombang biru (400-500 nm) dan merah (600-700 nm) yang digunakan untuk fotosintesis dan terdapat reflektansi yang tinggi pada gelombang hijau (500-600 nm) dan near-infrared (700-900 nm). Hasil klasifikasi dengan algoritma *SAM* menunjukkan bahwa spesies *Avicennia Marina* mendominasi sebagian wilayah utara daerah kajian atau daerah mendekati laut. Sedangkan ketujuh spesies lain tersebar di bagian selatan dan tengah dari daerah kajian. Uji akurasi yang dilakukan pada hasil klasifikasi *SAM* sebesar 52% atau cenderung sedang. Rendahnya nilai akurasi disebabkan oleh bias yang besar pada spesies *Bruguiera*.

PRAKATA

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

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

Kami menyadari penelitian masih belum sepenuhnya sempurna, sehingga kami masih mengharap saran dan kritik dari Bapak/Ibu semuanya demi perbaikan penelitian ini.

Semarang, 4 November 2020

Peneliti

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR.....	ii
RINGKASAN.....	iii
PRAKATA.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Urgensi Penelitian.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 State of the Art.....	3
2.2 Penginderaan Jauh untuk Mangrove.....	3
2.3 <i>Road Map</i> Penelitian.....	4
BAB III TUJUAN DAN MANFAAT.....	6
3.1 Tujuan Khusus.....	6
3.2 Manfaat Penelitian.....	6
BAB IV METODE.....	7
4.1 Lokasi Penelitian.....	7
4.2 Variabel Penelitian.....	7
4.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	7
4.4 Tahapan Rencana Penelitian.....	8
4.5 Diagram Alir Penelitian.....	10
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....	11
5.1 Mangrove di Pesisir Kota Semarang.....	11
5.2 Survei Pendahuluan.....	14
5.3 Pengukuran Nilai Spektral Mangrove dengan Spektrometer.....	15
5.4 Karakteristik Spektral Spesies Mangrove di Lokasi Penelitian.....	18
5.5 Klasifikasi Spesies Mangrove Menggunakan Algoritma SAM.....	21
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	24
DAFTAR PUSTAKA.....	25

DAFTAR TABEL

Tabel 5.1 Luas Mangrove di Pesisir Barat Kota Semarang.....	11
Tabel 5.2 Lokasi Pengambilan Nilai Spektral Mangrove di Lokasi Penelitian.....	16
Tabel 5.3 Luas Distribusi Jenis Mangrove Berdasarkan Klasifikasi SAM.....	27

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Respon Spektral Mangrove di Berbagai Panjang Gelombang.....	4
Gambar 2.2 Road Map Penelitian.....	5
Gambar 4.1 Lokasi Penelitian Wilayah Pesisir Kota Semarang.....	7
Gambar 4.2 Diagram Alir Penelitian.....	10
Gambar 5.1 Distribusi Spasial Mangrove di Pesisir Barat Kota Semarang.....	12
Gambar 5.2 Ekosistem Mangrove di Kelurahan Mangunharjo.....	12
Gambar 5.3 Ekosistem Mangrove di Kelurahan Mangkang Kulon.....	13
Gambar 5.4 Ekosistem Mangrove di Kelurahan Tugurejo.....	13
Gambar 5.5 Spesies Mangrove di Pesisir Kelurahan Mangunharjo.....	14
Gambar 5.6 Spesies Mangrove di Pesisir Kelurahan Tugurejo.....	15
Gambar 5.7 Pengukuran Nilai Spektral Spesies <i>Avicenia Marina</i>	13
Gambar 5.8 Pengukuran Nilai Spektral Spesies <i>Rhizopora Stylosa</i>	17
Gambar 5.9 Pengukuran Nilai Spektral Spesies <i>Ceriops Tagal</i>	18
Gambar 5.10 Pola Pantulan Spektral Mangrove Pada setiap Spesies.....	18
Gambar 5.11 Pantulan Spektral Jenis Mangrove di Citra SPOT 7.....	20
Gambar 5.12 Hasil Klasifikasi Spesies Mangrove dengan SAM.....	21
Gambar 5.13 Klasifikasi Spesies Mangrove dengan SAM.....	22

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara pesisir dengan garis pantai yang panjang dan memiliki ekosistem laut dengan spesies yang lebih variatif dan beragam, termasuk mangrove (Fawzi, 2016). Mangrove dapat ditemukan di sepanjang garis pantai di daerah tropis, termasuk Indonesia. Indonesia memiliki mangrove terluas di dunia sebesar 18-23% dan memiliki keanekaragaman jenis mangrove yang paling tinggi dimana terdapat 40 jenis mangrove sejati di Indonesia dari 50 jenis mangrove sejati yang tersebar di seluruh dunia (Noor, 2006). Ekosistem mangrove memiliki peran yang sangat penting dalam hal dinamika lingkungan pesisir itu sendiri, antara lain sebagai habitat berbagai jenis ikan dan udang untuk mencari makan, memijah, berlindung dan bertelur (Carrasquilla-Henao et al, 2013), habitat berbagai jenis fauna (Nagelkerken et al, 2008), dapat digunakan sebagai media pembelajaran dan rekreasi (Datta, 2012), menyerap karbon dalam perubahan iklim global (Gilman et al, 2006), pelindung pantai dari erosi, tiupan angin dan ombak (Howard, 2014) dan penghasil kayu dan sumber daya lainnya (Noor, 2006). Selain itu masih ada nilai ekonomi yang terkandung dalam ekosistem mangrove yaitu sebesar US\$9.900/ha (Constanza, 1997 dalam Fawzi, 2016).

Inventarisasi mangrove perlu dilakukan agar mengetahui perubahan luasan mangrove dan kondisi mangrove dari tahun ke tahun. Data yang selama ini disediakan oleh pemerintahan sangat beragam sehingga sulit untuk mengetahui secara pasti penurunan luasan mangrove (Noor, 2006). Inventarisasi mangrove dapat dilakukan dengan pengukuran langsung di lapangan. Namun pengukuran langsung di lapangan membutuhkan waktu, biaya dan tenaga yang tidak sedikit mengingat Indonesia memiliki mangrove yang luas dan tersebar di pesisir Indonesia. Adanya keterbatasan tersebut maka inventarisasi mangrove dapat menggunakan metode lainnya yaitu penginderaan jauh. Teknologi penginderaan jauh memiliki kemampuan merekam data dan informasi secara luas, berulang dan lebih terinci mendeteksi perubahan ekosistem (Mumby, 2006). Penginderaan jauh telah banyak digunakan untuk pemetaan mangrove dengan derajat kesuksesan yang berbeda (Lie et al, 2013). Di Indonesia khususnya pemetaan mangrove memanfaatkan pustaka spektral dari spektrometer belum banyak dilakukan (Plaza *et al.*, 2002, Martinez *et al.*, 2006).

Pengukuran spektral secara *in situ* dilakukan dengan bantuan spektrometer yang dapat merekam pantulan gelombang elektromagnetik yang merupakan respon obyek terhadap gelombang elektromagnetik. Pengukuran tersebut dilakukan dengan jarak yang dekat yaitu sekitar 2-10 cm dari obyek sehingga tidak terdapat gangguan atmosfer (Tamondong *et al*, 2013). Sedangkan pengukuran spektral menggunakan citra penginderaan jauh merupakan nilai reflektansi dari piksel yang menggambarkan berbagai obyek tanpa pengukuran langsung (Helmi *et al*, 2012). Respon spektral setiap obyek bervariasi pada panjang gelombang tertentu dan dianalisis menggunakan metode uji ragam dan pengelompokan untuk mengetahui panjang gelombang penciri karakteristik jenis mangrove. Besaran reflektansi dijadikan pustaka spektral yang kemudian digunakan untuk klasifikasi dengan algoritma *Spectral Angle Mapping (SAM)*.

Informasi spasial distribusi mangrove banyak dikembangkan dengan analisis citra berbasis piksel dan terapan berbagai algoritma klasifikasi. Umumnya dilakukan klasifikasi

mangrove dan non-mangrove dan belum sampai klasifikasi tingkat spesies. Penelitian ini melakukan klasifikasi citra berbasis piksel untuk menghasilkan kelas mangrove dan non-mangrove dan *SAM* dengan penerapan pustaka spektral untuk menghasilkan kelas mangrove hingga tingkat spesies. Sehingga dengan diketahuinya jenis spesies mangrove dapat digunakan sebagai salah satu pertimbangan dalam upaya konservasi mangrove khususnya di pesisir Kota Semarang.

1.2 Urgensi Penelitian

Mangrove memiliki peranan yang sangat penting, tidak hanya mempertahankan keberlangsungan ekosistem di perairan tetapi juga ekosistem di darat. Akan tetapi peranan mangrove yang sangat besar tersebut berbanding terbalik dengan kondisi mangrove saat ini. Banyak mangrove yang rusak bahkan hilang dari ekosistem pesisir karena terdesak berbagai kepentingan, salah satunya adalah pembangunan wilayah perkotaan seperti yang terjadi di pesisir Semarang. Kota Semarang berada di wilayah pesisir dengan luasan mangrove yang semakin berkurang dari tahun ke tahun. Penelitian yang dilakukan Aulia, dkk. (2015) memberikan data perkembangan luas mangrove di Kota Semarang tahun 2012 seluas 886,86 ha, tahun 2013 seluas 741,11 ha, tahun 2014 menjadi 542,94 ha. Penebangan liar menjadi penyebab utama berkurangnya luasan mangrove di Semarang. Hal tersebut tentunya tidak hanya terjadi di Semarang, masih banyak di daerah lain yang mengalami hal serupa.

Hilangnya mangrove sangat kurang terdeteksi karena minimnya informasi terbaru mengenai kondisi mangrove di Indonesia. Informasi mengenai keberadaan mangrove sering kali hanya sebatas luasan mangrove tanpa adanya rincian jenis mangrove dan kondisi mangrove di daerah tersebut. Data jenis mangrove penting untuk dilakukan inventarisir karena Indonesia memiliki 40 jenis mangrove sejati yang tersebar di Indonesia dan untuk mengetahui lokasi keberadaan masing-masing jenis mangrove tersebut. Selain itu, informasi jenis dan kondisi mangrove sangatlah penting untuk mendukung kegiatan konservasi ekosistem pesisir. Dengan adanya informasi tersebut, kegiatan konservasi dapat dilakukan dengan tepat dalam memilih jenis mangrove dan perlakuan di area konservasi. Karena itu penelitian yang berjudul Model Algoritma Berbasis Spektrometer untuk Identifikasi Spesies Mangrove dalam Mendukung Konservasi Pesisir Kota Semarang sangat urgen untuk dilakukan dan mendukung Visi UNNES sebagai Universitas berwawasan Konservasi bereputasi Internasional.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 State of the Art

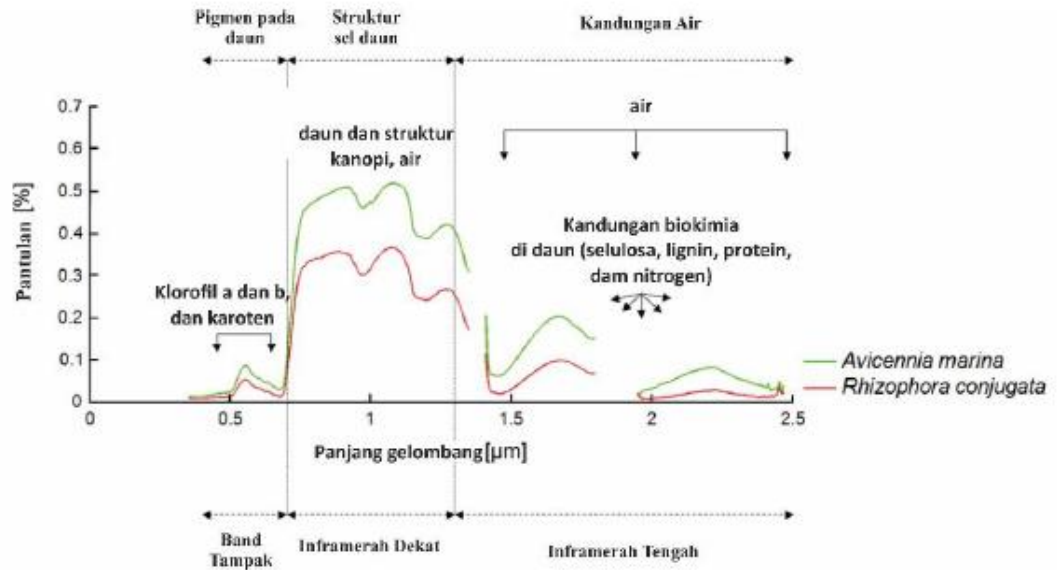
Berdasarkan lokasi hidupnya, mangrove adalah belukar atau pohon yang tumbuh di kawasan pesisir diantara $25^{\circ} - 30^{\circ}$ lintang utara sampai $25^{\circ} - 30^{\circ}$ lintang selatan dan mampu bertahan di air payau, air laut dan lokasi dimana terjadi penguapan yang membuat air asin memiliki salinitas dua kali lebih tinggi dari salinitas air laut (Kuenzer et al, 2011). Definisi selanjutnya, mangrove diterjemahkan sebagai spesies yang mampu hidup di air asin (Tomlinson, 1995). Terdapat karakteristik yang mencirikan bahwa mangrove merupakan ekosistem yang berada di zona pasang surut yang mampu beradaptasi di lingkungan pesisir, beradaptasi dengan sistem perakaran yang menonjol / akar nafas, sebagai suatu cara adaptasi terhadap kondisi tanah yang anaerob atau miskin oksigen. Indonesia memiliki mangrove terluas di dunia sebesar 18-23% dan memiliki keanekaragaman jenis mangrove yang paling tinggi dimana terdapat 40 jenis mangrove sejati di Indonesia dari 50 jenis mangrove sejati yang tersebar di seluruh dunia (Noor, 2006).

Banyak penelitian yang sudah dilakukan terkait luasan mangrove di pesisir Semarang, akan tetapi pemetaan mangrove hingga ke tingkat spesies dengan menggunakan Model Algoritma Berbasis Spektrometer yang dipadukan dengan teknologi penginderaan jauh belum pernah dilakukan. Pemetaan hingga ke tingkat spesies berguna untuk mengetahui tingkat keragaman jenis mangrove dan bisa digunakan sebagai bahan evaluasi, penyebab kurang intensifnya penambahan luasan mangrove. Model algoritma berbasis spektrometer yang dihasilkan dari penelitian ini nantinya dapat diimplementasikan pada pemetaan mangrove hingga tingkat spesies di wilayah lain.

2.2 Penginderaan Jauh untuk Mangrove

Karakteristik mangrove pada citra penginderaan jauh dapat diketahui dari karakteristik objek mangrove itu sendiri. Mangrove yang hidup di kawasan pesisir, komposisi objek yang terekam yakni vegetasi, tanah, dan air (Kuenzer, et al., 2011). Seringkali objek yang terekam oleh sensor adalah objek campuran akibat pengaruh dari pasang surut dan musim. Atau dalam penginderaan jauh disebut dengan *mixel* yaitu kondisi dimana dalam satu piksel cakupan area terdapat beberapa obyek yang terekam. Akan tetapi, walaupun terdapat campuran antara mangrove dan vegetasi lainnya, teknik penginderaan jauh mampu membedakan mangrove dan vegetasi lainnya tersebut (Lee & Yeh, 2009). Sehingga mengetahui karakteristik dasar tersebut, akan sangat membantu dalam identifikasi mangrove dari penginderaan jauh. Salah satu komponen lain yang harus diketahui adalah tentang spesies mangrove itu sendiri, mengingat tiap spesies memiliki perbedaan karakteristik. Dengan keanekaragaman spesies tertinggi di kawasan Asia Tenggara, akan membuat kesulitan dalam pembedaan masing-masing spesies tersebut.

Karakteristik spektral mangrove adalah karakteristik spektral vegetasi secara umum. Seperti pantulan spektral meningkat pada gelombang hijau karena adanya klorofil a dan b, dan meningkat drastis di gelombang inframerah dekat. Telah di sebutkan bahwa perbedaan spesies juga berpengaruh terhadap respon spektral yang diterima sensor.



Gambar 2.1 Respon Spektral Mangrove di Berbagai Panjang Gelombang

Gambar diatas menunjukkan respon spektral yang berbeda pada spesies *Avicennia marina* dan *Rhizophora conjugata*. Respon spektral antar obyek terlihat berbeda, hal ini bisa disebabkan oleh beberapa faktor antara lain perbedaan komponen dan struktur daun yang mendominasi di gelombang inframerah. Selain itu adanya pasang surut juga memberikan pengaruh terhadap interaksi gelombang elektromagnetik (Li *et al*, 2013). Dengan adanya pustaka spektral masing-masing jenis mangrove akan memudahkan dalam proses identifikasi spesies mangrove menggunakan penginderaan jauh. Salah satunya dengan metode *Spectral Angle Mapping (SAM)*. Algoritma *SAM* digunakan untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan spesies mangrove yang ditargetkan. *SAM* merupakan klasifikasi berdasar sudut spektral yang dibentuk oleh piksel terhadap pustaka spektral pada *feature space*.

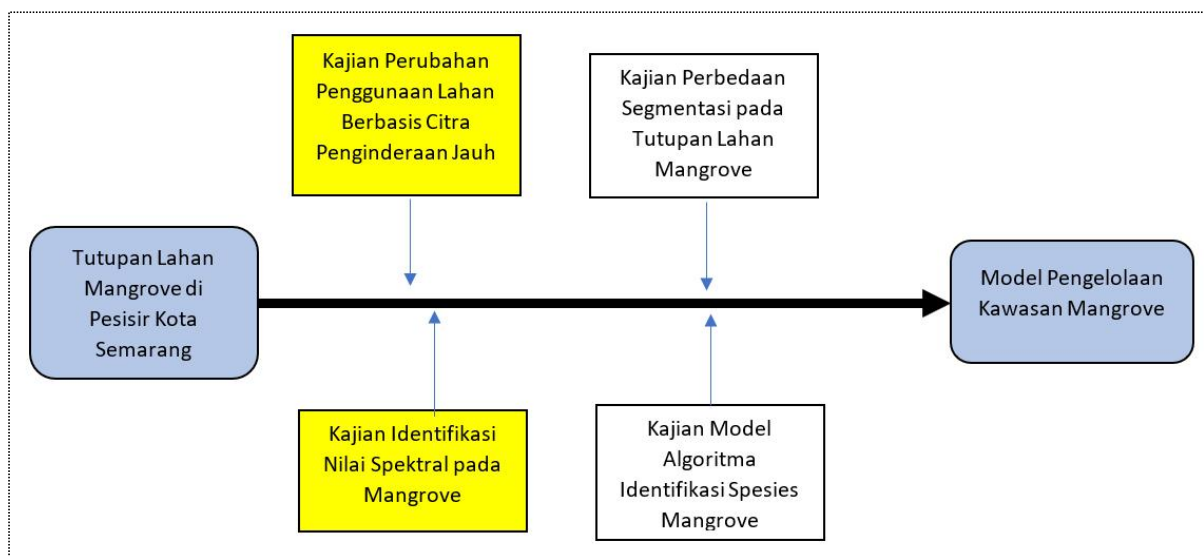
Untuk mendapatkan nilai reflektansi suatu obyek maka perlu dilakukan pengukuran di lapangan menggunakan spektrometer. Spektrometri dilakukan dengan tujuan untuk mengukur besaran respon spektral obyek terhadap gelombang elektromagnetik yang datang berinteraksi dengan suatu obyek (*irradiance*) atau besaran nilai reflektansi obyek terhadap gelombang elektromagnetik (*radiance*) yang dikaitkan dengan sifat biologis, kimia atau fisik obyek tersebut. Contohnya adalah sifat biofisik yang dapat dipelajari melalui spektrometri yaitu kandungan klorofil pada vegetasi, kesehatan vegetasi dan jenis vegetasi. Spektrometer menyediakan sistem hiperspektral dimana terdiri dari panjang gelombang dengan jarak yang sangat sempit. Dengan menggunakan sistem hiperspektral diharapkan interaksi antara obyek dengan gelombang elektromagnetik lebih mudah dipahami dan diferensiasi obyek juga lebih mudah dilakukan berdasarkan pola pantulan spektral yang dihasilkan.

2.3 Road Map Penelitian

Tutupan lahan mangrove di pesisir Kota Semarang perlu dilakukan identifikasi terlebih dahulu. Identifikasi tersebut terkait dengan lokasi, luas dan tren apa saja yang sudah terjadi pada mangrove tersebut. Kajian perubahan penggunaan lahan berbasis citra

penginderaan jauh digunakan sebagai acuan untuk mengetahui informasi tersebut. Kemudian dilakukan pemisahan atau pembedaan antara tutupan mangrove dan non-mangrove agar memudahkan dalam analisis selanjutnya. Hanya tutupan lahan mangrove yang akan dijadikan sebagai obyek kajian dalam penelitian ini. Selanjutnya tutupan lahan mangrove dijadikan sebagai bahan kajian segmentasi. Segmentasi digunakan untuk melihat perbedaan secara bentuk, tekstur dari masing-masing obyek kajian. Perbedaan segmen tersebut yang kemudian dijadikan sebagai dasar penentuan sampel di lapangan. Kajian identifikasi nilai spektral pada mangrove dilakukan pada saat proses pengambilan sampel di lapangan. Survey lapangan mempunyai tujuan untuk mendapatkan nilai pantulan spektral pada setiap jenis mangrove yang terdapat di lapangan. Nilai pantulan spektral tersebut kemudian dijadikan sebagai *spectral library* untuk kajian penentuan model algoritma identifikasi spesies mangrove.

Hasil akhir yang diharapkan dari penelitian ini adalah terciptanya model algoritma yang memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi untuk identifikasi spesies mangrove. Sehingga memudahkan para peneliti lain jika akan melakukan penelitian identifikasi mangrove di lokasi penelitian lain dengan berbasis citra penginderaan jauh. Gambar berikut menunjukkan road map penelitian yang akan dilaksanakan.



Gambar 2.2 Road Map Penelitian

BAB III TUJUAN DAN MANFAAT

3.1 Tujuan Khusus

Secara khusus tujuan dari penelitian “Model Algoritma Berbasis Spektrometer untuk Identifikasi Spesies Mangrove dalam Mendukung Konservasi Pesisir Kota Semarang” adalah untuk:

- a. Menganalisis karakteristik spektral jenis mangrove berdasarkan pola reflektansinya yang diukur menggunakan spektrometer dan panjang gelombang penciri untuk membedakan jenis mangrove;
- b. Memisahkan kelas mangrove dan non-mangrove menggunakan klasifikasi berbasis piksel dan mengelompokkan mangrove berdasarkan pustaka spektral untuk menghasilkan kelas mangrove hingga ke tingkat jenis menggunakan algoritma *SAM*; dan
- c. Memberikan model konservasi pesisir berbasis mangrove dengan melihat karakteristik pantai dan jenis spesies yang sesuai.

3.2 Manfaat Penelitian

Manfaat dari kegiatan penelitian ini diharapkan dapat mengetahui pola reflectance dari setiap spesies mangrove yang berada di pesisir Kota Semarang, sehingga dari nilai reflectance masing-masing spesies mangrove tersebut digunakan untuk menyusun algoritma yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi spesies mangrove berdasarkan nilai reflectancenya. Selanjutnya dengan diketahuinya berbagai spesies mangrove dapat digunakan sebagai pedoman dalam konservasi di wilayah Pesisir Kota Semarang untuk menentukan spesies yang sesuai dengan karakteristik pantai.

BAB IV METODE

4.1 Lokasi Penelitian

Penelitian akan dilakukan di pesisir Semarang untuk mengambil data reflektansi spektral jenis mangrove sehingga dengan diketahui jenis mangrove di wilayah pesisir Kota Semarang. Gambar berikut menunjukkan lokasi wilayah pesisir Kota Semarang.



Gambar 4.1 Lokasi Penelitian Wilayah Pesisir Kota Semarang

4.2 Variabel Penelitian

Beberapa variabel yang akan dikaji dalam kegiatan penelitian sehingga tujuan penelitian dapat tercapai terdiri atas:

- Pengolahan reflektansi spektral mangrove dari citra resolusi tinggi;
- Pengukuran reflektansi spektral mangrove di lapangan menggunakan alat spektrometer;
- Pemetaan mangrove menggunakan metode *SAM* akan menghasilkan kelas mangrove hingga ke tingkat jenis; dan
- Menentukan model konservasi pesisir berbasis spesies mangrove.

4.3 Alat dan Bahan Penelitian

Beberapa alat dan bahan yang akan digunakan dalam mendukung kegiatan penelitian ini terdiri atas:

- a. Seperangkat komputer yang didukung oleh beberapa piranti lunak pengolahan citra satelit dan analisis spasial;
- b. *Global Positioning System (GPS)*;
- c. Kamera;
- d. Transek;
- e. Spektrometer;

Sedangkan untuk bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

- a. Citra penginderaan jauh yaitu SPOT-7 dengan spesifikasi berikut :

Spectral Bands (nm)	Spatial Resolution (m)
Blue (455 – 525)	6
Green (530 – 590)	6
Red (625 – 695)	6
Near-Infrared (760 – 890)	6
Panchromatic	1.5

- b. Data atribut hasil pengukuran di lapangan yang telah ditabulasikan; dan
- c. Mangrove yang terdapat di pesisir Semarang sebagai bahan untuk perekaman reflektansi spektral.

4.4 Tahapan Rencana Penelitian

Kegiatan penelitian ini terbagi kedalam beberapa tahap, yaitu tahap *pre-processing* citra, pengukuran reflektansi spektral mangrove di lapangan, pemetaan mangrove menggunakan metode *SAM* dan uji akurasi. Adapun alur penelitian dapat dilihat pada diagram alir penelitian yang terjadi pada gambar di bawah.

- a. Tahap *pre-processing* citra meliputi koreksi radiometrik dan koreksi atmosferik. Koreksi radiometrik yang dilakukan meliputi konversi nilai piksel yang masih berupa *digital number* ke nilai *top-of-atmosphere (TOA)* dengan satuan $W/cm^2.sr.nm$. Proses koreksi radiometrik mengacu pada prosedur dan koefisien yang diperoleh dari *header* citra. Kemudian untuk mendapatkan nilai reflektansi, maka perlu dilakukan koreksi dengan metode *Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Hypercubes (FLAASH)*. Citra penginderaan jauh digunakan untuk : (1) penentuan lokasi sampel mangrove yang akan diukur nilai reflektansinya, (2) menghubungkan nilai hasil reflektansi di lapangan dengan nilai reflektansi di citra, dan (3) memetakan distribusi mangrove.
- b. Pengukuran reflektansi spektral mangrove di lapangan menggunakan alat spektrometer. Sebelum menggunakan spektrometer, terlebih dahulu dilakukan kalibrasi dengan mengukur *white reference* dan *dark reference spectra* untuk mendapatkan nilai referensi spektral. *White reference* diukur dengan merekam reflektansi spektral maksimum dari obyek berwarna terang atau putih, sedangkan *dark reference* diukur dengan merekam reflektansi minimum dari obyek berwarna gelap atau hitam. Reflektansi mangrove diukur dengan cara mengarahkan sensor dari spektrometer ke bagian daun mangrove dengan sudut 45° dengan jarak kurang lebih 5cm dari permukaan daun, pengukuran dilakukan pada pukul 9.00 – 11.00.

Pengukuran spektral dilakukan pada saat cuaca cerah agar meminimalisir gangguan atmosfer.

Selain itu juga dilakukan pencatatan koordinat di area sampel, pengambilan gambar dan perhitungan kerapatan mangrove di area tersebut. Perhitungan besaran reflektansi hasil pengukuran *in situ* dapat menggunakan persamaan berikut :

$$R\lambda = \frac{S\lambda - D\lambda}{Ref\lambda - D\lambda} \times 100\%$$

Keterangan :

$R\lambda$: Reflektansi (%)

$S\lambda$: Intensitas sampel (counts)

$D\lambda$: Intensitas *dark reference* (counts)

$Ref\lambda$: Intensitas *white reference* (counts)

Selanjutnya nilai reflektansi (%) diolah dengan menggunakan metode *moving average* yaitu memfilter data berdasarkan perhitungan rata-rata. Analisis besaran spektral reflektansi dilakukan dengan metode analisis kemiripan dan pengelompokkan nilai reflektansi. Analisis kemiripan nilai reflektansi menggunakan ANOVA yang bertujuan untuk mengetahui perbedaan reflektansi pada jenis mangrove. Jika terdapat perbedaan yang nyata antar variable maka dilanjutkan dengan uji *Tuckey*. Uji lanjut tersebut digunakan untuk menghasilkan panjang gelombang yang memberikan perbedaan signifikan dan dijadikan sebagai pencari berdasarkan karakteristik spektral. Sedangkan analisis pengelompokkan nilai reflektansi yaitu dengan menentukan kemiripan antar jenis berdasarkan respon spektral pada panjang gelombang yang diamati. Ukuran kemiripan yang diamati adalah jarak *euclidean*. Obyek yang memiliki jarak lebih pendek maka lebih mirip satu sama lain dibandingkan dengan obyek yang memiliki jarak lebih panjang.

- c. Pemetaan mangrove menggunakan metode *SAM* akan menghasilkan kelas mangrove hingga ke tingkat jenis. Persamaan yang digunakan pada algoritma *SAM* adalah :

$$\alpha = \cos^{-1} \left[\frac{\sum_{i=1}^{nb} t_i r_i}{(\sum_{i=1}^{nb} t_i^2)^{1/2} (\sum_{i=1}^{nb} r_i^2)^{1/2}} \right]$$

Keterangan :

α : sudut spektral

nb : jumlah saluran pada citra

t : spektral piksel

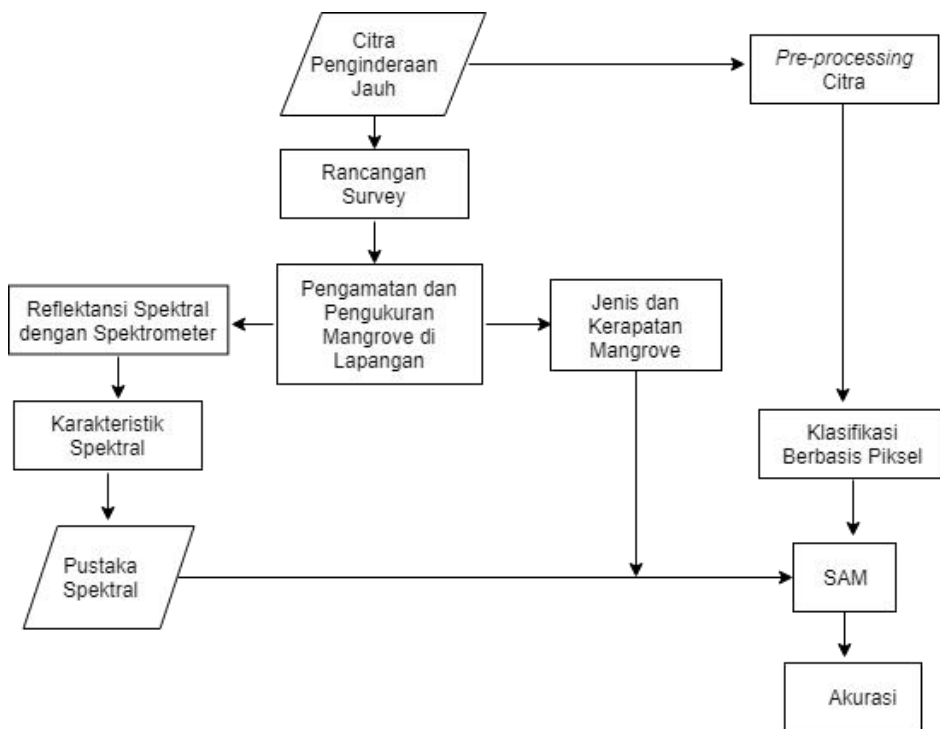
r : pustaka spektral

- d. Proses klasifikasi citra dengan menggunakan algoritma *SAM* meliputi beberapa tahap yaitu mendeliniasi poligon mangrove berdasarkan data pengukuran lapangan, membuat pustaka spektral berupa kurva reflektansi masing-masing jenis mangrove dan poligon mangrove pada citra dilakukan klasifikasi menggunakan algoritma *SAM* yang memanfaatkan pustaka spektral untuk menghasilkan jenis mangrove. Hasil klasifikasi dengan *SAM* memberikan keterangan bahwa setiap kelas mewakili obyek

yang homogen dan dikategorikan sebagai *unclassified* jika tidak tergabung dalam suatu kelas. Parameter klasifikasi *SAM* adalah menentukan sudut dan pustaka spektral. Sudut spektral yang memiliki akurasi optimal ditentukan berdasar perhitungan sudut pada persamaan di atas. Akurasi keseluruhan dari penggunaan sudut pada klasifikasi *SAM* diproses menggunakan *microsoft excel* untuk membuat grafik nilai akurasi. Grafik yang dihasilkan dapat menjelaskan berapa sudut yang digunakan untuk menghasilkan akurasi optimal.

- e. Setelah diperoleh kelas jenis mangrove, hasil klasifikasi tersebut dilakukan uji akurasi untuk menentukan tingkat keakuratan metode tersebut. Uji akurasi yang dilakukan menggunakan *confusion matrix*, dilakukan dengan membandingkan citra hasil klasifikasi dengan pengamatan di lapangan.

4.5 Diagram Alir Penelitian



Gambar 4.2 Diagram Alir Penelitian

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

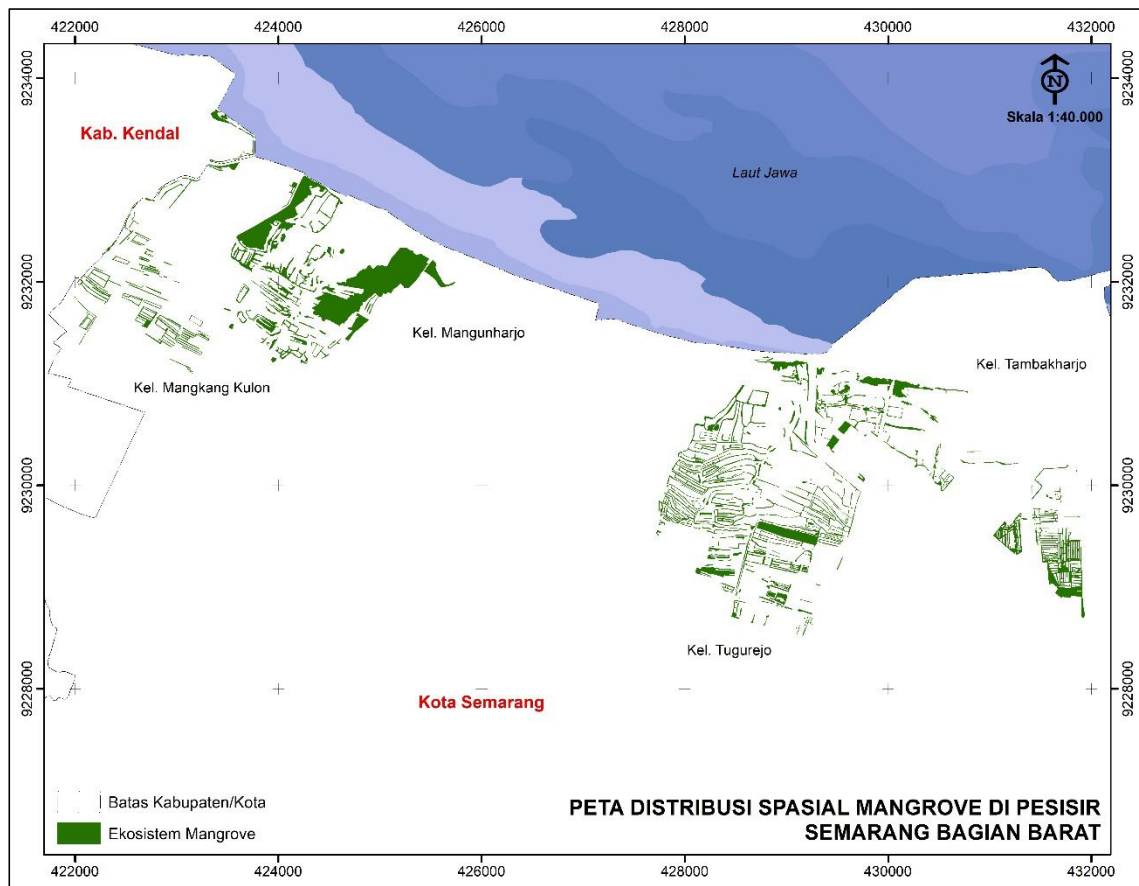
5.1 Mangrove di Pesisir Kota Semarang

Distribusi spasial mangrove di Pesisir Kota Semarang diperoleh dari hasil interpretasi visual citra resolusi tinggi SPOT 6 akuisisi tanggal 6 Mei 2020 yang sudah terkoreksi secara geometrik dan radiometrik. Secara umum mangrove di pesisir Kota Semarang bagian barat sebagian besar berada di wilayah Kelurahan Mangkang Kulon, Kelurahan Mangunharjo, Kelurahan Tugurejo, dan Kelurahan Tambakharjo. Hasil interpretasi diperoleh luas mangrove di keempat kelurahan pesisir tersebut sekitar 172,79 ha, dimana sebagian besar berada di pesisir Kelurahan Mangunharjo sebesar 69,47 ha dan di pesisir Kelurahan Tugurejo sebesar 62,69 ha. Sebagian besar mangrove di lokasi tersebut memiliki pola distribusi memanjang di tanggul tambak dan sepadan sungai, namun juga terdapat beberapa mangrove yang memiliki pola menggerombol seperti di Kelurahan Mangunharjo dan Kelurahan Tugurejo (Dukuh Tapak). Mangrove yang saat ini tumbuh merupakan hasil penanaman yang dilakukan oleh masyarakat dengan program eduwisata, program instansi pemerintahan (DLH dan DKP Kota Semarang), perguruan tinggi melalui kegiatan pengabdian dan perusahaan yang terdiri dari PT Djarum, Pertamina, PT Indonesia Power, PT Phapros dan beberapa perusahaan lainnya melalui program CSR. Tabel dan gambar berikut menyajikan informasi terkait mangrove di pesisir bagian barat Kota Semarang, baik secara spasial maupun kenampakannya di lapangan.

Tabel 5.1 Luas Mangrove di Pesisir Barat Kota Semarang

No	Kelurahan Pesisir	Luas Mangrove (ha)
1	Mangkang Kulon	15,52
2	Mangunharjo	69,47
3	Tugurejo	62,69
4	Tambakharjo	25,11
Total		172,79

Sumber: Interpretasi visual SPOT 6 & survei lapangan



Gambar 5.1 Distribusi Spasial Mangrove di Pesisir Barat Kota Semarang



Gambar 5.2 Ekosistem Mangrove di Kelurahan Mangunharjo



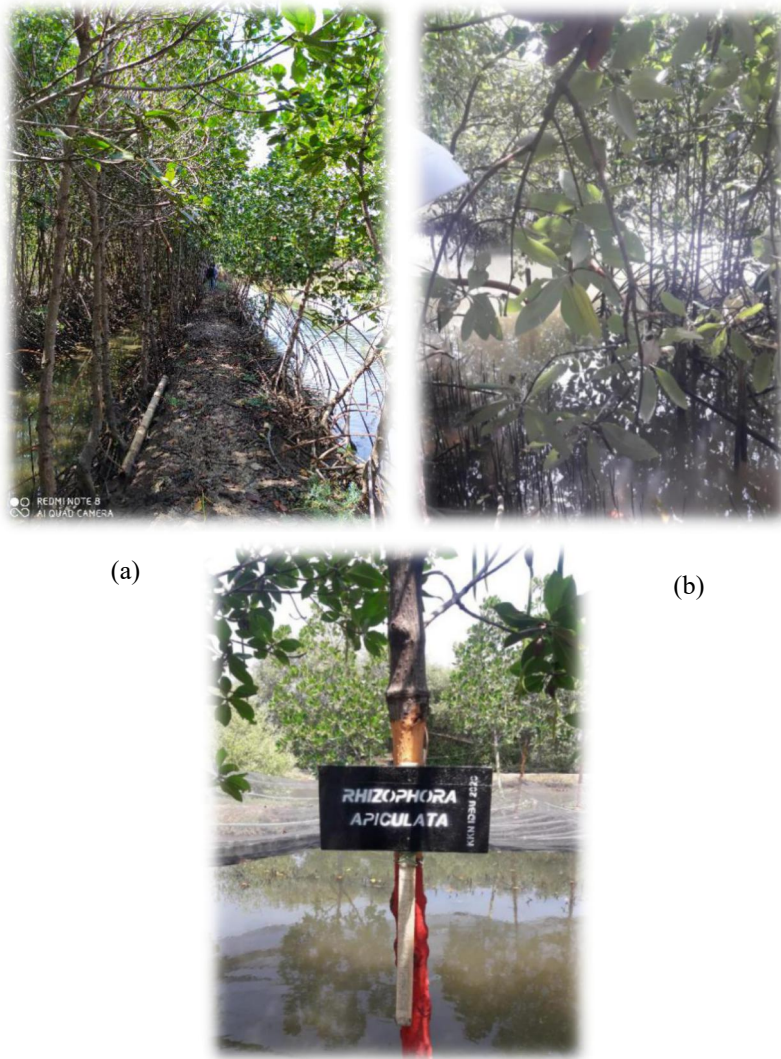
Gambar 5.3 Ekosistem Mangrove di Kelurahan Mangkang Kulon



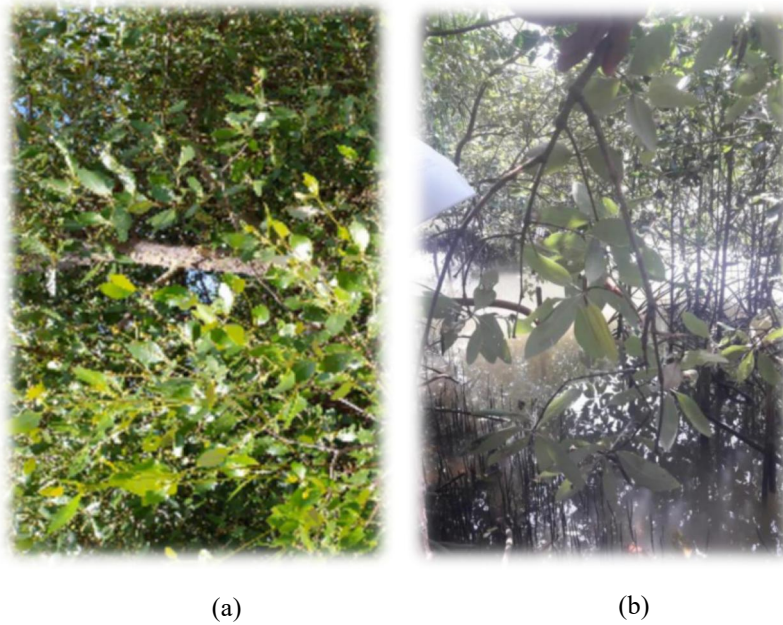
Gambar 5.4 Ekosistem Mangrove di Kelurahan Tugurejo

5.2 Survei Pendahuluan

Kegiatan survei pendahuluan dilakukan untuk melihat distribusi spasial mangrove, mencari/menemukan akses menuju lokasi pengambilan sampel mangrove, mengidentifikasi spesies mangrove dan menentukan lokasi spesies mangrove yang nantinya akan dilakukan pengukuran nilai spektralnya menggunakan alat spektrometer. Kegiatan survei awal ini dilakukan di 4 kelurahan pesisir yang memiliki ekosistem mangrove relatif banyak, yaitu Kelurahan Mangkang Kulon, Kelurahan Mangunharjo, Kelurahan Tugurejo dan Kelurahan Tambakharjo. Berdasarkan hasil survei menggambarkan bahwa terdapat 8 spesies mangrove yang dapat teridentifikasi, yaitu *Avicennia Marina*, *Rhizophora Apiculata*, *Rhizophora Mucronata*, *Rhizophora Stylosa*, *Bruguiera*, *Ceriops Tagal*, *Sonneratia* dan *Xylocarpus granatum*. Sebagian dari spesies mangrove tersebut berada di pesisir Kelurahan Mangunharjo, dimana hanya *Rhizophora Mucronata* dan *Avicennia Marina* yang memiliki luasan relatif luas, sedangkan spesies lainya memiliki luasan yang relatif kecil, bahkan ada spesies yang hanya terdiri dari 1 - 2 pohon. Secara umum spesies mangrove yang berada di 4 kelurahan tersebut didominasi oleh jenis *Rhizophora Mucronata* dan *Avicennia Marina*. Gambar berikut menyajikan berbagai spesies mangrove di lokasi penelitian.



Gambar 5.5 Spesies *Rhizophora mucronata* (a), *Rhizophora stylosa* (b) dan *Rhizophora apiculata* di Pesisir Kelurahan Mangunharjo



Gambar 5.6 Spesies *Avicenia Alba* (a) dan *Avicenia Marina* (b) di Pesisir Kelurahan Tugurejo

5.3 Pengukuran Nilai Spektral Mangrove dengan Spektrometer

Kegiatan pengukuran nilai spektral mangrove dilakukan di beberapa lokasi yang telah ditentukan pada saat survei pendahuluan, dimana kegiatan ini dilakukan dengan menggunakan alat spektrometer dengan tujuan untuk mendapatkan nilai spektral di berbagai spesies mangrove di Pesisir Kota Semarang yang terfokus pada Kelurahan Mangunharjo dengan berbagai jenis spesies yang lebih bervariasi dibandingkan wilayah lainnya. Kegiatan pengukuran ini dilakukan dengan memperhatikan kondisi cuaca di lokasi penelitian, dimana lebih diutamakan pada saat sinar matahari memberikan pancaran secara maksimal, sehingga hanya dilakukan dari pukul 09.00 - 13.00 di setiap harinya supaya diperoleh nilai spektral yang optimal seperti pada waktu akuisisi citra SPOT 6. Terdapat 8 spesies mangrove yang dilakukan pengukuran nilai spektralnya, yaitu *Avicennia Marina*, *Rhizophora Apiculata*, *Rhizophora Mucronata*, *Rhizophora Stylosa*, *Bruguiera*, *Ceriops Tagal*, *Sonneratia* dan *Xylocarpus granatum*. Jumlah sampel yang diambil di setiap spesies berorientasi pada luasan setiap spesies mangrove di lokasi penelitian, dimana sebelum dilakukan pengukuran nilai spektral mangrove terlebih dahulu dilakukan pengukuran *white reference* dan *dark reference* yang nantinya digunakan untuk kalibrasi pada saat pengolahan post processing nilai reflektan spesies mangrove. Tabel dan Gambar berikut menunjukkan lokasi sampel dan kegiatan pengukuran nilai spektral setiap spesies mangrove di lokasi penelitian.

Tabel 5.2 Lokasi Pengambilan Nilai Spektral Mangrove di Lokasi Penelitian

No Sampel	Spesies Mangrove	Koordinat (UTM)	
		X	Y
1	<i>Avicennia Marina</i>	0425441	9232103
2	<i>Avicennia Marina</i>	0425486	9232160
3	<i>Avicennia Marina</i>	0425510	9232191
4	<i>Avicennia Marina</i>	0425476	9232180
5	<i>Avicennia Marina</i>	0427590	9229858
6	<i>Avicennia Marina</i>	0440777	9232730
7	<i>Avicennia Marina</i>	0441071	9232874
8	<i>Avicennia Marina</i>	0440719	9233262
9	<i>Rhizophora Mucronata</i>	0424039	9231099
10	<i>Rhizophora Mucronata</i>	0424191	9231523
11	<i>Rhizophora Mucronata</i>	0425402	9232025
12	<i>Rhizophora Mucronata</i>	0425429	9231911
13	<i>Rhizophora Mucronata</i>	0242183	9231259
14	<i>Rhizophora Mucronata</i>	0441192	9232652
15	<i>Rhizophora Mucronata</i>	0441429	9232516
16	<i>Rhizophora Mucronata</i>	0440727	9233252
17	<i>Rhizophora Stylosa</i>	0424081	9231058
18	<i>Rhizophora Stylosa</i>	0424055	9231074
19	<i>Rhizophora Apiculata</i>	0424091	9231126
20	<i>Rhizophora Apiculata</i>	0424084	9231129
21	<i>Bruguiera</i>	0424307	9231219
22	<i>Bruguiera</i>	0424303	9231222
23	<i>Xylocarpus granatum</i>	0424044	9231026
24	<i>Ceriops Tagal</i>	0424086	9231065
25	<i>Sonneratia</i>	0443058	9234227
26	<i>Sonneratia</i>	0443092	9234203
27	<i>Sonneratia</i>	0443172	9234174
28	<i>Sonneratia</i>	0443044	9234235

Sumber: Hasil Survei Lapangan, 2020



Gambar 5.7 Pengukuran Nilai Spektral Spesies *Avicenia Marina*



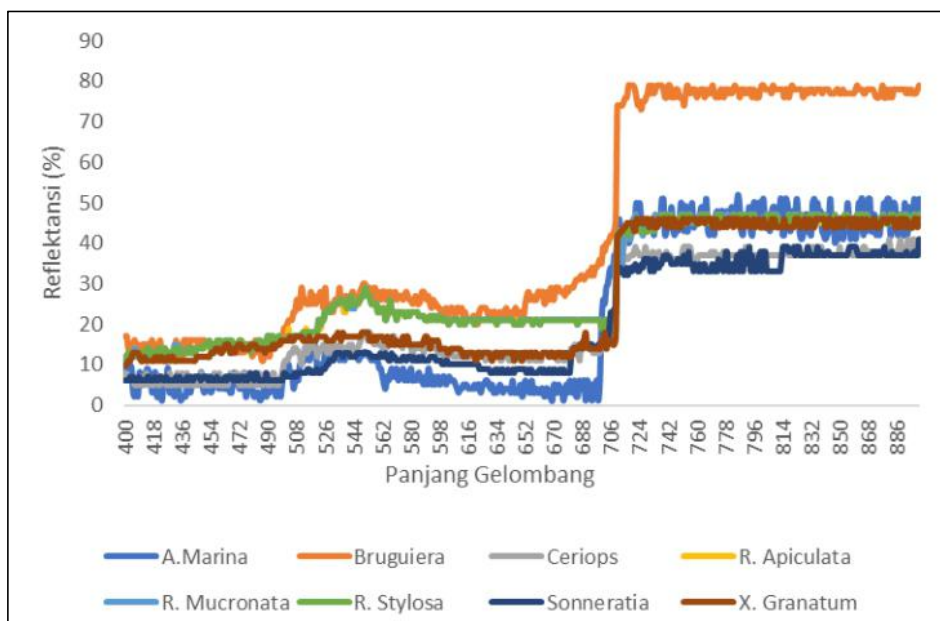
Gambar 5.8 Pengukuran Nilai Spektral Spesies *Rhizophora Stylosa*



Gambar 5.9 Pengukuran Nilai Spektral Spesies *Ceriops Tagal*

5.4 Karakteristik Spektral Spesies Mangrove di Lokasi Penelitian

Berdasarkan hasil identifikasi di lapangan, terdapat 8 jenis mangrove yang mendominasi yaitu *Avicennia Marina*, *Rhizophora Apiculata*, *Rhizophora Mucronata*, *Rhizophora Stylosa*, *Bruguiera*, *Ceriops Tagal*, *Sonneratia* dan *Xylocarpus granatum*. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan spectrometer USB4000. Analisis panjang gelombang disesuaikan dengan panjang gelombang citra SPOT yang digunakan yaitu dari 400 – 900 nanometer, meliputi panjang gelombang biru, hijau, merah dan inframerah dekat (NIR). Pengukuran pantulan spektral mangrove menggunakan spectrometer dengan terlebih dahulu dilakukan kalibrasi *white and dark reference*. Hasil reflektan masing-masing jenis mangrove dapat dilihat pada gambar di bawah.



Gambar 5.10 Pola Pantulan Spektral Mangrove Pada setiap Spesies

Hasil pengukuran di lapangan menunjukkan pola pantulan spektral mangrove memiliki dua puncak utama yaitu berada di panjang gelombang hijau dan near-infrared dengan nilai puncak tertinggi terdapat di panjang gelombang NIR. Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa pantulan spektral tiap jenis mangrove menunjukkan pola yang hampir sama dengan pantulan spektral vegetasi yang sehat. Dimana pola pantulan spektral tersebut terdapat absorpsi pada gelombang biru (400-500 nm) dan merah (600-700 nm) yang digunakan untuk fotosintesis dan terdapat reflektansi yang tinggi pada gelombang hijau (500-600 nm) dan near-infrared (700-900 nm). Jenis *Bruguiera* memiliki besaran nilai reflektan yang cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan ketujuh jenis mangrove yang lainnya. Sedangkan *Avicennia Marina* memiliki nilai reflektansi yang paling rendah pada panjang gelombang visible, namun untuk panjang gelombang NIR reflektansi terendah ditempati oleh *Sonneratia*.

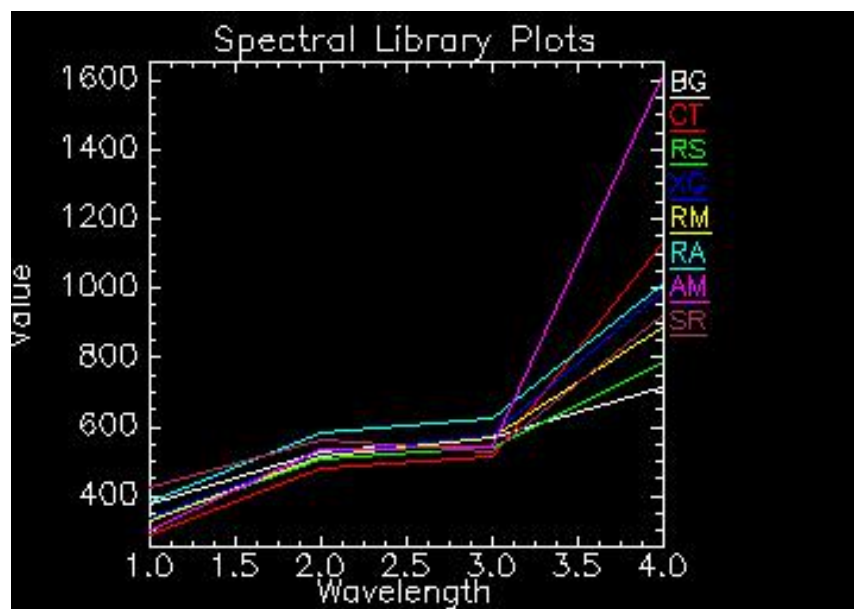
Terdapatnya kesamaan pola reflektansi jenis mangrove tidak menunjukkan kedelapan jenis tersebut memiliki reflektansi yang sama karena pada dasarnya setiap obyek yang ada di permukaan bumi memiliki pantulan spektral yang unik atau khas. Jadi meskipun memiliki pola yang sama tetapi tiap jenisnya pasti akan memiliki cirinya masing-masing (Indarto, 2014). Tiap jenis mangrove memiliki besaran reflektan yang berbeda-beda. Perbedaan reflektan bisa disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya umur pohon, kondisi kesehatan pohon dan fisiologi pohon (meliputi struktur kanopi, geometri daun). Kaitannya dengan geometri daun, semakin tebal daun suatu vegetasi maka reflektansi pantulan spektral juga akan semakin tinggi, begitu juga sebaliknya. Pada ekosistem mangrove semakin mendekati ke arah laut, daun mangrove akan semakin tebal. Hal ini dikarenakan setiap individu akan berusaha menyeimbangkan kadar garam di dalam tubuhnya. Semakin ke arah laut, salinitas air akan semakin tinggi, maka pohon akan beradaptasi dengan cara menebalkan daun agar mengurangi penguapan yang bisa menyebabkan naiknya kadar garam dalam tubuh pohon. Zonasi jenis mangrove dari arah laut meliputi jenis *Avicennia*, *Sonneratia*, *Rhizophora*, *Bruguiera*, *Xylocarpus* (biasanya berada diantara mangrove lain) dan *Nypa*. Jadi *Avicennia* tentunya memiliki daun paling tebal diantara jenis mangrove lainnya.

Selain itu *Avicennia* juga beradaptasi dengan cara mengeluarkan garam dari daun pada saat proses penguapan, hal ini guna mengurangi tingkat salinitas dalam tubuh *Avicennia*. Semakin mendekati arah laut seharusnya pantulan spektral jenis mangrove juga akan semakin tinggi. *Avicennia* seharusnya memiliki pantulan spektral yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis lain, terlebih terdapat butiran garam di permukaan daun *Avicennia* yang dapat menambah besaran reflektansi. Akan tetapi terdapat perbedaan dibandingkan dengan pengamatan di lapangan. Pengamatan di lapangan menunjukkan *Bruguiera* memiliki pantulan yang lebih tinggi dibandingkan dengan *Avicennia*. Perbedaan reflektansi spektral tersebut bisa disebabkan pada saat pengamatan dilakukan di wilayah budidaya dimana terdapat kondisi yang sedikit berbeda jika dibandingkan dengan habitat asli mangrove. *Avicennia* yang seharusnya memiliki pantulan spektral yang tinggi, justru hasil pengukuran nilainya tidak setinggi *Bruguiera*. *Avicennia* yang diukur pada saat itu masih berusia muda dan memiliki daun yang lebih tipis ditambah lagi lokasi pengukuran cenderung jauh dari laut yang memiliki salinitas tinggi, sehingga *Avicennia* tersebut beradaptasi dengan daun yang tipis. *Bruguiera* juga memiliki nilai yang berbeda dikarena

Bruguiera merupakan jenis yang minoritas dimana terdapat *noise* dari obyek sekitar pada saat pengukuran. *Noise* dari obyek sekitar dapat berupa pantulan air tambak karena *Bruguiera* terletak di pematang tambak.

Jenis *Bruguiera* memiliki besaran nilai reflektan yang cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan ketujuh jenis mangrove yang lainnya. Sedangkan *Avicennia Marina* memiliki nilai reflektansi yang paling rendah pada panjang gelombang visible, namun untuk panjang gelombang NIR reflektansi terendah ditempati oleh *Sonneratia*. Adanya kesamaan pola reflektansi jenis mangrove tidak menunjukkan kedelapan jenis tersebut memiliki reflektansi yang sama karena pada dasarnya setiap obyek yang ada di permukaan bumi memiliki pantulan spektral yang unik atau khas. Jadi meskipun memiliki pola yang sama tetapi tiap jenisnya pasti akan memiliki cirinya masing-masing (Indarto, 2014). Tiap jenis mangrove memiliki besaran reflektan yang berbeda-beda. Perbedaan reflektan bisa disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya umur pohon, kondisi kesehatan pohon dan fisiologi pohon (meliputi struktur kanopi, geometri daun).

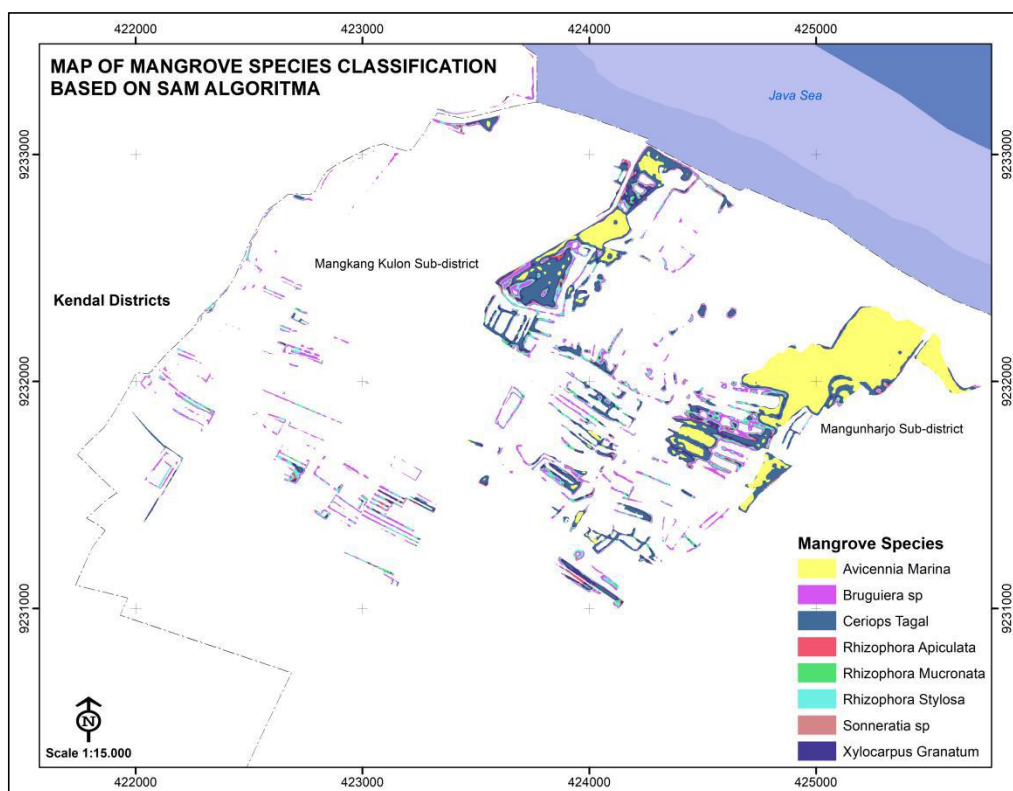
Reflektansi spektral masing-masing jenis mangrove pada citra SPOT7 memiliki pola spektral yang hampir sama dengan pengukuran *in situ* yaitu terdapat puncak pantulan spektral pada saluran NIR atau pada gambar disimbolkan dengan *wavelength* 4. Namun terdapat sedikit perbedaan diantara keduanya yaitu penurunan reflektansi pada saluran merah yang sedikit atau tidak terlalu terlihat tingkat penurunannya. Tetapi secara keseluruhan memiliki pola yang hampir sama yaitu terjadi penyerapan gelombang elektromagnetik pada saluran biru dan merah dan terjadi pemantulan atau reflektansi gelombang elektromagnetik pada saluran hijau dan infra merah dekat. Gambar berikut menampilkan respon spektral setiap spesies mangrove pada citra SPOT7.



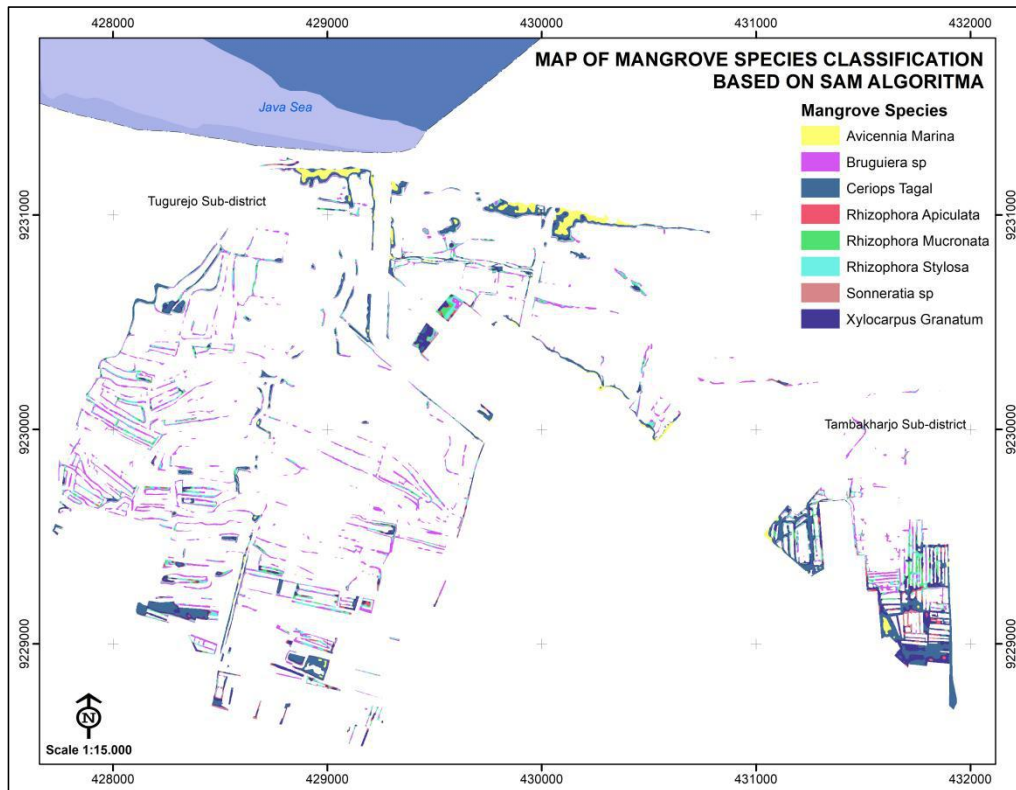
Gambar 5.11 Pantulan spektral jenis mangrove di citra SPOT7

5.5 Klasifikasi Spesies Mangrove Menggunakan Algoritma SAM

Hasil pengukuran spektral *in situ* kemudian dijadikan sebagai acuan dalam melakukan klasifikasi spesies mangrove atau disebut sebagai *spectral library*. Klasifikasi berbasis piksel menggunakan algoritma *Spectral Angle Mapping (SAM)*. Algoritma *SAM* termasuk kedalam klasifikasi supervised karena menggunakan data acuan untuk menentukan kelas-kelasnya yaitu *spectral library* tersebut. Hasil klasifikasi dengan algoritma *SAM* dapat dilihat pada gambar 5.12 dan 5.13. Pada gambar tersebut menunjukkan bahwa spesies *Avicennia Marina* mendominasi sebagian wilayah utara daerah kajian atau daerah mendekati laut. Sedangkan ketujuh spesies lain tersebar di bagian selatan dan tengah dari daerah kajian. Sesuai dengan habitatnya bahwa *Avicennia sp* akan selalu berada dekat dengan laut karena *Avicennia* memiliki kemampuan beradaptasi di perairan yang memiliki salinitas tinggi.



Gambar 5.12 Hasil Klasifikasi Spesies Mangrove di Pesisir Kelurahan Mangkang Kulon dan Mangunharjo Menggunakan Algoritma SAM



Gambar 5.13 Hasil Klasifikasi Spesies Mangrove di Pesisir Kelurahan Tugurejo dan Tambakharjo Menggunakan Algoritma SAM

Luas distribusi masing-masing spesies berdasarkan hasil klasifikasi *SAM* dapat dilihat pada tabel berikut. Jenis mangrove yang memiliki distribusi paling sedikit adalah *Sonneratia sp.* Di lapangan jenis ini sulit untuk ditemukan, dan hanya ada pada wilayah Semarang bagian timur.

Tabel 5.3 Luas Distribusi Jenis Mangrove Berdasarkan Klasifikasi *SAM*

No	Jenis Mangrove	Luas (Ha)
1	<i>Sonneratia sp.</i>	0.86
2	<i>Rhizophora Apiculata</i>	5.05
3	<i>Rhizophora Mucronata</i>	7.20
4	<i>Rhizophora Stylosa</i>	15.56
5	<i>Xylocarpus Granatum</i>	20.02
6	<i>Ceriops Tagal</i>	27.42
7	<i>Avicennia Marina</i>	29.63
8	<i>Bruguiera sp.</i>	29.87

Hasil klasifikasi dengan algoritma *SAM* selanjutnya dilakukan uji akurasi menggunakan *confusion error matrix*. Uji akurasi dilakukan dengan cara membandingkan hasil klasifikasi dengan data acuan berupa data lapangan atau pengukuran *in situ*. Jika spesies hasil klasifikasi sama dengan spesies di lapangan maka dikatakan benar, namun jika spesies hasil klasifikasi berbeda dengan spesies di lapangan maka dikatakan salah atau error. Dari *confusion matrix* yang sudah dilakukan, dihasilkan bahwa *overall accuracy* atau akurasi secara keseluruhan sebesar 52%. Angka tersebut menunjukkan keakuratan yang sedang. Nilai error terbesar dihasilkan oleh spesies *Bruguiera*. Hal ini disebabkan karena spesies tersebut di lapangan memiliki jumlah yang sedikit atau memiliki luas cakupan yang

kecil sehingga ketika dilakukan pengukuran *in situ*, error yang dihasilkan besar disebabkan oleh gangguan dari latar belakang. Gangguan latar belakang dapat berupa pantulan tanah, pantulan air tambak dan pantulan spesies lain di sekitar *Bruguiera*. Selain itu rendahnya akurasi bisa juga disebabkan karena penggunaan citra penginderaan jauh dengan skala menengah dan kondisi atmosfer pada saat pengukuran.

5.6 Model Konservasi Wilayah Pesisir

Areal potensial penanaman atau rehabilitasi dikelaskan menjadi menjadi 2 kelas, yaitu *suitable* (cocok) dan *feasible* (layak), Pengertian *suitable* merujuk pada kondisi biofisik suatu lahan yang dinilai sesuai untuk tempat tumbuh mangrove, sedangkan *feasible* dalam konteks pemetaan mengacu pada lahan terbuka yang substrat dan kondisi hidrologinya sesuai prasyarat untuk kegiatan rehabilitasi. Namun semua lahan yg *suitable* ini belum tentu *feasible* seluruhnya karena walaupun *suitable* namun kadang ada kendala-kendala lain, misalnya lahan milik orang lain, dijadikan tempat berlabuh perahu, atau sebagian lokasi tersebut direncanakan akan dirubah fungsinya dalam jangka waktu dekat. Maka kriteria kelayakan (*Feasibility*) mengacu pada beberapa asumsi, dimana:

1. Lahan memiliki kondisi lingkungan tempat tumbuh yang baik, seperti bebas dari gelombang yang besar
2. Lahan memiliki aspek legal atau izin yang jelas dari pihak terkait untuk ditanami atau direhabilitasi, baik pada lahan pribadi maupun lahan negara.
3. Rencana tata ruang pemanfaatan lahan, dalam hal ini lahan dikatakan layak jika lahan tidak direncanakan untuk pemanfaatan lain, sebagai contoh pembangunan pemukiman.

Berdasarkan hasil analisis dan observasi lapangan, Sebagian besar areal potensial penanaman mangrove di Kota Semarang adalah berupa lahan yang telah direncanakan untuk keperluan tambak ikan. Penentuan skenario rehabilitasi atau penanaman mangrove dapat dilakukan dengan pendekatan kelas kerapatan. Pada mangrove kerapatan jarang disarankan untuk melakukan penanaman dengan tujuan pengkayaan jenis mangrove, pada mangrove kerapatan sedang disarankan untuk tidak melakukan penanaman, hal ini mengingat akan pentingnya permudaan alami pada ekosistem mangrove dan pada mangrove kerapatan lebat disarankan untuk dijadikan zona lindung dan zona ini dapat digunakan sebagai areal sumber benih, khususnya di kecamatan Mangun Harjo yang memiliki keanekaragaman jenis mangrove yang tinggi.

Selain itu bisa juga diterapkan skenario berdasarkan jenis mangrovenya. Jenis mangrove yang dominan di wilayah kajian adalah *Avicennia* lalu selanjutnya adalah *Rhizophora*. Sesuai dengan habitat asli dari kedua jenis maka bisa dilakukan penambahan jumlah kedua jenis tersebut. *Avicennia* dapat dilakukan penambahan jumlah di bagian utara dari daerah kajian, dimana daerah ini memiliki jenis tanah berpasir dan langsung menghadap ke laut dimana memiliki tingkat salinitas air yang tinggi. *Avicennia* mampu beradaptasi dan bertahan hidup dengan baik di lingkungan tersebut dengan cara daun yang tebal untuk mengurangi penguapan dan pada daun *Avicennia* biasanya terdapat butiran garam hasil dari penguapan di daun. Kemampuan bertahan seperti dimaksudkan agar tingkat salinitas dalam tubuh *Avicennia* dapat seimbang. Kemudian di bagian tengah hingga selatan daerah kajian cocok untuk dibudidayakan jenis *Rhizophora* karena pada daerah tersebut memiliki jenis tanah berlumpur, tingkat salinitas yang tidak terlalu tinggi dan kondisi perairan yang cenderung tenang karena jauh dari laut dan tidak terkena ombak laut secara langsung. Hasil observasi lapangan menunjukkan kedua jenis tersebut sudah tumbuh dan sudah dibudidayakan sesuai dengan habitat aslinya. Akan tetapi perlu adanya penambahan dari segi jumlah dan distribusinya.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, maka beberapa hal yang dapat disimpulkan dari kegiatan penelitian ini antara lain:

- a. Ekosistem mangrove di pesisir barat Kota Semarang sebagian besar berada di Kelurahan Mangunharjo (69,47 ha), Kelurahan Tugurejo (62,60 ha), Kelurahan Tambakharjo (25,11 ha) dan Kelurahan Mangkang Kulon (15,52 ha) dengan total luas di keempat kelurahan tersebut sebesar 172,79 ha, dimana sebagian besar mangrove memiliki distribusi spasial memanjang di tanggul-tanggul tambak, dan terdapat yang mengelompok di pesisir Kelurahan Mangunharjo dan Kelurahan Tugurejo.
- b. Terdapat 8 jenis mangrove yang mendominasi daerah kajian yaitu *Avicennia Marina*, *Rhizophora Apiculata*, *Rhizophora Mucronata*, *Rhizophora Stylosa*, *Bruguiera*, *Ceriops Tagal*, *Sonneratia* dan *Xylocarpus granatum*. Hasil pengukuran di lapangan menunjukkan pola pantulan spektral mangrove memiliki dua puncak utama yaitu berada di panjang gelombang hijau dan near-infrared dengan nilai puncak tertinggi terdapat di panjang gelombang NIR. Pantulan spektral tiap jenis mangrove menunjukkan pola yang hampir sama dengan pantulan spektral vegetasi yang sehat. Dimana pola pantulan spektral tersebut terdapat absorpsi pada gelombang biru (400-500 nm) dan merah (600-700 nm) yang digunakan untuk fotosintesis dan terdapat reflektansi yang tinggi pada gelombang hijau (500-600 nm) dan near-infrared (700-900 nm). Hasil klasifikasi dengan algoritma *SAM* menunjukkan bahwa spesies *Avicennia Marina* mendominasi sebagian wilayah utara daerah kajian atau daerah mendekati laut. Sedangkan ketujuh spesies lain tersebar di bagian selatan dan tengah dari daerah kajian. Uji akurasi yang dilakukan pada hasil klasifikasi *SAM* sebesar 52% atau cenderung rendah ke sedang. Rendahnya nilai akurasi disebabkan oleh bias yang besar pada spesies *Bruguiera*.

7.2 Saran

- a. Pemanfaatan wilayah pesisir, khususnya di wilayah Kota Semarang hendaknya tidak hanya berorientasi pada sektor ekonomi, namun juga mempertimbangan keseimbangan lingkungan, sehingga tidak terjadi lagi alih fungsi lahan mangrove menjadi lahan terbangun mengingat ekosistem ini merupakan penyeimbang kesetabilan wilayah pesisir;
- b. Upaya konservasi ekosistem mangrove dapat mempertimbangkan spesies/jenis yang tepat, mengingat setiap mangrove memiliki ketahanan hidup dan berkembang yang berbeda-beda terutama jika langsung berhadapan dengan gelombang laut.

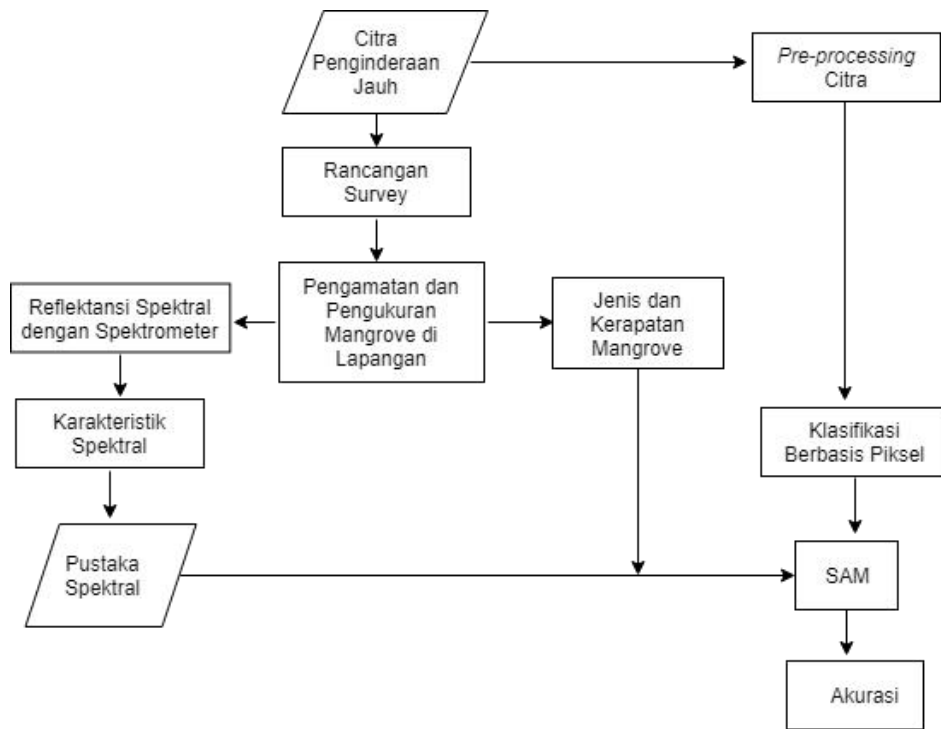
DAFTAR PUSTAKA

- Danoedoro P. 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Yogyakarta (ID): ANDI.
- Noor YR, Khazali M dan Suryadiputra INN. 2006. *Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia*. Bogor (ID): Wetlands International Indonesia Programme.
- Fawzi N I. 2016a. *Mangrove- Karakteristik, Pemetaan dan Pengelolaannya*. Yogyakarta (ID): SiBuku.
- Fawzi N I. 2016b. *Evaluasi Perubahan dan Fragmentasi Hutan Mangrove di Delta Mahakam, Kalimantan Timur untuk Pengelolaan Kawasan Pesisir [tesis]*. Yogyakarta (ID): Universitas Gadjah Mada.
- Carrasquilla-Henao M, Ocampo G, Gonzales A L, Quiros G. 2013. Mangrove Forest and Artisanal Fishery in the Southern Part of the Gulf of California, Mexico. *Ocean and Coastal Management*. 83:75-80.
- Nagelkerken I, Blaber SJM, Bouillon S, Green P, Haywood M, Kirton L G, Meynecke J O, Pawlik J, Penrose H M, Sasekumar A dan Somerfield P J. 2008. Review : The Habitat Function of Mangroves for Terrestrial and Marine Fauna. *Aquatic Botani*. 89:155-185.
- Datta D, Chattopadhyay RN dan Guha P. 2012. Community Based Mangrove Management: A review on Status and Sustainability. *Journal of Environmental Management*. 107:84-95.
- Gilman E, Ellison J, Jungblut V, Lavieren H, Wilson L, Areki F, Brighthouse G, Bungitak J, Dus E, Henry M, Kilman M, Matthew E, Sauni I, Teariki-Ruatu N, Tukia S, dan Yuknavage K. 2006. Adapting to Pacific Island Mangrove Responses to Sea Level Rise and Climate Change. *Climate Research*..32: 161-176.
- Indarto. 2014. *Teori dan Praktek Penginderaan Jauh*. Yogyakarta (ID): Andi Offset.
- Li M, Mao L, Shen W, Liu S dan Wei A. 2013. Change and Fragmentation Trends of Zhanjiang Mangrove Forest in Southern China using Multi-temporal Landsat Imagery (1977-2010). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 130: 111-120.
- Martínez PJ, Pérez RM, Plaza A, Aguilar PL, Cantero MC, Plaza J. 2006. Endmember Extraction Algorithms from Hyperspectral Images.
- Plaza A, Martinez P, Pérez R, Plaza J. 2002. Spatial/Spectral Endmember Extraction by Multidimensional Morphological Operations. *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on*. 40(9): 2025-2041.

Lampiran 1. Instrumen Penelitian

1. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian “Model Algoritma Berbasis Spektrometer untuk Identifikasi Spesies Mangrove dalam Mendukung Konservasi Pesisir Kota Semarang” dapat digambarkan pada diagram berikut :



Gambar 1. Flow Chart Penelitian

Kegiatan penelitian ini terbagi kedalam beberapa tahap, yaitu tahap *pre-processing* citra, pengukuran reflektansi spektral mangrove di lapangan, pemetaan mangrove menggunakan metode *SAM* dan uji akurasi. Adapun alur penelitian dapat dilihat pada diagram alir penelitian yang terjadi pada gambar di bawah.

- Tahap *pre-processing* citra meliputi koreksi radiometrik dan koreksi atmosferik. Koreksi radiometrik yang dilakukan meliputi konversi nilai piksel yang masih berupa *digital number* ke nilai *top-of-atmosphere (TOA)* dengan satuan $W/cm^2 \cdot sr \cdot nm$. Proses koreksi radiometrik mengacu pada prosedur dan koefisien yang diperoleh dari *header* citra. Kemudian untuk mendapatkan nilai reflektansi, maka perlu dilakukan koreksi dengan metode *Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Hypercubes (FLAASH)*. Citra penginderaan jauh digunakan untuk : (1) penentuan lokasi sampel mangrove yang akan diukur nilai reflektansinya, (2) menghubungkan nilai hasil reflektansi di lapangan dengan nilai reflektansi di citra, dan (3) memetakan distribusi mangrove.
- Pengukuran reflektansi spektral mangrove di lapangan menggunakan alat spektrometer. Sebelum menggunakan spektrometer, terlebih dahulu dilakukan kalibrasi dengan mengukur *white reference* dan *dark reference spectra* untuk mendapatkan nilai referensi spektral. *White reference* diukur dengan merekam reflektansi spektral maksimum dari obyek berwarna terang atau putih, sedangkan

dark reference diukur dengan merekam reflektansi minimum dari obyek berwarna gelap atau hitam. Reflektansi mangrove diukur dengan cara mengarahkan sensor dari spektrometer ke bagian daun mangrove dengan sudut 45° dengan jarak kurang lebih 5cm dari permukaan daun, pengukuran dilakukan pada pukul 9.00 – 11.00. Pengukuran spektral dilakukan pada saat cuaca cerah agar meminimalisir gangguan atmosfer.

Selain itu juga dilakukan pencatatan koordinat di area sampel, pengambilan gambar dan perhitungan kerapatan mangrove di area tersebut. Perhitungan besaran reflektansi hasil pengukuran *in situ* dapat menggunakan persamaan berikut :

$$R\lambda = \frac{S\lambda - D\lambda}{Ref\lambda - D\lambda} \times 100\%$$

Keterangan :

$R\lambda$: Reflektansi (%)

$S\lambda$: Intensitas sampel (counts)

$D\lambda$: Intensitas *dark reference* (counts)

$Ref\lambda$: Intensitas *white reference* (counts)

Selanjutnya nilai reflektansi (%) diolah dengan menggunakan metode *moving average* yaitu memfilter data berdasarkan perhitungan rata-rata. Analisis besaran spektral reflektansi dilakukan dengan metode analisis kemiripan dan pengelompokkan nilai reflektansi. Analisis kemiripan nilai reflektansi menggunakan ANOVA yang bertujuan untuk mengetahui perbedaan reflektansi pada jenis mangrove. Jika terdapat perbedaan yang nyata antar variable maka dilanjutkan dengan uji *Tuckey*. Uji lanjut tersebut digunakan untuk menghasilkan panjang gelombang yang memberikan perbedaan signifikan dan dijadikan sebagai penciri berdasarkan karakteristik spektral. Sedangkan analisis pengelompokkan nilai reflektansi yaitu dengan menentukan kemiripan antar jenis berdasarkan respon spektral pada panjang gelombang yang diamati. Ukuran kemiripan yang diamati adalah jarak *euclidean*. Obyek yang memiliki jarak lebih pendek maka lebih mirip satu sama lain dibandingkan dengan obyek yang memiliki jarak lebih panjang.

- c. Pemetaan mangrove menggunakan metode *SAM* akan menghasilkan kelas mangrove hingga ke tingkat jenis. Persamaan yang digunakan pada algoritma *SAM* adalah :

$$\alpha = \cos^{-1} \left[\frac{\sum_{i=1}^{nb} t_i r_i}{(\sum_{i=1}^{nb} t_i^2)^{1/2} (\sum_{i=1}^{nb} r_i^2)^{1/2}} \right]$$

Keterangan :

α : sudut spektral

nb : jumlah saluran pada citra

t : spektral piksel

r : pustaka spektral

- d. Proses klasifikasi citra dengan menggunakan algoritma *SAM* meliputi beberapa tahap yaitu mendeliniasi poligon mangrove berdasarkan data pengukuran lapangan,

membuat pustaka spektral berupa kurva reflektansi masing-masing jenis mangrove dan poligon mangrove pada citra dilakukan klasifikasi menggunakan algoritma SAM yang memanfaatkan pustaka spektral untuk menghasilkan jenis mangrove. Hasil klasifikasi dengan SAM memberikan keterangan bahwa setiap kelas mewakili obyek yang homogen dan dikategorikan sebagai *unclassified* jika tidak tergabung dalam suatu kelas. Parameter klasifikasi SAM adalah menentukan sudut dan pustaka spektral. Sudut spektral yang memiliki akurasi optimal ditentukan berdasar perhitungan sudut pada persamaan di atas. Akurasi keseluruhan dari penggunaan sudut pada klasifikasi SAM diproses menggunakan *microsoft excel* untuk membuat grafik nilai akurasi. Grafik yang dihasilkan dapat menjelaskan berapa sudut yang digunakan untuk menghasilkan akurasi optimal.

- e. Setelah diperoleh kelas jenis mangrove, hasil klasifikasi tersebut dilakukan uji akurasi untuk menentukan tingkat keakuratan metode tersebut. Uji akurasi yang dilakukan menggunakan *confusion matrix*, dilakukan dengan membandingkan citra hasil klasifikasi dengan pengamatan di lapangan. Berikut merupakan tabel perhitungan matematis untuk menghitung akurasi.

	j= kolom (referensi)			Jumlah baris _{n_j+}
i=baris	1	2	K	n _j ⁺
1	n ₁₁	n ₁₂	n _{1k}	n ₁₋
2	n ₂₁	n ₂₂	n _{2k}	n ₂₋
K	n ₃₁	n ₃₂	n _{3k}	n _{k-}
Jumlah kolom _{n+j}	n+1	n+2	n+k	n

$n = \sum_{j=1}^k n_{ij}$ merupakan jumlah sampel hasil klasifikasi terhadap kelas i dalam klasifikasi penginderaan jauh. Kemudian $n_{+j} = \sum_{i=1}^k n_{ij}$ merupakan jumlah sampel yang diklasifikasikan ke kelas j pada data referensi. Akurasi keseluruhan atau *overall accuracy* antara data hasil klasifikasi penginderaan jauh dengan data referensi dapat dihitung dengan persamaan berikut :

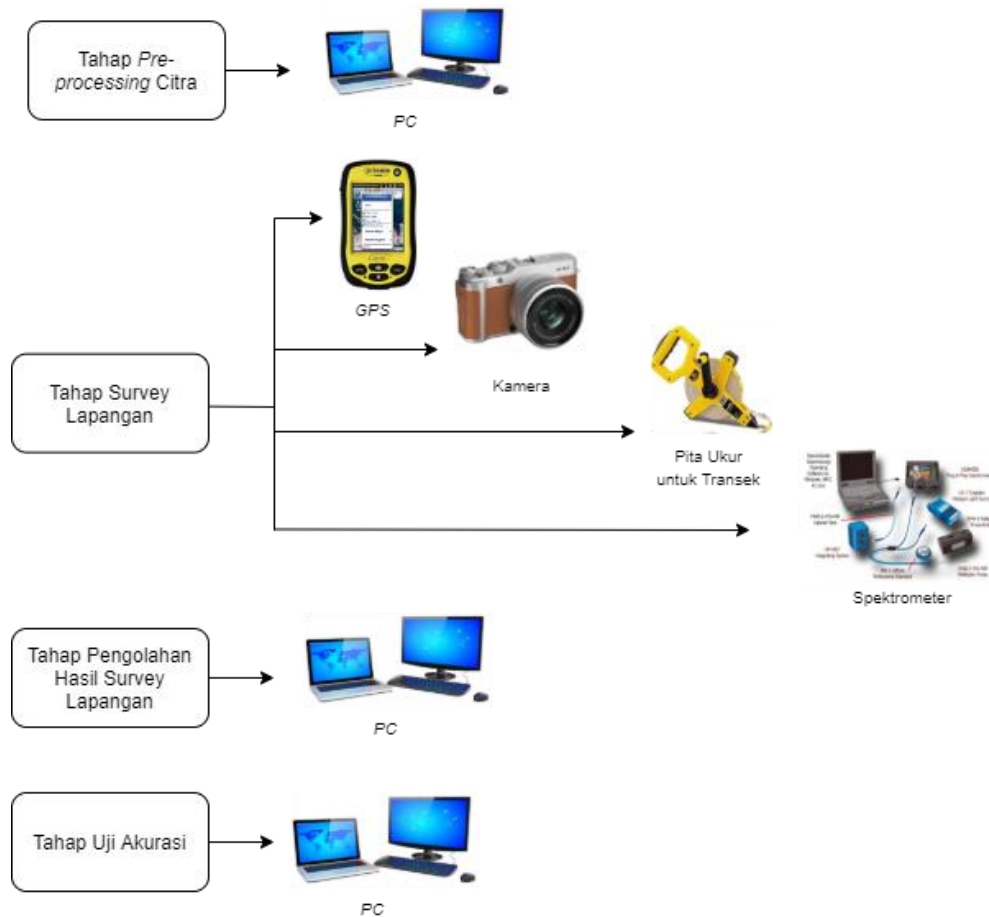
$$\text{overall accuracy} = \frac{\sum_{i=1}^k n_{ii}}{n}$$

$$\text{producer's accuracy (PA)} = \frac{n_{jj}}{n_{+j}}$$

$$\text{user's accuracy (UA)} = \frac{n_{ii}}{n_{i+}}$$

2. Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik observasi yaitu mengumpulkan data dengan cara mengamati secara langsung variabel yang diteliti dan mencatatnya pada alat observasi. Observasi memberikan gambaran mengenai ciri-ciri, habitat variabel yang diteliti. Penggunaan metode observasi yang tepat juga akan memberikan hasil yang akurat. Penerapan metode observasi yang baik juga diiringi dengan penggunaan alat observasi yang tepat. Oleh karena itu perlu dilakukan persiapan yang matang untuk alat-alat observasi yang akan digunakan untuk mendapatkan data dari variabel penelitian. Variabel yang diteliti meliputi nilai pantulan spektral vegetasi mangrove di lapangan dan citra penginderaan jauh dan jenis mangrove. Kemudian alat observasi yang digunakan dijelaskan pada gambar berikut dan sudah dibagi kedalam beberapa tahapan penelitian.



Selain melakukan observasi, penelitian ini juga menggunakan teknik pengumpulan data berupa studi pustaka dan dokumentasi. Studi pustaka digunakan untuk memperoleh informasi tambahan terkait variabel penelitian. Informasi tambahan tersebut dapat berupa data statistik mengenai persebaran jenis mangrove dan luas mangrove di lokasi penelitian. Dokumentasi juga merupakan salah satu teknik pengumpulan data untuk melengkapi variabel penelitian, terutama pada tahap survey lapangan.

Lampiran 2. Personalia Tim Peneliti

No	Nama/ NIDN/ NIP	Prodi/Fakultas	Bidang Ilmu	Alokasi Waktu (jam/minggu)	Uraian Tugas
1	Dr. Tjaturahono Budi Sanjoto, M.Si / 001962101907 / 196210191988031002	Geografi / FIS	Pesisir dan Kelautan	15	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mengarahkan dan menyusun proposal penelitian ▪ Melakukan survey awal lokasi penelitian ▪ Menyusun instrumen penelitian ▪ Mengarahkan dalam survei lapangan pengukuran nilai spectral mangrove dengan spektrometer ▪ Melakukan analisis nilai reflectance mangrove ▪ Menyusun laporan penelitian ▪ Presentasi pada seminar hasil penelitian
2	Wahid Akhsin Budi NS, M.Sc / 0613098702 / 198709132015041001	SPW / FIS	Penginderaan Jauh	10	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Menyusun proposal penelitian ▪ Melakukan survei awal lokasi penelitian ▪ Menyusun instrumen penelitian ▪ Mendesain dan koordinasi kegiatan survei lapangan ▪ Mengolah citra untuk mendapatkan nilai reflectance mangrove ▪ Menggunakan spektrometer untuk mendapatkan nilai reflectance mangrove ▪ Mendampingi mahasiswa dalam survei lapangan ▪ Uji akurasi nilai reflectance pada citra dengan spektrometer ▪ Menyusun artikel penelitian ▪ Menyusun laporan penelitian
2	Vina Nurul Husna, M.Si	Geografi / FIS	Pesisir dan Penginderaan Jauh	10	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Menyusun proposal penelitian ▪ Melakukan survei awal lokasi penelitian

				<ul style="list-style-type: none"> ▪ Menyusun instrumen penelitian ▪ Mendesain dan koordinasi kegiatan survei lapangan ▪ Membimbing dan mengarahkan koreksi radiometrik dan geometrik ▪ Mengolah citra untuk mendapatkan nilai reflectance mangrove ▪ Mendampingi mahasiswa dalam survei lapangan ▪ Uji akurasi nilai reflectance pada citra dengan spectrometer ▪ Menyusun artikel penelitian ▪ Menyusun laporan penelitian
--	--	--	--	--

Lampiran 3. Surat Perjanjian Penelitian



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

**SURAT PERJANJIAN PENUGASAN
PELAKSANAAN PENELITIAN DASAR
DANA DIPA UNNES TAHUN 2020
Nomor: 196.23.4/UN37/PPK.3.1/2020**

Pada hari ini Kamis tanggal Dua puluh tiga bulan April tahun Dua ribu dua puluh, kami yang bertandatangan di bawah ini:

1. **Dr. Suwito Eko Pramono, M.Pd.** : **Pejabat Pembuat Komitmen** Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Negeri Semarang yang berkedudukan di Semarang, berdasarkan Keputusan Rektor Universitas Negeri Semarang Nomor : B/1/UN37/HK/2020 tanggal 2 Januari 2020, dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama KPA Universitas Negeri Semarang, untuk selanjutnya disebut **PIHAK PERTAMA**;
2. **Dr. Tjaturahono Budi Sanjoto, M.Si.** : Dosen pada Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Semarang, dalam hal ini bertindak sebagai Pengusul dan Ketua Pelaksana Penelitian Tahun Anggaran 2020 untuk selanjutnya disebut **PIHAK KEDUA**

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

PASAL 1 Dasar Hukum

Perjanjian penugasan ini berdasarkan kepada:

1. Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 2015 tentang Organisasi dan Tata Kerja Universitas Negeri Semarang.
2. Peraturan Menteri Keuangan Nomor 32/PMK.02/2018 tentang Standar Biaya Masukan Tahun Anggaran 2018 Nomor 511.
3. Keputusan Rektor Universitas Negeri Semarang Nomor : 302/P/2018 tanggal 26 Juni 2018, tentang Pemberhentian dan Pengangkatan Pimpinan Lembaga dan Pimpinan Pascasarjana Antarwaktu Universitas Negeri Semarang.
4. Keputusan Rektor Universitas Negeri Semarang Nomor B/1/UN37/HK/2020 tanggal 2 Januari 2020, tentang Pengangkatan Pejabat Perbendaharaan/Pengelola Keuangan Tahun Anggaran 2020 Universitas Negeri Semarang.
5. Surat Keputusan Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Negeri Semarang Nomor : 1232/UN37.3.1/PG/2020, tanggal 17 April 2020, tentang Pemenang Kompetisi Penelitian pada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat UNNES
6. Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Universitas Negeri Semarang (UNNES) Nomor DIPA : SP DIPA-023.17.2.677507/2020, tanggal 27 Desember 2019.

PASAL 2
Ruang Lingkup Perjanjian

- (1) **PIHAK PERTAMA** memberi tugas kepada **PIHAK KEDUA**, dan **PIHAK KEDUA** menerima tugas tersebut untuk melaksanakan Penelitian Dasar tahun 2020 dengan judul "MODEL ALGORITMA BERBASIS SPEKTROMETER UNTUK IDENTIFIKASI SPESIES MANGROVE DALAM Mendukung KONSERVASI PESISIR Kota Semarang"
- (2) **PIHAK KEDUA** bertanggungjawab penuh atas pelaksanaan, administrasi dan keuangan atas pekerjaan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dan berkewajiban menyerahkan semua bukti-bukti pengeluaran serta dokumen pelaksanaan lainnya dalam hal diperlukan oleh **PIHAK PERTAMA**.

PASAL 3
Dana Penelitian

- (1) Besarnya dana untuk melaksanakan penelitian dengan judul sebagaimana dimaksud pada Pasal 2 adalah sebesar **Rp 27.000.000,- (Dua Puluh Tujuh Juta Rupiah)** sudah termasuk pajak.
- (2) Dana Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dibebankan pada Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran UNNES Nomor SP DIPA-023.17.2.677507/2020, tanggal 27 Desember 2019.

PASAL 4
Tata Cara Pembayaran Dana Penelitian

- (1) **PIHAK PERTAMA** akan membayarkan Dana Penelitian kepada **PIHAK KEDUA** secara bertahap dengan ketentuan sebagai berikut:
 - a. Pembayaran Tahap Pertama sebesar 70% dari total dana penelitian yaitu $70\% \times \text{Rp } 27.000.000,- = \text{Rp } 18.900.000,-$ (**Delapan Belas Juta Sembilan Ratus Ribu Rupiah**), yang akan dibayarkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** setelah mengunggah hasil revisi proposal dan disahkan oleh Pejabat yang berwenang, RAB, dan instrumen penelitian ke SIPP
 - b. Pembayaran Tahap Kedua sebesar 30% dari total dana penelitian yaitu $30\% \times \text{Rp } 27.000.000,- = \text{Rp } 8.100.000,-$ (**Delapan Juta Seratus Ribu Rupiah**), dibayarkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** setelah:
 - (1) Mengunggah catatan harian, laporan kemajuan, atas anggaran yang telah ditetapkan ke SIPP paling lambat tanggal 7 Oktober 2020
 - (2) berkewajiban mengunggah Catatan Harian, Laporan Akhir, dan Laporan Penggunaan Anggaran pada SIPP paling lambat tanggal 13 November 2020
- (2) Dana Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) akan disalurkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** melalui rekening BNI atas nama Dr. Tjaturahono Budi Sanjoto, M.Si. dengan nomor rekening 0249066344

Pasal 5
Jangka Waktu

Jangka waktu pelaksanaan penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 sampai selesai 100%, adalah terhitung sejak **Tanggal 23 April 2020** dan berakhir pada **Tanggal 13 November 2020**.

Pasal 6
Target Luaran

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk mencapai target 1 (satu) luaran wajib dan 1 (satu) luaran tambahan seperti tersebut di bawah:
 - a. Artikel di Jurnal Internasional bereputasi Terindeks pada database Internasional bereputasi (accepted/publised)
 - b. Book Chapter atau monograf

- (2) **Semua anggota peneliti** harus dimasukkan ke luaran wajib penelitian dan pada artikel **disebutkan nomor kontrak pada bagian "ucapan terimakasih"**.
- (3) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk melaporkan perkembangan pencapaian target luaran sebagaimana dimaksud pada ayat (1) kepada **PIHAK PERTAMA**.

Pasal 7

Hak dan Kewajiban Para Pihak

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

Pasal 8

Pelaksanaan Penelitian

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengunggah hasil revisi proposal yang disahkan oleh Pejabat yang berwenang, RAB, dan instrumen penelitian ke SIPP dan menyerahkan *hardcopy* dokumen masing-masing 1 (satu) eksemplar kepada **PIHAK PERTAMA** paling lambat tanggal **15 Mei 2020**
- (2) **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengunggah Buku catatan harian, laporan penggunaan dana, Laporan kemajuan ke SIPP dan menyerahkan *hardcopy* dokumen masing-masing 1 (satu) eksemplar kepada **PIHAK PERTAMA** paling lambat **7 Oktober 2020**
- (3) **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengunggah Catatan Harian, Laporan Akhir, kwitansi pengeluaran, capaian hasil, Poster, artikel ilmiah, profil pada SIPP paling lambat **13 November 2020**
- (4) **PIHAK KEDUA** berkewajiban menyerahkan *Hardcopy* Catatan Harian, Laporan Akhir, kwitansi pengeluaran, capaian hasil, Poster, artikel ilmiah, profil masing-masing satu eksemplar kepada **PIHAK PERTAMA** paling lambat **31 Desember 2020**
- (5) **PIHAK KEDUA** berkewajiban menyerahkan luaran wajib sebagaimana pada Pasal 6 kepada **PIHAK PERTAMA** paling lambat pada Tanggal **31 Agustus Tahun 2021** dengan status **PUBLISHED**
- (6) Laporan hasil Penelitian sebagaimana tersebut pada ayat (4) harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:
 - a. Format font Times New Romans Ukuran 12 spasi 1,5
 - b. Bentuk/ukuran kertas A4;
 - c. Warna *cover* (d disesuaikan dengan ketentuan di panduan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat tahun 2020)
 - d. Di bawah bagian sampul *cover* ditulis:

Dibiayai oleh:

Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Universitas Negeri Semarang
Nomor : SP DIPA-023.17.2.677507/2020, tanggal 27 Desember 2019, sesuai dengan
Surat Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Penelitian Dana DIPA UNNES Tahun 2020
Nomor: 196 .23.4/UN37/PPK.3.1/2020, tanggal 23 April 2020.

Pasal 9
Monitoring dan Evaluasi

- (1) **PIHAK PERTAMA** dalam rangka pengawasan akan melakukan Monitoring dan Evaluasi internal kepada **PIHAK KEDUA** terhadap kemajuan pelaksanaan Penelitian Tahun Anggaran 2020.
- (2) **PIHAK KEDUA** selaku Ketua Pelaksana **wajib hadir** dalam kegiatan Monitoring dan Evaluasi internal, berhalangan wajib memberikan kuasa kepada anggota tim peneliti dalam judul yang sama.

Pasal 10
Penilaian Luaran

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

Pasal 11
Penggantian Ketua Pelaksana

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

Pasal 12
Sanksi

- (1) Apabila sampai dengan batas waktu yang telah ditetapkan untuk melaksanakan Kontrak Penelitian telah berakhir, **PIHAK KEDUA belum menyelesaikan** tugasnya dan atau **terlambat** mengirim dan mengunggah laporan Kemajuan, catatan harian, Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB) dan Laporan akhir, maka **PIHAK KEDUA** dikenakan **sanksi denda sebesar 1‰ (satu permil)** untuk setiap hari keterlambatan sampai dengan **setinggi-tingginya 5% (lima persen)** terhitung dari tanggal jatuh tempo (13 November s.d. 31 Desember 2020)
- (2) Apabila sampai dengan batas waktu tanggal **31 Desember 2020**, **PIHAK KEDUA tidak melaksanakan kewajiban** sebagaimana dimaksud dalam Pasal 8, maka **PIHAK KEDUA** dikenai **sanksi denda** berupa **mengembalikan dana 30% dari dana penelitiannya** ke Kas BLU dan **sanksi administratif tidak dapat mengajukan proposal penelitian dalam kurun waktu 2 (dua) tahun berturut-turut**.
- (3) Apabila **PIHAK KEDUA** tidak dapat memenuhi luaran yang telah dijanjikan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 6 ayat (1) maka:
 - a. **PIHAK KEDUA** dikenakan **sanksi denda** berupa **mengembalikan dana biaya publikasi sebesar Rp 2.000.000,- (Dua Juta Rupiah)** ke kas BLU
 - b. **PIHAK KEDUA** tidak dapat mengajukan proposal penelitian pendanaan LPPM UNNES dalam kurun waktu **2 (dua) tahun berturut-turut baik sebagai Ketua maupun Anggota**

- (4) Apabila **PIHAK KEDUA** tidak hadir dalam kegiatan Monitoring dan Evaluasi tanpa pemberitahuan sebelumnya kepada **PIHAK PERTAMA**, maka **PIHAK KEDUA tidak berhak menerima dana Tahap Kedua** sebesar 30%.

Pasal 13 Pembatalan Perjanjian

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

Pasal 14 Pajak-pajak

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban memungut dan menyetor pajak ke kantor pelayanan pajak setempat sesuai dengan ketentuan yang berlaku
- (2) **PIHAK KEDUA** berkewajiban menyerahkan bukti pembayaran pajak kepada **PIHAK PERTAMA**

Pasal 15 Peralatan dan/alat Hasil Penelitian

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

Pasal 16 Keadaan Memaksa (*force majeure*)

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



SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

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

Dengan ini menyatakan bahwa Penelitian saya berjudul:

"MODEL ALGORITMA BERBASIS SPEKTROMETER UNTUK IDENTIFIKASI SPESIES MANGROVE DALAM MENDUKUNG KONSERVASI PESISIR KOTA SEMARANG"

yang dibiayai oleh DIPA (Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran) Universitas Negeri Semarang Nomor: SP DIPA-023.17.2.677507/2020, tanggal 27 Desember 2019, dengan Surat Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Penelitian Dana DIPA UNNES Tahun 2020 Nomor: 196.23.4/UN37/PPK.3.1/2020, tanggal 23 April 2020, adalah **bersifat original dan belum pernah dibiayai oleh lembaga/sumber dana lain.**

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

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

Semarang, 23 April 2020

Mengetahui,
Ketua LPPM UNNES

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

Yang menyatakan,
Ketua Pelaksana

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

Pasal 17
Penyelesaian Sengketa


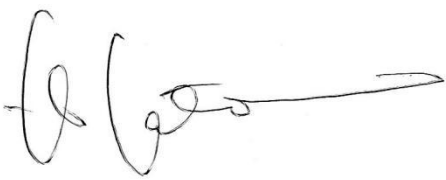
Apabila terjadi perselisihan antara **PIHAK PERTAMA** dan **PIHAK KEDUA** dalam pelaksanaan perjanjian ini akan dilakukan penyelesaian secara musyawarah dan mufakat, dan apabila tidak tercapai penyelesaian secara musyawarah dan mufakat maka penyelesaian dilakukan melalui proses hukum yang berlaku dengan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

Pasal 18
Lain-Lain

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

Pasal 19
Penutup

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

PIHAK PERTAMA	PIHAK KEDUA
 KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG UNNES LPPM	
Dr. Suwito Eko Pramono, M.Pd. NIP. 195809201985031003	Dr. Tjaturahono Budi Sanjoto, M.Si. NIP. 196210191988031002

Lampiran 4. Artikel Ilmiah (Submit di Science Malenesian Journal)

MANGROVE BIODIVERSITY MAPPING USING SPECTRAL ANGLE MAPPER ALGORITHM IN SEMARANG COASTAL AREA

Sanjoto BT, Husna VN, Sidiq WABN
Geography Department, Semarang State University, Semarang Indonesia

ABSTRACT

Remote sensing has been proven to map mangrove biodiversity and its distribution using spectral reflectance. This study aims to mangrove ecosystem in Semarang coastal area using the Spectral Angle Mapper (SAM) method for biodiversity identification at the species level. The remote sensing data is SPOT 7, acquired on 24 December 2019. In situ spectral reflection measurements were performed using a USB4000 spectrometer. The result from in situ measurement is referred to as the spectral library used for mangrove classification. Eight mangrove species were identified from the SAM method in this study, dominated by species *Avicennia marina*. The accuracy of the classification results shows a moderate-low number, which is 52%. The low value is because some species classes have small patches that are biased with other land-use.

Keywords: mangrove, spectral angle mapper, mangrove biodiversity mapping

INTRODUCTION

Indonesia is an archipelago country with the longest coastline after Canada. The coastal has a diverse ecosystem, from the marine ecosystem to the mangrove ecosystem. It is estimated 18-23 percent of the world's mangrove ecosystem is in Indonesia, and 80 percent of the world's mangrove species (Fawzi, 2016; Noor et al., 2016). However, Indonesia's mangrove ecosystem faced consequential loss due to aquaculture development, urbanization, and agriculture. Indonesia's annual mangrove loss is only six percent of total forest loss, but the impact is up to 31% of carbon emission in the land-use sector (Murdiyarsa et al., 2015).

The conservation of the mangrove ecosystem's high carbon stock is vital to tackle climate change in the land-use sector (Alongi, 2020). Supporting conservation needs reliable mangrove condition data, including its species and distribution. The main problem is the data that had been provided by the government is not up to date and hard to identify the mangrove change. In recent years, to fill that gap, remote sensing data has successfully provided mangrove ecosystem information (Pham et al., 2019). The mangrove data usually describe the only information mangrove and not mangrove, without information of species. Indeed, the mangrove species information is important in mangrove management (Atkinson et al., 2016; Chow, 2018). Land use change that are not in accordance with their designation have made the mangrove area degraded increasingly. The reduced area of mangrove land has certainly led to the loss of mangrove species in the area.

The accurate mangrove species mapping relies on the spectral characteristic of mangrove species in remote sensing images (Kamal et al., 2018, 2017). Every mangrove species has its signature of spectral reflection on a different wavelength. Hence, using the spectral library for mangrove species data in mangrove ecosystem mapping is efficient and cost-saving. In Indonesia, those method has not been widely used because requiring in situ measurement. Therefore, Spectral Angle Mapping (SAM) algorithm becomes a reliable method for mangrove ecosystem mapping in a term using spectral library data. In application, the SAM algorithm already successfully and the best approach for mangrove species mapping (Salghuna and Pillutla, 2017; Su et al., 2019). This research aims to map

the mangrove ecosystem in Semarang coastal area using the SAM method for biodiversity identification.

METHOD

Study Area

The research was conducted in Semarang coastal region (6°59'35" S 110°25'14" E). Semarang city has an area of 373.8 km² with 1.5 million inhabitants. The rainfall 2,800 mm per year. This research was conducted in two-site, Mangkang Kulon and Mangunharjo Village and Tugurejo and Tambakharjo Village. The research was conducted in these four villages because these villages have different mangrove characteristics. Mangkang kulon and mangunharjo have mangrove conditions that are still well preserved, while the other two villages are starting to be degraded by other developed land and fish ponds. The difference in these characteristics can be used as a comparison material in the classification process later.

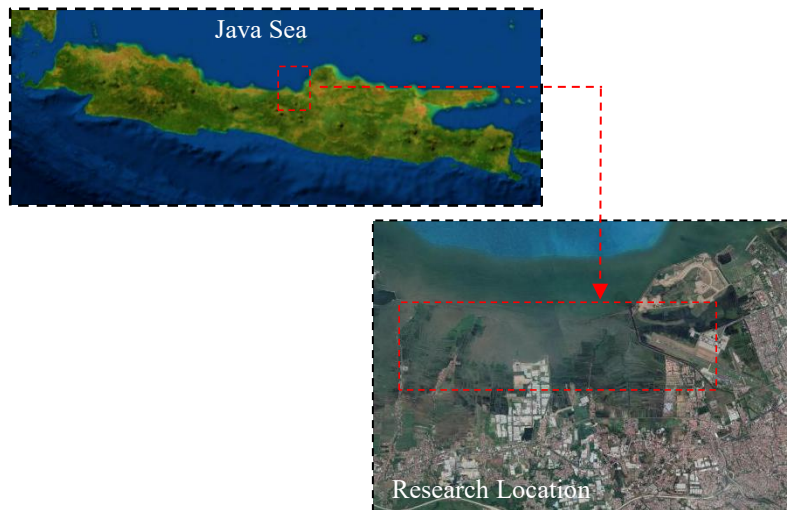


Figure 1. The study location in the coastal area of Semarang City, Central Java.

Data and Analysis

The remote sensing data in this research is the SPOT 7 image acquired on 24 December 2019. SPOT 7 has four multispectral bands and one panchromatic with 6 meter and 1.5-meter spatial resolution, respectively. The image was corrected geometrically and converted to top-of-atmosphere value (W/cm².sr.nm). The radiometric correction using *Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Hypercubes (FLAASH)* method.

Fieldwork was conducted on 14-15 August 2020 at 09:00 – 11:00 in the morning to collect eight mangrove species' spectral data. The eight mangrove species is *Avicennia marina*, *Rhizophora apiculata*, *R. mucronata*, *R. stylosa*, *Bruguiera Gymnorhiza*, *Ceriops Tagal*, *Sonneratia alba* and *Xylocarpus granatum*. The measurement used a USB4000 spectrometer with sensor waveleght at 200 to 1100 nm. The wavelength of spectrometer calibrated with the wavelength on SPOT 7 image, with the range within 400 – 900 nm. Before using the spectrometer, it was calibrated with white reference and dark reference spectra to obtain reference spectrally. Spectral data from the spectrometer calculated following this equation to obtain the spectral characteristic of each mangrove species.

$$R\lambda = \frac{S\lambda - D\lambda}{Ref\lambda - D\lambda} \times 100\% \quad (1)$$

Where $R\lambda$ is spectral reflectance (%), $S\lambda$ is sample intensity, $D\lambda$ is the dark reference, and $Ref\lambda$ is the white reference.

The thirty samples were measured during two days of fieldwork. The data converted into a spreadsheet for spectral library database input in mangrove classification using the SAM method. The SAM method is a supervised classification because it uses the spectral library from in situ measurement for the training area. The equation that used using the following equation:

$$\alpha = \cos^{-1} \left[\frac{\sum_{i=1}^{nb} t_i r_i}{(\sum_{i=1}^{nb} t_i^2)^{1/2} (\sum_{i=1}^{nb} r_i^2)^{1/2}} \right] \quad (2)$$

Where α is a spectral angle, nb is the satellite image band (four in SPOT 7), t is the spectral pixel, and r is the spectral library. The fieldwork data also for accuracy measurement using the confusion matrix method.

RESULT

Mangrove spectral reflectance

The result shows that spectral reflectance from field measurement has two peaks at the green and near-infrared wavelength. The vegetation has a sharp change in leaf reflectance from red to near-infrared or known as a red-edge (Horler et al., 1983). In mangrove species, the red edge between 680 and 720 nm. The red-edge information can improve species classification (Schuster et al., 2012). In Figure 2, the spectral reflection of each mangrove species shows the pattern of healthy vegetation. Healthy vegetation has absorbed the wavelength in blue (400-500 nm) and red (600-700 nm), and increase in green because of chlorophyll and red edge in near-infrared (Kamal et al., 2018).

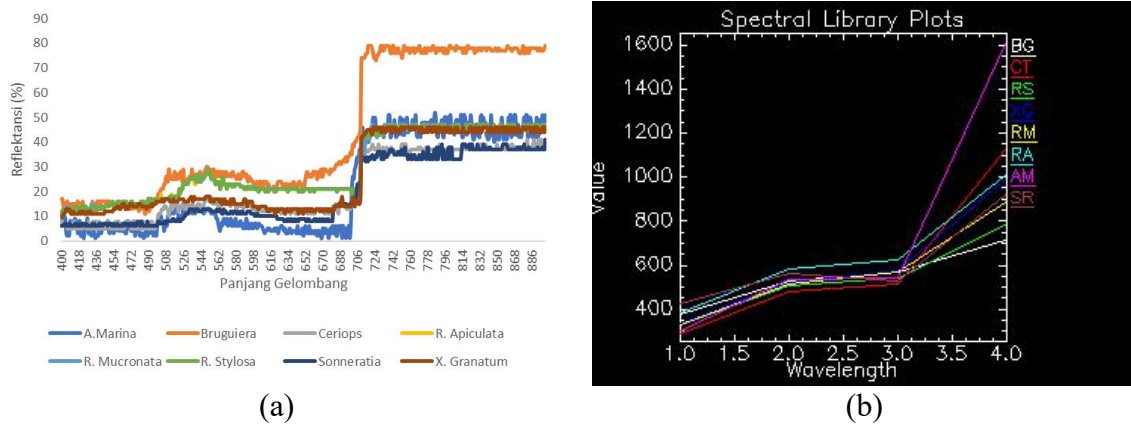


Figure 2. (a) the spectral reflectance of mangrove species from in situ measurement, and (b) spectral plot for classification in SPOT 7 image from in situ measurement.

The *Bruguiera gymnorhiza* species has the highest spectral reflectance among other mangrove species. At the same time, *A. marina* has the lowest reflectance value in the visible wavelength and *Sonneratia alba* in near-infrared wavelength. Even mangrove species have the same pattern of reflectance, but every species has a different signature wavelength. So, despite having the same pattern, each species will have a different spectral reflectance (Indarto, 2014). The difference is caused by age, health condition, and tree physiology, such as canopy and leaf geometry (Blasco et al., 1998).

Mangrove Mapping

The spectral library from in situ measurement became a reference for mangrove species mapping in SPOT 7. The result (fig. 3) shows *A. marina* dominated in the northern place where direct adjacent with the sea with an area up to 30 hectares (Table 1). *Avicennia* has adaptation in high salinity with several adaptations, such as exclude the excess salt from metabolic mechanisms (Hogarth, 2017). The distribution followed by *Rhizophora* with a total from three species is 29 hectares. Then getting to the mainland characterize by lower salinity. The *Xylocarpus granatum* and *Ceriop tagal* dominated mangrove distribution on the mainland due to its adaptation to lower salinity. The SAM method also can detect the presence of *Sonneratia* with only one hectare.

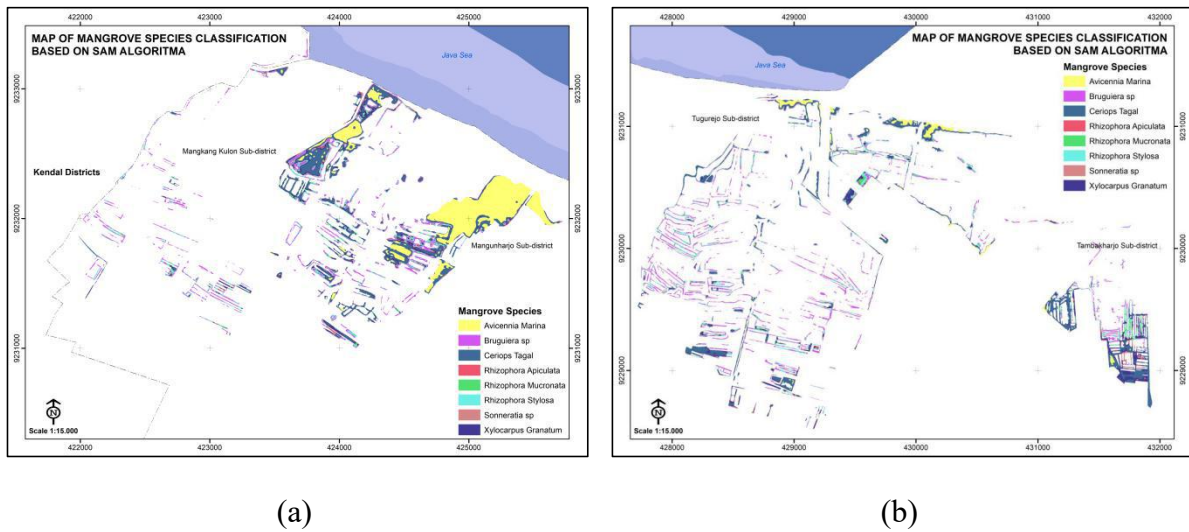


Figure 3. the mangrove species map using SAM algorithm in Mangkang Kulon and Mangunharjo Village (a) and in Tugurejo and Tambakharjo Village (b).

Tabel 1. The total area according to mangrove species from SAM classification

No	Mangrove species	Area (Ha)
1	<i>Sonneratia alba</i>	0.86
2	<i>Rhizophora apiculata</i>	5.05
3	<i>R. mucronata</i>	7.20
4	<i>R. stylosa</i>	15.56
5	<i>Xylocarpus granatum</i>	20.02
6	<i>Ceriops tagal</i>	27.42
7	<i>Avicennia marina</i>	29.63
8	<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	29.87

The confusion matrix method to assess accuracy found overall accuracy is only 52%. This means that only half of the classified mangrove area has the correct species or according to the conditions in the field. The reason for lower accuracy is from the scatter of *Bruguiera* distribution. Scatter distribution lead to increased background noise from land-use around *Bruguiera* such as ponds and road.

CONCLUSION

Mangrove biodiversity mapping using the SAM method has been proven to show better results in Semarang coastal. Eight species dominated the study area. Fieldwork measurement using spectrometer found mangrove species also have a red-edge effect in near-infrared wavelength. Despite the opportunity to map mangrove distribution, our research only has 52% accuracy. In the future, need improvement image processing to increase map accuracy.

Acknowledgment

The author would like to thank Dr. Suwito Eko Pramono, M.Pd as the Head of the Semarang State University of Research and Community Service Institute, who has provided funds to achieve this research. We would like to Mr. Sururi for giving permission and providing instructions during field measurements. Also, for National Aeronautics and Space Agency for give opportunity and provide SPOT 7 data.

REFERENCES

- Alongi, D.M., 2020. Global Significance of Mangrove Blue Carbon in Climate Change Mitigation. *Sci*, 2, pp. 67.
- Atkinson, S.C., Jupiter, S.D., Adams, V.M., Ingram, J.C., Narayan, S., Klein, C.J., Possingham, H.P., 2016. Prioritising Mangrove Ecosystem Services Results in Spatially Variable Management Priorities. *PLOS ONE*, 11, pp. e0151992.
- Blasco, F., Gauquelin, T., Rasolofoharinoro, M., Denis, J., Aizpuru, M., Caldairou, V., 1998. Recent advances in mangrove studies using remote sensing data. *Marine and Freshwater Research*, 49, pp. 287–296.
- Chow, J., 2018. Mangrove management for climate change adaptation and sustainable development in coastal zones. *Journal of Sustainable Forestry*, 37, pp. 139–156.
- Fawzi, N.I., 2016. Mangrove: Karakteristik, Pemetaan, dan Pengelolaannya. Penerbit Sibuku, Yogyakarta.
- Hogarth, P.J.B.T.-R.M. in L.S., 2017. Mangrove Ecosystems. In: Reference Module in Life Sciences. Elsevier.
- Horler, D.N.H., Dockray, M., Barber, J., 1983. The red edge of plant leaf reflectance. *International Journal of Remote Sensing*, 4, pp. 273–288.
- Indarto, 2014. Teori dan Praktek Penginderaan Jauh. Andi Publisher, Yogyakarta.
- Kamal, M., Ningam, M.U.L., Alqorina, F., 2017. The Effect of Field Spectral Reflectance Measurement Distance to the Spectral Reflectance of *Rhizophora stylosa*. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Institute of Physics Publishing, p. 12059.
- Kamal, M., Ningam, M.U.L., Alqorina, F., Wicaksono, P., Murti, S.H., 2018. Combining field and image spectral reflectance for mangrove species identification and mapping using WorldView-2 image. In: Michel, U., Schulz, K. (Eds.), Earth Resources and Environmental Remote Sensing/GIS Applications IX. SPIE, p. 60.
- Murdiyarso, D., Purbopuspito, J., Kauffman, J.B., Warren, M.W., Sasmito, S.D., Donato, D.C., Manuri, S., Krisnawati, H., Taberima, S., Kurnianto, S., 2015. The potential of Indonesian mangrove forests for global climate change mitigation. *Nature Climate Change*, 5, pp. 1089–1092.
- Noor, Y.R., Khazali, M., Suryadiputra, I.N.N., 2016. Panduan pengenalan mangrove di Indonesia. Wetlands International Indonesia Programme, Bogor, Indonesia.
- Pham, T., Yokoya, N., Bui, D., Yoshino, K., Friess, D., 2019. Remote Sensing Approaches for Monitoring Mangrove Species, Structure, and Biomass: Opportunities and Challenges. *Remote Sensing*, 11, pp. 230.
- Salghuna, N.N., Pillutla, R.C.P., 2017. Mapping Mangrove Species Using Hyperspectral Data: A Case Study of Pichavaram Mangrove Ecosystem, Tamil Nadu. *Earth Systems and Environment*, 1, pp. 1–12.
- Schuster, C., Förster, M., Kleinschmit, B., 2012. Testing the red edge channel for improving land-use classifications based on high-resolution multispectral satellite data. *International Journal of Remote Sensing*, 33, pp. 5583–5599.
- Su, X., Wang, X., Zhao, J., Cao, K., Fan, J., Yang, Z., 2019. Improved Spectral Angle Mapper applications for mangrove classification using SPOT5 imagery. *Ocean Science Discussions*, pp. 1–25.

Lampiran 5. Dokumentasi



Gambar 1. Survei Pendahuluan Identifikasi Spesies Mangrove



Gambar 2. Alat Spektrometer



Gambar 3. Pengukuran Nilai Spektral Mangrove Menggunakan Spektrometer