



**ESTIMASI BIOMASSA TANAMAN EDAMAME [*Glycine max* (L.) Merrill.]
MENGUNAKAN *GROUND-BASED REMOTE SENSING***

SKRIPSI

Oleh

**Eko Sishadi
NIM 151710201038**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2019**



**ESTIMASI BIOMASSA TANAMAN EDAMAME [*Glycine max* (L.) Merrill.]
MENGUNAKAN *GROUND-BASED REMOTE SENSING***

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Jurusan Teknik Pertanian (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

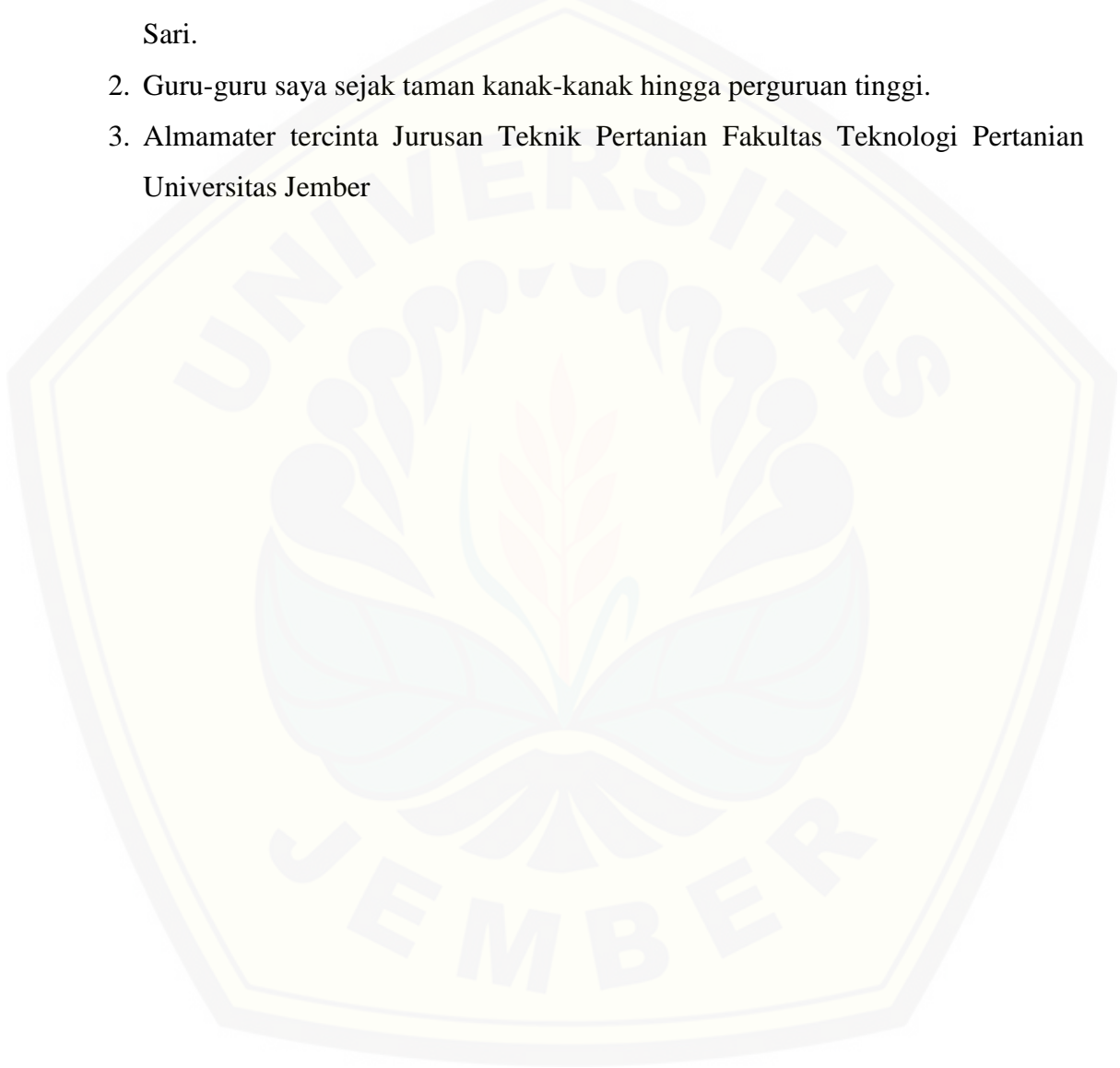
Eko Sishadi
NIM 151710201038

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2019**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan sebagai rasa terimakasih saya yang tidak terkira kepada:

1. Kedua orang tua saya, Umi Esmirah dan Abah Suparni serta adik saya Ratna Sari.
2. Guru-guru saya sejak taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi.
3. Almamater tercinta Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember



MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.”

(terjemahan Surat *Al-Baqarah* ayat 286) *)

“Banyak hal yang bisa menjatuhkanmu. Tapi satu-satunya hal yang benar-benar dapat menjatuhkanmu adalah sikapmu sendiri.”

(R. A. Kartini) **)

“Jangan takut jatuh, karena yang tidak pernah memanjatlah yang tidak pernah jatuh.

Jangan takut gagal, karena yang tidak pernah gagal hanyalah orang-orang yang tidak pernah melangkah.

Jangan takut salah, karena dengan kesalahan pertama kita dapat menambah pengetahuan untuk mencari jalan yang benar pada langkah yang kedua.”

(Buya Hamka) ***)

*)Departemen Agama Republik Indonesia. 2015. *Al Qur'an dan Terjemahannya*. Bandung: CV. Darus Sunnah.

**)R. A. Kartini. Pahlawan Emansipasi Wanita Indonesia.

***)Buya Hamka.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Eko Sishadi

NIM : 151710201038

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul “Estimasi Biomassa Tanaman Edamame [*Glycine Max* (L.) Merrill.] Menggunakan *Ground-Based Remote Sensing*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 25 Juli 2019
Yang menyatakan,

Eko Sishadi
NIM 151710201038

SKRIPSI

**ESTIMASI BIOMASSA TANAMAN EDAMAME [*Glycine max* (L.) Merrill.]
MENGUNAKAN *GROUND BASED REMOTE SENSING***

Oleh

Eko Sishadi
NIM 151710201038

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Bayu Taruna Widjaja Putra, S.TP., M.Eng., Ph.D.
Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Dedy Wirawan Soediby, S.TP., M.Si.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Estimasi Biomassa Tanaman Edamame [*Glycine Max* (L.) Merrill.] Menggunakan *Ground-Based Remote Sensing*” telah diuji dan disahkan pada:

Hari : Senin
Tanggal : 25 Juli 2019
Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama, Dosen Pembimbing Anggota,

Bayu Taruna Widjaja Putra, S.TP.,

M.Eng., Ph.D.

NIP. 198410082008121002

Dr. Dedy Wirawan Soediby, S.TP.,

M.Si.

NIP. 197407071999031001

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota,

Dr. Elida Novita, S.TP., M.T.

NIP. 197311301999032001

Rufiani Nadzirah S.TP., M.Sc

NIP. 760018059

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Jember

Dr. Siswoyo Soekarno, S.TP, M.Eng.

NIP. 196809231994031009

RINGKASAN

Estimasi Biomassa Tanaman Edamame [*Glycine max* (L.) Merrill.] Menggunakan *Ground-Based Remote Sensing*; Eko Sishadi, 151710201038; 2019; 37 halaman; Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Edamame [*Glycine max* (L.) Merrill] merupakan salah satu jenis kacang kedelai yang termasuk ke dalam polong – polongan. Tanaman edamame memiliki biomassa tanaman. Biomassa dapat diartikan sebagai biomassa berat basah dan biomassa berat kering. Biomassa berat basah adalah seluruh tanaman yang meliputi akar, batang, daun dan berat polong yang ditimbang sesaat setelah panen. Tanaman edamame dalam pertumbuhannya memerlukan unsur hara dan ketersediaan air.

Biomassa tanaman pada umumnya dapat diukur secara manual yaitu dengan cara menimbang setelah proses pemanenan. Hal tersebut membutuhkan waktu yang cukup lama dan banyak kehilangan. Metode pemanenan ada 2 tipe yaitu metode sampling dengan pemanenan langsung (*destructive sampling*) dan metode sampling tanpa pemanenan (*non-destructive sampling*). Oleh karena itu, perlu mempermudah perhitungan biomassa. Salah satunya dengan menggunakan perkiraan melalui penginderaan jauh dan pembuatan model biomassa. Penginderaan jauh menggunakan alat kamera digital RGB dan *agriino handheld tool* yang digunakan untuk menentukan indeks vegetasi biomassa.

Pembuatan persamaan model yang didapatkan digunakan untuk perhitungan BRMs (*Biomassa Regression Models*). BRMs adalah biomassa regresi model atau penentuan biomassa dengan model regresi. Perhitungan biomassa ini diharapkan dapat mengestimasi biomassa tanaman edamame. Data hasil perkiraan dan model biomassa dianalisis menggunakan persamaan korelasi dan analisis RMSE.

Indeks vegetasi terbaik yang dapat menentukan biomassa tanaman adalah GMR pada alat *agriino handheld tool*. Model persamaan yang digunakan adalah y

= $11,49x - 87,00$ dengan $R^2 = 0,794$. Estimasi biomassa rata-rata keseluruhan plot yaitu 142,4 gram/plot. Jadi perkiraan biomassa tanaman edamame dapat menggunakan lebar kanopi. Tingkat validasi estimasi biomassa dengan biomassa terukur adalah nilai koefisien determinasi (R^2) yaitu 0,794; *index agreement* (d) yaitu 0,999 dan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) yang lebih rendah yaitu 0,078.



SUMMARY

Biomass Estimation of Edamame Plants [*Glycine max* (L.) Merrill.] Using Ground-Based Remote Sensing; Eko Sishadi; 151710201038; 2019; 37 pages; Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agricultural Technology, University of Jember.

Edamame [*Glycine max* (L.) Merrill] is a type of soy bean that belongs to the pods – legumes. Edamame plants have plant biomass. Biomass can be interpreted as a wet heavy biomass and dry weight biomass. Wet heavy biomass is the whole plant which includes the roots, stems, leaves and weight of pods weighed shortly after harvest. The edamame plants in the growth require nutrients and water availability.

Plant biomass in general can be measured manually by means of weighing after harvesting process. It takes quite a long time and many lose. Harvesting method There are 2 types namely sampling method with direct harvesting (*destructive sampling*) and sampling method without harvesting (*non-destruktive sampling*). Therefore, it is necessary to simplify the calculation of biomass. One of them is to use estimates through remote sensing and the mention of biomass model. Remote sensing uses the RGB digital camera device and the *agriino handheld tool* used to determine the index of biomass vegetation.

The creation of the model equation is used for the calculation of BRMs (*Biomass Regression Models*). BRMs are biomass model regression or biomass determination with regression models. Calculation of biomass is expected to estimate the biomass of edamame plant. Estimated results Data and biomass models are analyzed using correlation equations and RMSE analysis.

The best vegetation index that can determine the biomass plant is the GMR of the *agriino handheld tool*. The equation Model used is $y = 11,49x - 87.00$ with $R^2 = 0.794$. Estimated average biomass overall plot is 142.4 grams/plot. So the approximate biomass of the edamame plant can use the canopy width. The rate of validation of biomass with measured biomass is the value of

coefficient of determination (R^2) of 0.794; Index Agreement (d) is 0.999 and the lower value of *Root Mean Square Error* (RMSE) is 0.078.



PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Estimasi Biomassa Tanaman Edamame [*Glycine max* (L.) Merrill.] Menggunakan *Ground-Based Remote Sensing*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

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

1. Kedua orang tua saya, Umi Esmirah dan Abah Suparni serta adik saya Ratna Sari.
2. Bayu Taruna Widjaja Putra, S.TP., M.Eng., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah meluangkan tenaga, waktu, pikiran dan perhatian dalam membimbing penulisan skripsi ini;
3. Almarhum Askin, S.TP., M.MT., selaku Dosen Pembimbing Anggota saya yang awal, yang telah meluangkan tenaga, waktu, pikiran dan perhatian dalam membimbing penulisan skripsi ini;
4. Dr. Dedy Wirawan Soediby, S.TP., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota saya yang baru yang telah mengevaluasi penulisan skripsi ini dan Komisi Bimbingan Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
5. Dr. Ir. Soni Sisbudi Harsono, M.Eng., M.Phil., selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing saya mulai dari semester satu hingga akhir semester ini;
6. Dr. Elida Novita, S.TP., M.T., selaku Ketua Penguji yang telah memberikan kritik dan saran dalam penulisan skripsi ini;
7. Rufiani Nadzirah S.TP., M.Sc., selaku Anggota Penguji yang telah memberikan kritik dan saran dalam penulisan skripsi ini;

8. Seluruh dosen pengampu mata kuliah, terimakasih atas ilmu dan pengalaman yang diberikan serta bimbingan selama studi di Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
9. Seluruh staf dan karyawan di lingkungan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember, terimakasih atas bantuan dalam mengurus administrasi dan lainnya;
10. Teman-temanku TEP-B 2015 dan teman seangkatan 2015 yang penuh dengan semangat dan kasih sayang, terimakasih bantuan, nasihat, dan motivasinya;
11. Sahabatku Andre Prasetyo C. N. terima kasih telah membantu dan memotivasi mulai dari awal penelitian hingga menyelesaikan skripsi ini.
12. Teman-temanku D’Kost Genk di Jalan Kalimantan 08 yang penuh dengan semangat dan kasih sayang, terimakasih bantuan, nasihat, dan motivasinya untuk segera menyelesaikan skripsi ini;
13. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah membantu baik tenaga maupun pikiran dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi ini.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua.

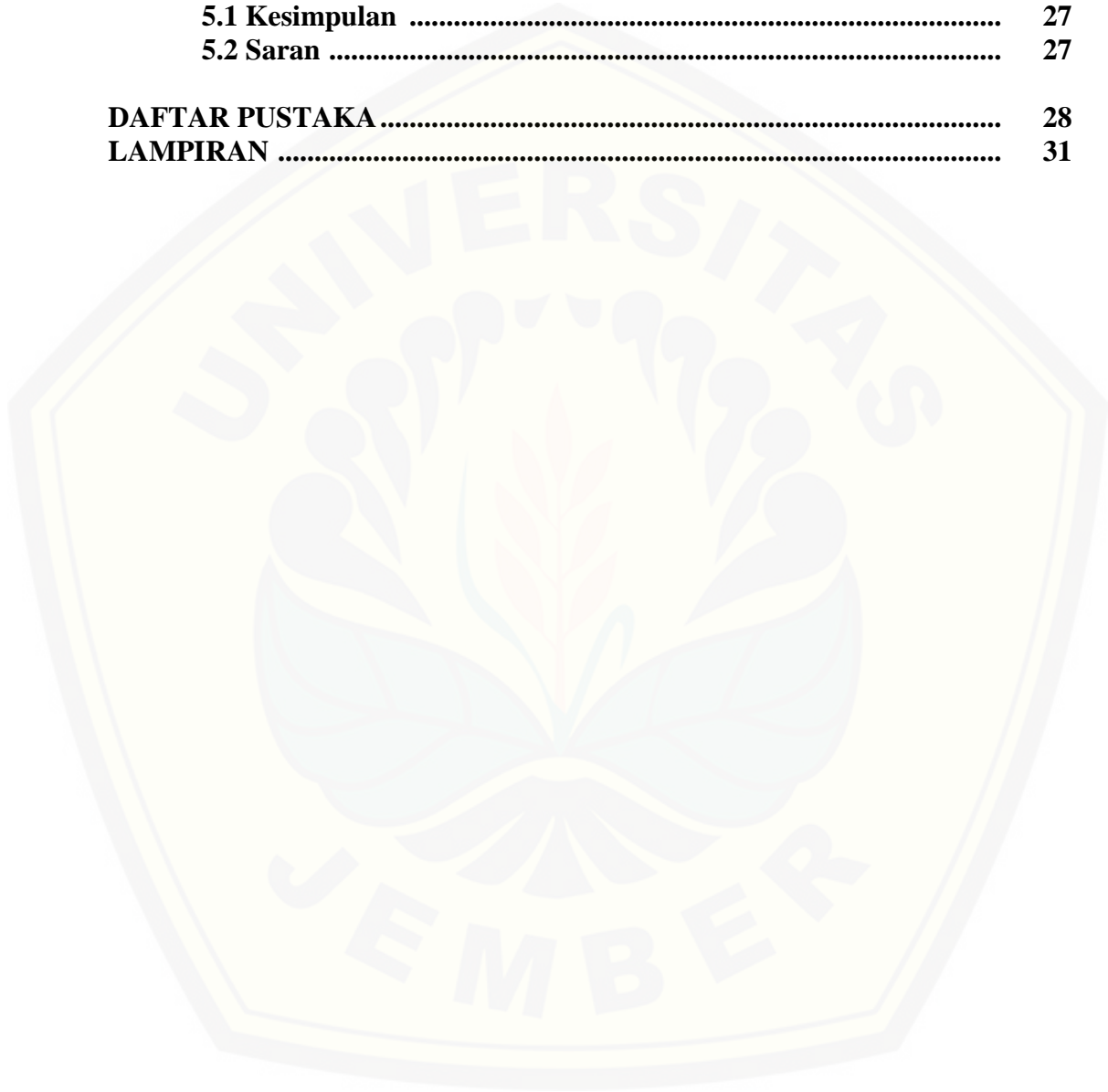
Jember, 25 Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN/ <i>SUMMARY</i>	viii
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Edamame	4
2.2 Nitrogen	5
2.3 Biomassa.....	6
2.4 <i>Ground-Based Remote Sensing</i>	7
2.5 Indeks Warna RGB	7
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....	9
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	9
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	9
3.3 Tahapan Penelitian	11
3.3.1 Studi Literatur	11
3.3.2 Survei Lokasi	11
3.3.3 Persiapan Alat dan Bahan	11
3.3.4 Pengambilan Data	12
3.3.5 Analisis Data	13
3.3.6 Uji Perbandingan Hasil Analisis	14
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	16
4.1 Analisis Visual	16
4.2 Perbandingan Nilai <i>r</i> , <i>g</i> , <i>b</i> Kamera RGB dan <i>Agrino</i> <i>Handheld Tool</i>	18
4.3 Penentuan Indeks Vegetasi Biomassa	19
4.3.1 Hubungan Tinggi Edamame dengan Indeks Vegetasi	19

4.3.2 Hubungan Lebar Kanopi Edamame dengan Indeks Vegetasi	20
4.3.1 Hubungan Biomassa Edamame dengan Indeks Vegetasi ...	22
4.4 Perhitungan Hasil Biomassa Edamame Terukur (Manual) ...	23
4.5 Analisis Perkiraan Biomassa	23
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	27
5.1 Kesimpulan	27
5.2 Saran	27
DAFTAR PUSTAKA	28
LAMPIRAN	31

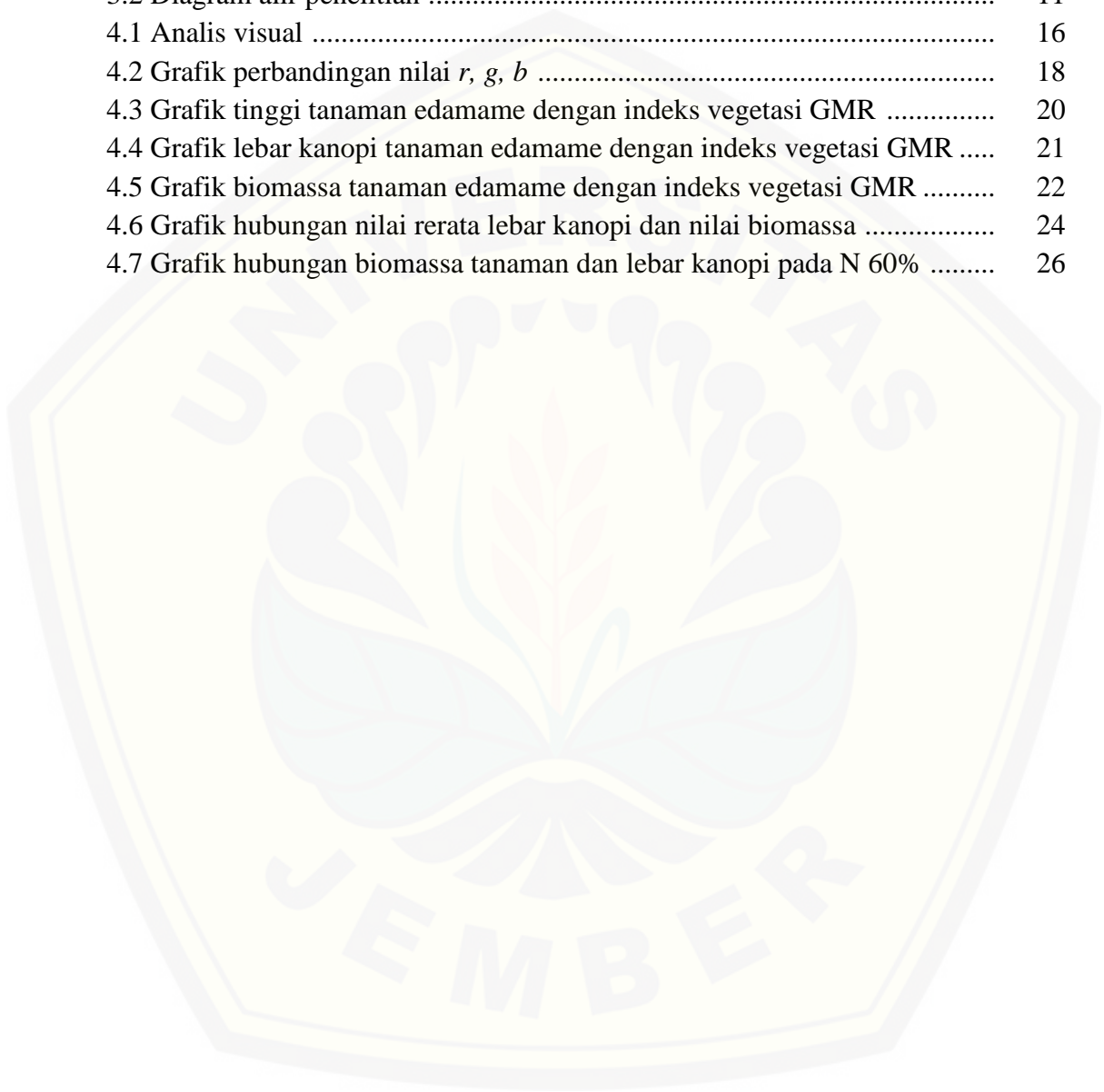


DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Fase pertumbuhan vegetative tanaman edamame	5
2.2 Fase pertumbuhan reproduktif tanaman edamame	5
3.1 Prosentase pemupukan N, P, dan K	10
3.2 Ringkasan indeks vegetasi	14
4.1 Hasil nilai R, G, B pada kamera RGB dan <i>agriino handheld tool</i>	17
4.2 Hasil nilai <i>r, g, b</i> pada kamera RGB dan <i>agriino handheld tool</i>	18
4.3 Hasil analisis tinggi tanaman edamame dengan indeks vegetasi	19
4.4 Hasil analisis lebar kanopi tanaman edamame dengan indeks vegetasi ...	21
4.5 Hasil analisis biomassa tanaman edamame dengan indeks vegetasi	22
4.6 Hasil biomassa terukur tanaman edamame	23
4.7 Perbandingan nilai lebar kanopi dan nilai biomassa terukur	24
4.8 Model Regresi Biomassa (BRMs) dan estimasi biomassa terukur	25
4.9 Model Regresi Biomassa (BRMs) dan validasi estimasi terhadap biomassa terukur setiap plot	25

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
3.1 Skema menanam	10
3.2 Diagram alir penelitian	11
4.1 Analisis visual	16
4.2 Grafik perbandingan nilai r , g , b	18
4.3 Grafik tinggi tanaman edamame dengan indeks vegetasi GMR	20
4.4 Grafik lebar kanopi tanaman edamame dengan indeks vegetasi GMR	21
4.5 Grafik biomassa tanaman edamame dengan indeks vegetasi GMR	22
4.6 Grafik hubungan nilai rerata lebar kanopi dan nilai biomassa	24
4.7 Grafik hubungan biomassa tanaman dan lebar kanopi pada N 60%	26



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A. Data Fisik Sifat Tanaman Edamame	31



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Edamame [*Glycine max* (L.) Merrill] adalah salah satu tanaman tropis dengan jenis sayuran. Edamame berasal dari bahasa Jepang. *Eda* yang berarti cabang dan *mame* berarti kacang, yang artinya tanaman yang memiliki buah yang tumbuh di bawah cabang. Edamame merupakan salah satu jenis kacang kedelai yang termasuk ke dalam polong – polongan (Samsu, 2001). Kedelai edamame memiliki ukuran biji lebih besar, rasa lebih manis, dan tekstur lebih lembut dibandingkan kacang kedelai biasa (Born, 2006).

Petani di Kabupaten Jember sebagian besar menanam tanaman edamame. Produksi edamame di Kabupaten Jember pada tahun 2015 sebesar 25.178 ton sedangkan tahun 2016 sebesar 22.027 ton. Pada tahun 2017 sebesar 12.712 ton artinya terjadi penurunan produksi edamame sebesar 12.466 ton (BPS, 2018). Penurunan ini terjadi karena ada sebagian petani yang berganti menanam tanaman lain seperti tembakau, jagung, padi, dll.

Tanaman edamame memiliki biomassa tanaman. Menurut Michael (1994), biomassa tanaman adalah jumlah total tanaman hidup pada suatu waktu dan luas tertentu. Biomassa dapat diartikan sebagai biomassa berat basah dan biomassa berat kering. Biomassa berat basah adalah seluruh tanaman yang meliputi akar, batang, daun dan berat polong yang ditimbang sesaat setelah panen. Sedangkan biomassa berat kering adalah meliputi akar, batang, daun dan berat polong yang ditimbang setelah melalui proses pengeringan terlebih dahulu. Tanaman edamame dalam pertumbuhannya memerlukan unsur hara dan ketersediaan air. Salah satu unsur hara yang diperlukan untuk pertumbuhan yaitu nitrogen. Pemupukan yang sesuai kebutuhan tanaman dapat meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman karena unsur hara menentukan pertumbuhan tanaman dan hasil biji (John dan David, 2001). Peningkatan kandungan nitrogen tanaman berhubungan dengan jumlah nitrogen yang diserap tanaman edamame. Penyerapan nitrogen ini akan meningkatkan biomassa tanaman.

Biomassa tanaman pada umumnya dapat diukur secara manual yaitu dengan cara menimbang setelah proses pemanenan. Proses pemanenan meliputi pemotongan batang, pemisahan polong edamame pada batang, dan penimbangan tanaman edamame dan polong edamame. Hal tersebut membutuhkan waktu yang cukup lama dan banyak kehilangan. Metode pemanenan ada 2 tipe yaitu metode sampling dengan pemanenan langsung (*destructive sampling*) dan metode sampling tanpa pemanenan (*non-destructive sampling*). Oleh karena itu, perlu mempermudah perhitungan biomassa. Salah satunya dengan menggunakan perkiraan melalui penginderaan jauh dan pembuatan model biomassa (Daly *et al.*, 2014). Data hasil perkiraan dan model biomassa dianalisis menggunakan persamaan korelasi dan analisis RMSE. Hasil analisis yang diperoleh digunakan untuk penghitungan biomassa tanaman (Tilly *et al.*, 2015). Perhitungan biomassa ini diharapkan dapat mengestimasi biomassa tanaman edamame.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas terdapat perumusan masalah, sebagai berikut:

1. Bagaimana prinsip estimasi biomassa pada tanaman edamame dengan menggunakan *ground-based remote sensing* ?
2. Bagaimana hasil estimasi berat biomassa pada tanaman edamame ?
3. Bagaimana perbandingan hasil estimasi biomassa dengan nilai biomassa terukur ?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah pengambilan data citra tanaman edamame menggunakan kamera digital RGB dan *agriino-handheld tool*. Sedangkan pengukuran sifat fisik tanaman edamame meliputi tinggi tanaman edamame dan lebar kanopi.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah terdapat tujuan, sebagai berikut:

1. mengetahui prinsip estimasi biomassa pada tanaman edamame dengan menggunakan *ground-based remote sensing*;
2. mengetahui hasil estimasi berat biomassa pada tanaman edamame;
3. mengetahui perbandingan hasil estimasi biomassa dengan nilai biomassa terukur.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. dijadikan referensi untuk penelitian sejenis;
2. dijadikan sebagai sumber untuk melakukan pengukuran estimasi biomassa tanaman edamame menggunakan *ground-based remote sensing*.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Edamame

Edamame adalah salah satu tanaman tropis dengan jenis sayuran. Edamame termasuk jenis kedelai yang berasal dari Jepang. *Eda* yang berarti cabang dan *mame* berarti kacang, yang artinya tanaman yang memiliki buah yang tumbuh di bawah cabang. Edamame merupakan salah satu jenis kacang kedelai yang termasuk ke dalam polong – polongan (Samsu, 2001). Kedelai edamame memiliki ukuran biji lebih besar, rasa lebih manis, dan tekstur lebih lembut dibandingkan kacang kedelai biasa (Born, 2006). Waktu panen kedelai edamame relatif singkat dibandingkan kedelai biasa, karena edamame dipanen pada saat kedelai masih hijau. Menurut Rukmana dan Yuniarsih (1996), tanaman kedelai edamame dalam sistematik tumbuhan (taksonomi) diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Sub-divisi	: Agiospermae
Kelas	: Dicotyledonae
Ordo	: Polypetales
Famili	: Leguminosae (Papilionaceae)
Sub-famili	: Papilionoideae
Genus	: Glycine
Species	: <i>Glycine max</i> (L.) Merrill.

Morfologi tanaman kedelai didukung oleh komponen utamanya, yaitu akar, daun, batang, polong, dan biji sehingga pertumbuhannya bisa optimal. Setiap polong edamame berisi 1-4 biji. Curah hujan antara 150 mm – 200 mm/bulan. Tanaman edamame membutuhkan penyinaran matahari 12 jam/hari dan kelembapan rata – rata (RH) 65% (Fachruddin, 2000).

Stadia pertumbuhan kedelai edamame dapat dibedakan pertumbuhan vegetatif dan generatif. Stadia pertumbuhan vegetatif dihitung sejak tanaman mulai muncul ke permukaan tanah sampai saat mulai berbunga. Stadia

pertumbuhan reproduktif (generatif) dihitung sejak tanaman kedelai mulai berbunga sampai pembentukan polong, perkembangan biji dan pemasakan biji. Fase pertumbuhan vegetatif (V) dan reproduktif (R) dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2.

Tabel 2.1 Fase pertumbuhan vegetatif tanaman edamame

Kode	Fase Tumbuh	Keterangan
VE	Kecambah	Tanaman baru muncul di atas tanah
VC	Kotiledon	Daun keping (kotiledon) terbuka dan dua daun tunggal di atasnya juga terbuka
V1	Buku ke-1	Daun tunggal pada buku pertama telah berkembang penuh, dan daun berangkaitiga pada buku di atasnya telah terbuka
V2	Buku ke-2	Daun berangkai tiga pada buku kedua telah berkembang penuh, dan daun pada buku di atasnya telah terbuka
V3	Buku ke-3	Batang utama terdapat daun yang terbuka penuh
Vn	Buku ke-n	Batang utama telah terdapat daun yang terbuka penuh

Tabel 2.2 Fase pertumbuhan reproduktif tanaman edamame

Kode	Fase Tumbuh	Keterangan
R1	Mulai berbunga	Munculnya bunga pertama pada buku mana pun pada batang
R2	Berbunga penuh	Bunga terbuka penuh pada satu atau dua buku paling atas pada batang utama dengan daun yang telah terbuka
R3	Mulai berpolong	Polong telah terbentuk dengan panjang 0,5 cm pada salah satu buku batang utama
R4	Berpolong penuh	Pelung telah mempunyai panjang 2 cm pada salah satu buku teratas pada batang utama
R5	Mulai pembentukan biji	Ukuran biji dalam polong mencapai 3 mm pada salah satu buku batang utama
R6	Berbiji penuh	Setiap polong pada batang utama telah berisis satu atau dua
R7	Mulai masak	Salah satu warna polong pada batang utama telah berubah menjadi coklat kekuningan atau warna masak
R8	Masak penuh	95% jumlah polong telah mencapai warna masak

(Sumber: Fehr dan Caviness, 1977).

2.2 Nitrogen

Berdasarkan senyawa dasar pembentuknya, pupuk N dibedakan atas amida, amonium, dan nitrat. Urea merupakan sumber pupuk nitrogen yang bersenyawa dasar amida. Urea dapat langsung dimanfaatkan oleh tanaman, akan tetapi biasanya di dalam tanah diubah menjadi amonium dan nitrat melalui proses amonifikasi dan nitrifikasi oleh bakteri tanah (Leiwakabessy dan Sutandi, 2004).

Menurut Heard (2004) menyatakan bahwa nitrogen adalah salah satu unsur hara yang diperlukan untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman secara optimal. Peningkatan kandungan nitrogen tanaman berhubungan dengan rasio antara jumlah nitrogen yang diserap tanaman dengan biomasanya. Menurut Rogi (1996) menyatakan bahwa sebagian besar petani memberikan pupuk nitrogen hanya berupa kisaran tinggi rendahnya takaran pupuk. Jumlah takaran pupuk yang diberikan sebenarnya terlalu kecil dibandingkan dengan nitrogen total di tanah yang diperkirakan sekitar 30% dan nitrogen yang diberikan akan hilang melalui pencucian dan denitrifikasi.

Pemupukan yang sesuai kebutuhan tanaman dapat meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman karena unsur hara menentukan pertumbuhan tanaman dan hasil biji (John dan David, 2001). Pemupukan N pada kedelai dengan dosis 400 kg/ha menghasilkan bobot biji kering tertinggi (1.762,7 kg/ha) (Ghulamahdi dan Azis, 1992).

2.3 Biomassa

Menurut Michael (1994) menyatakan bahwa biomassa adalah jumlah total tanaman hidup pada suatu waktu dan luas tertentu. Biomassa dapat diartikan sebagai biomassa berat basah dan biomassa berat kering. Biomassa berat basah adalah seluruh tanaman yang meliputi akar, batang, daun dan berat polong yang ditimbang sesaat setelah panen. Sedangkan biomassa berat kering adalah meliputi akar, batang, daun dan berat polong yang ditimbang setelah melalui proses pengeringan terlebih dahulu. Berat basah tanaman merupakan salah satu parameter pertumbuhan yang dapat menunjukkan perbedaan volume dan ukuran tanaman yang ditimbang sesaat setelah panen. Parameter berat basah merupakan hasil pengukuran massa segar tanaman termasuk kandungan air di dalamnya. Faktor yang mempengaruhi berat segar antara lain hasil pengukuran air, unsur hara dan metabolisme tanaman. Berat segar dapat digunakan untuk menggambarkan biomassa tanaman apabila hubungan berat segar dengan berat kering bersifat linier (Curtis dan Clark, 1950).

2.4 *Groundbased Remote Sensing*

Remote Sensing (penginderaan jauh) merupakan teknologi maju yang didukung oleh perkembangan sensor pencitraan dan peningkatan kinerja infrastruktur informasi, termasuk pemrosesan, penyimpanan dan komunikasi (Toth dan Józków, 2016). Penginderaan jauh menggunakan radiasi elektromagnetik pada beberapa bagian dari spektrum elektromagnetik yang dipantulkan atau dipancarkan dari permukaan bumi (Campbell, 2013).

Menurut Indarto (2016) bahwa penginderaan jauh adalah metode untuk memperoleh informasi suatu objek atau fenomena geografis benda di permukaan bumi tanpa harus kontak langsung dengan objek. *Groundbased Remote Sensing* (penginderaan jauh berbasis daratan) adalah alat utama untuk mengeksplorasi proses di atmosfer dari permukaan bumi. Beberapa platform *groundbased remote sensing* yang digunakan dalam penginderaan jauh menggunakan sensor dan perangkat genggam atau *tripod* (Govender *et al.*, 2009).

2.5 Indeks Warna RGB

Menurut Ahmad (2005), nilai warna RGB dapat dihitung dengan normalisasi RGB. Normalisasi ini penting dilakukan jika citra yang didapatkan memiliki penerangan yang berbeda-beda. Citra merupakan sekumpulan titik-titik dari gambar yang berisi informasi warna dan tidak tergantung pada waktu. Hasil nilai citra yang dinormalisasi dapat dibandingkan karena pengaruh beda penerangan sudah hilang. Normalisasi RGB untuk menghasilkan model warna.

Model warna telah banyak dikembangkan oleh para ahli, seperti model RGB (*Red, Green, Blue*), model CMY (K) (*Cyan, Magenta, Yellow*), model YCbCr (luminance serta dua komponen kromasi Cb dan Cr), dan model HSI (*Hue, Saturation, Intensity*). Model warna RGB merupakan model warna pokok aditif, yaitu warna dibentuk dengan mengkombinasikan energi cahaya dari ketiga warna pokok dalam berbagai perbandingan. Model warna HSI merupakan model warna yang paling sesuai dengan manusia. Nilai *Hue* dapat diaplikasikan untuk membedakan antara obyek dan latar belakang. *Saturation* (kejenuhan) yang tinggi dapat menjadi jaminan nilai *Hue* yang akurat dalam membedakan obyek dan latar

belakang. *Intensity* merupakan nilai abu-abu dari piksel dalam citra abu-abu (Ahmad 2005).

Selain model RGB terdapat juga model normalisasi RGB. Model ini terdiri 3 komponen yaitu, r , g , dan b yang merepresentasikan prosentase dari sebuah piksel pada citra digital. Nilai tersebut mengikuti persamaan-persamaan dibawah ini:

$$r = \frac{R}{R+G+B} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$g = \frac{G}{R+G+B} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$b = \frac{B}{R+G+B} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$r + g + b = 1 \dots\dots\dots (2.4)$$

Sehingga:

Dengan demikian berdasarkan persamaan diatas maka cukup hanya menggunakan r dan g , karena nilai b bisa didapatkan dengan menggunakan $b = 1 - r - g$ (Kusumanto dan Tompunu, 2011)

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari 2019 sampai Maret 2019. Penelitian dilakukan di lahan bertempat di Agroteknopark, Universitas Jember. Lahan dibagi menjadi 5 plot. Setiap plot memiliki 8 polybag tanaman. Pengolahan data dilakukan di Laboratorium N-Computing, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember. Pengolahan data dilakukan di Laboratorium N-Computing, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Kamera digital Canon IXUS 160
Kamera digital canon IXUS 160 memiliki sensor CCD (*Charge Coupled Device*) 20 MP;
2. *Agriino handheld tool*
Agriino handheld tool merupakan suatu perangkat yang terdiri dari *clipping*, kamera 13 USB dan lampu LED yang dihubungkan dengan laptop.
3. Laptop
Laptop digunakan untuk menyimpan data dan mengolah data.
4. *Software ImageJ*
Software ImageJ digunakan untuk menganalisis citra yang didapatkan dari pengambilan sampel untuk mendapatkan nilai R, G, dan B.
5. *Software Microsoft Excel*
Software Microsoft Excel digunakan untuk menganalisis data, perhitungan dan analisis korelasi dan regresi.
6. *Software XLSTAT*
Software XLSTAT adalah aplikasi yang ditambahkan pada *software Microsoft Excel* untuk memudahkan menganalisis banyak data menjadi sebuah grafik perbandingan.

7. Platform

Platform yg digunakan adalah Platform persegi panjang dengan ukuran l x p x t (0,45 x 0,85 x 1,5) m sesuai dengan ukuran polybag yang digunakan. Platform tersebut digunakan sebagai pembatas ketika pengambilan gambar padi setiap petaknya.

8. Timbangan

Timbangan digunakan untuk menimbang biomassa edamame.

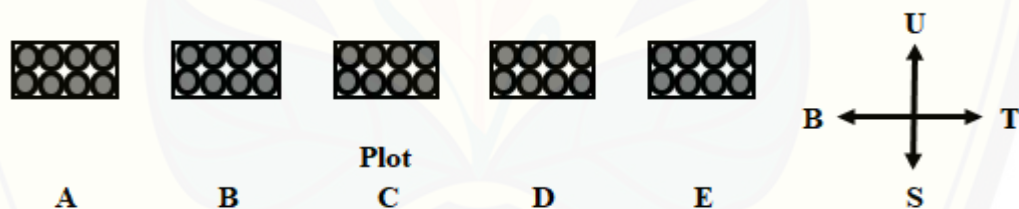
9. Alat tulis

Alat tulis digunakan untuk mencatat nilai pengukuran hasil penelitian dan sebagai penanda plot.

10. Penggaris

Penggaris digunakan untuk mengukur tinggi tanaman dan lebar kanopi.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu biji edamame (40 biji), polybag, dan pupuk. Biji tanaman edamame dibagi menjadi 5 plot (A, B, C, D, E) dengan setiap plot terdiri 8 polybag. Setiap plot diberi perlakuan dosis pupuk nitrogen. Skema menanam dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Skema menanam

Pemupukan tanaman edamame menggunakan 3 jenis pupuk yaitu N, P, K. Pupuk N diambil dari pupuk urea, pupuk P diambil dari pupuk TSP, dan pupuk K diambil dari pupuk KCL. Pada penelitian ini yang dibedakan hanya dosis pupuk N, sedangkan pupuk P dan K setiap plot diberi dosis pupuk yang sama. Prosentase pemupukan N, P, dan K dapat dilihat pada Tabel 3.1.

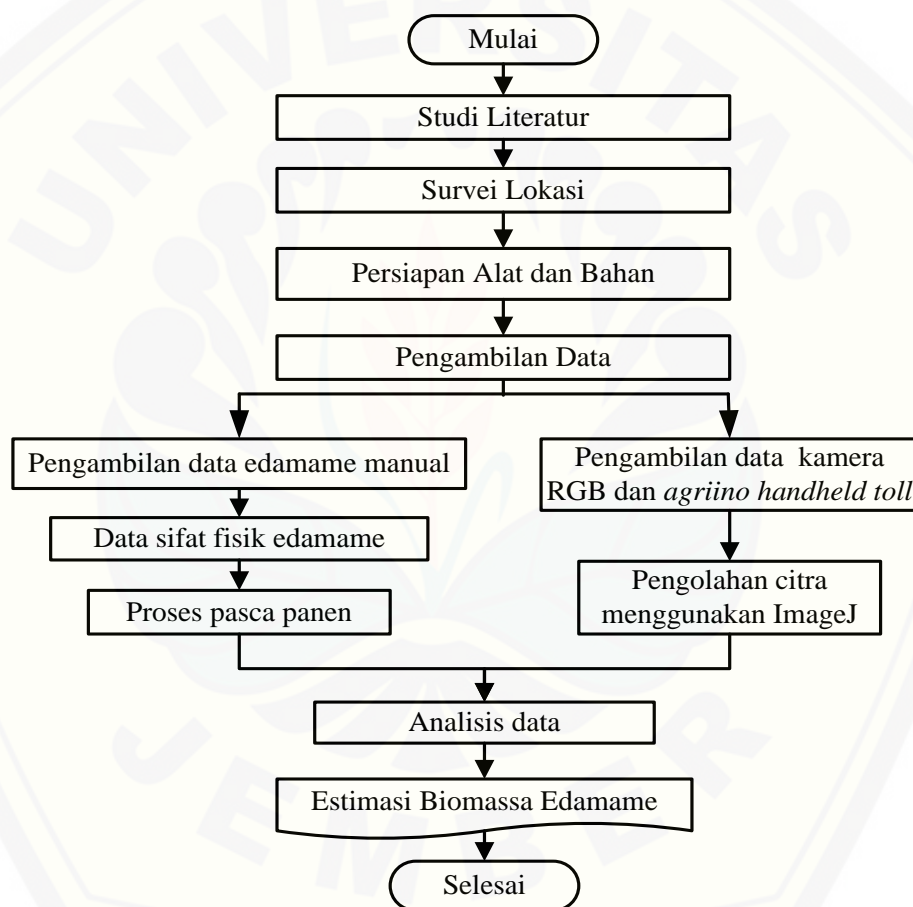
Tabel 3.1 Prosentase pemupukan N, P, dan K

Plot	Prosentase pemupukan	N (gram)	P (gram)	K (gram)
A	200%	25	7.5	15
B	100%	12.5	7.5	15
C	60%	7.5	7.5	15
D	40%	5	7.5	15
E	0%	0	7.5	15

Prosentase pemupukan yang digunakan berdasarkan luas lahan untuk menanam edamame. Luas lahan keseluruhan yang digunakan untuk menanam tanaman edamame dengan luas $1,6 \text{ m}^2$. Setiap plot memiliki lebar $0,4 \text{ m}$ dan panjang $0,8 \text{ m}$.

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian disajikan dalam bentuk diagram alir penelitian pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram alir penelitian

Berdasarkan diagram alir di atas, tahapan-tahapan penelitian yang akan dilakukan yaitu sebagai berikut.

3.3.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mencari informasi tentang penelitian estimasi biomassa tanaman edamame menggunakan *ground-based remote sensing* dari berbagai sumber antara lain buku, jurnal, internet dan lain-lain.

3.3.2 Survei Lokasi

Survei lokasi dilakukan untuk menentukan tempat menanam tanaman edamame dan sebagai titik pengambilan data.

3.3.3 Persiapan Alat dan Bahan

Persiapan alat seperti Kamera digital RGB Canon IXUS 160, *Agriino-handheld tool*, laptop, buku, timbangan, buku, penggaris dan alat tulis. Sedangkan bahan yang digunakan yaitu tanah, biji edamame, polybag, dan pupuk.

3.3.4 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan pada pagi hari sekitar pukul 08.00 WIB selama 8 kali pengukuran sebanyak 40 tanaman. Pengambilan data dimulai setelah 1 minggu setelah tanam. Pada penelitian ini, 40 tanaman dibagi menjadi 5 plot (A, B, C, D, E). Pemupukan tanaman dilakukan 2 kali pada umur 10 HST (Hari Setelah Tanam) dan 30 HST (Hari Setelah Tanam) menggunakan pupuk N, P, dan K. Pengambilan data dilakukan dengan mengukur sifat fisik tanaman edamame dan mengambil data citra menggunakan kamera digital RGB dan *Agriino-handheld tool*.

1. Pengambilan data manual dilakukan dengan penggaris untuk mengukur data sifat tanaman edamame. Sifat fisik tanaman edamame meliputi tinggi tanaman dan lebar kanopi. Pengukuran tinggi dilakukan dengan mengukur mulai dari dasar tanah sampai daun edamame paling ujung. Proses pasca panen, dilakukan untuk mengambil sampel setiap plot yang telah diukur data sifat fisik dan data alat pengambilan (kamera RGB dan *agriino-handheld tool*). Tujuannya untuk mengetahui berat biomassa yang akan diestimasi dengan membandingkan sampel terukur. Pemanenan dilakukan pada hari ke- 56 HST terakhir mengambil data sifat fisik. Selanjutnya dilakukan penimbangan secara manual pada bagian-bagian edamame seperti akar, batang, daun dan polong edamame.
2. Pengambilan data menggunakan kamera digital kamera RGB dan *agriino handheld tool*. Normalis indeks RGB dilakukan untuk menghitung nilai RGB citra dari kamera digital dan *agriino handheld tool* menggunakan *software ImageJ* (Putra dan Soni, 2018). Nilai hasil RGB dibandingkan perbedaannya mulai

dari 7-56 HST. Nilai R, G, dan B yang direkam harus mempunyai panjang gelombang (λ) sebesar (≤ 255).

- a. Pengambilan data dengan kamera digital RGB dilakukan dengan mengambil citra tanaman edamame. Pengambilan data menggunakan *platform* dengan jarak ketinggian 1,5 meter pada setiap plot. Memilih jarak 1,5 m supaya objek daun 1 plot dapat terekam pada kamera.
- b. Pengambilan data menggunakan *agriino-handheld tool* dilakukan dengan menjepit daun edamame pada setiap tanaman. *Agriino handheld tool* merupakan sebuah perangkat berbasis android yang dipergunakan untuk membantu petani untuk mengestimasi status *chlorophyll* dan kandungan nitrogen pada tanaman dengan cara *non-destructive analysis* dengan memanfaatkan teknologi *ground-based remote sensing* (Agrimart, 2018). *Agriino handheld tool* digunakan pada penelitian ini dikarenakan dapat menghasilkan citra yang memanfaatkan teknologi *ground-based remote sensing* dengan metode *absorbance* (pemantul cahaya dari permukaan tanah). *Agriino-handheld tool* memiliki resolusi kamera sebesar 1.3 MP dan lampu LED sebagai sumber cahaya yang diserap daun edamame.

3.3.5 Analisis Data

Analisis uji statistik yang pertama menggunakan analisis korelasi. Analisis korelasi digunakan untuk mengetahui kekuatan hubungan antara indeks vegetasi yang didapatkan dari kamera RGB dan *agriino handheld tool* dengan data sifat fisik tanaman. Hasil analisis korelasi dengan angka antara +1 dan -1, dimana +1 memiliki hubungan korelasi positif yang kuat dan -1 memiliki nilai korelasi negatif yang kuat (Daly *et al.*, 2014). Kemudian Analisis koefisien determinasi (R^2) digunakan untuk seberapa baik dalam menjelaskan nilai dari indeks vegetasi antara kamera RGB dan *agriino handheld tool* terhadap sifat fisik tanaman. Nilai koefisien determinasi antara angka 0 – 1, jika nilai mendekati 1 dapat diartikan bahwa dalam menjelaskan baik. Beberapa persamaan indeks vegetasi dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Table 3.2 Ringkasan indeks vegetasi

No	Indeks Vegetasi	Bagian	Sumber
1	$r = \frac{R}{R + G + B}$	Kamera	Ahmad (2005)
2	$g = \frac{G}{R + G + B}$	Kamera	Ahmad (2005)
3	$b = \frac{B}{R + G + B}$	Kamera	Ahmad (2005)
4	$NDVI_{rgb} = \frac{(g + b) - r}{(g + b) + r}$	Kamera	Putra dan Soni (2018)
5	$NDVI_{green} = \frac{g - r}{g + 4}$	Kamera	Gitelson <i>et al.</i> (2002)
6	$SAVI_{green} = \frac{(1 + L) \times (g - r)}{(g + r) + L}$	Kamera	Li <i>et al.</i> (2010)
7	$NDI = \frac{g - r}{g + r + 0.01}$	Kamera	Mao <i>et al.</i> (2003)
8	$GMR = g - r$	Kamera	Wang <i>et al.</i> (2013)
9	$VARI = \frac{g - r}{g + r + N}$	Kamera	Gitelson <i>et al.</i> (2002)
10	$BRAVI = \frac{N(g - r)}{(g + r + N)}$	Kamera	Putra dan Soni (2018)
11	$BRAVI - SR = \frac{N \times g}{r + N}$	Kamera	Putra dan Soni (2018)
12	$EVI_{green} = \frac{2.5 \times (g - r)}{g + 6 \times r - 7.5 \times b + 1}$	Kamera	Putra dan Soni (2018)
13	$EVI2_{green} = \frac{2.5 \times (g - r)}{g + 2.4 \times r + 1}$	Kamera	Putra dan Soni (2018)
14	$OSAVI_{green} = \frac{1.5 \times (g - r)}{(g + r) + 0.16}$	Kamera	Putra dan Soni (2018)
15	$SR_{rgb} = \frac{r}{g + b}$	Kamera	Putra dan Soni (2018)

$L = \text{faktor koreksi (0,5)}; N = \text{intensitas noise (r+b/255)}$

3.3.6 Estimasi Biomassa Edamame

Pengukuran estimasi biomassa menggunakan data pengukuran manual dan *remote sensing* (Tilly *et al.*, 2015). Data yang telah didapatkan digunakan untuk membuat persamaan model antara perbandingan biomassa terukur dengan lebar kanopi tanaman. Persamaan model yang didapatkan digunakan untuk perhitungan BRMs (*Biomassa Regression Models*). BRMs adalah biomassa regresi model atau penentuan biomassa dengan model regresi (Tilly *et al.*, 2015).

Data sifat fisik yang digunakan adalah tinggi tanaman dan lebar kanopi kemudian dibandingkan dengan indeks vegetasi dan biomassa terukur. Hasil persamaan BRMs yang telah didapatkan kemudian dimasukan nilai variable x dengan nilai lebar kanopi untuk dihasilkan nilai estimasi biomasanya. Pengukuran estimasi biomassa yang didapatkan dibandingkan dengan hasil pengukuran biomassa terukur.

Setelah nilai estimasi biomassa telah didapatkan dilakukan analisis RMSE (*Root Mean Square Error*). RMSE adalah metode alternatif untuk mengevaluasi teknik estimasi yang digunakan untuk mengukur tingkat akurasi hasil perkiraan suatu model. RMSE merupakan nilai rata-rata dari jumlah kuadrat kesalahan, juga dapat menyatakan ukuran besarnya kesalahan yang dihasilkan oleh suatu model perkiraan. Nilai RMSE rendah menunjukkan bahwa nilai yang dihasilkan oleh suatu model perkiraan mendekati nilai sebenarnya. Analisis RMSE bertujuan untuk membuktikan perhitungan hasil estimasi yang telah dilakukan apakah sudah akurat atau masih terdapat kesalahan dalam proses perhitungan dan membuktikan perhitungan apakah sudah benar atau masih terdapat error (Widayati, 2009). Rumus RMSE dapat dilihat pada persamaan dibawah ini .

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_o - Y_i)^2}{n}} \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan:

Y_o = data awal (data sebenarnya)

Y_i = data akhir (data hasil estimasi)

n = jumlah data, (Widayati, 2009).

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Prinsip penentuan estimasi biomassa dengan *ground-based remote sensing* dapat menggunakan pengambilan citra; pengukuran tinggi tanaman dan lebar kanopi tanaman edamame; dan pengukuran biomassa manual.
2. Estimasi biomassa edamame menggunakan citra dapat digunakan dengan pengukuran lebar kanopi dan berat biomassa manual menghasilkan model persamaan. Model persamaan yang digunakan adalah $y = 11,49x - 87,00$ dengan $R^2 = 0,794$. Estimasi biomassa rata-rata keseluruhan plot yaitu 142,4 gram/plot. Jadi perkiraan biomassa tanaman edamame dapat menggunakan lebar kanopi.
3. Tingkat validasi estimasi biomassa dengan biomassa terukur adalah nilai koefisien determinasi (R^2) yaitu 0,794; *index agreement* (d) yaitu 0,999 dan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) yang lebih rendah yaitu 0,078.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah untuk estimasi biomassa tanaman edamame sebaiknya memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan edamame. Sehingga dapat menghasilkan biomassa tanaman edamame yang lebih maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Agrimart. 2018. *Manual Book Mobile-Based Plant Nutrients Sensing System*. CV. Agrimart Pasar Tani Indonesia.
- Ahmad, U. 2005. *Pengolahan Citra Digital dan Teknik Pemrogramannya*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Badan Pusat Statistik. 2017. Produksi Kedelai Menurut Kabupaten/Kota di Jawa Timur. <https://jatim.bps.go.id/statictable/2018/10/29/1326/produksi-kedelai-menurut-kabupaten-kota-di-jawa-timur-ton-2007-2017.html>. [Diakses pada 27 Juli 2019].
- Born, H. 2006. Edamame: vegetable soybean. *Direct*. 4.
- Campbell, J. ; W. R. 2013. Introduction to remote sensing 5th edition. *Remote Sensing*. 5(12):718.
- Curtis, D. F., dan O. G. Clark. 1950. *Introduction to Plant Physiology*. Mc. Graw Hill Book company inc. New York.
- Daly, D., P. Cooper., dan Z. Ma., 2014. Understanding the risks and uncertainties introduced by common assumptions in energy simulations for Australian commercial buildings. *Energy and Buildings*. 75(1):382–393.
- Fachruddin, L. 2000. *Budi Daya Kacang-Kacangan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Fehr, W. R., and C. L. Caviness. 1977. *Stages of Soybean Development*. Special Report No. 80. Cooperative Extension Services Agric. And Home Econ. Exp. St. Iowa State Univ. Of Sci. And Technol, Ames.Iowa.
- Ghulamahdi, M., dan S. A. Azis. 1992. Pengaruh pupuk N dan ZN terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kedelai pada budidaya jenuh air. *Bul. Agr.* 21(1):37-45.
- Gitelson, A. A., Y. J. Kaufman., R. Strak., dan D. Rundquist. 2002. *Novel Algorithms for Remote Estimation of Vegetation Fraction*. *Remote Sensing of Environment*. 80: 76-87.
- Govender, M., P. J. Dye, I. M. Weiersbye, E. T. F. Witkowski, dan F. Ahmed. 2009. Review of Commonly Used Remote Sensing and Ground-Based Technologies to Measure Plant Water Stress. *Water SA*. 2009.
- Heard, J. 2004. *Nutrient Uptake And Removal Patterns In High Yielding Manitoba Corn* *Manitoba Agriculture*. (<http://www.maize.corncob.htm>).

- Indarto. 2016. Penginderaan Jauh Metode Analisis dan Interpretasi Citra Satelit. Yogyakarta: CV. ANDI OFFSET.
- John, RF., dan LH David. 2001. Soybean yield response to reproductive stage soil-applied Nitrogen and foliar-applied Boron. *J Agron.* 93: 1200-1209.
- Kusumanto, R. D., dan A. N. Tompunu. 2011. Pengolahan Citra Digital Untuk Mendeteksi Obyek Menggunakan Pengolahan Warna Model Normalisasi RGB. Semantik. ISBN 979-26-0255-0. Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang.
- Leiwakabessy, F. M., dan A. Sutandi. 2004. Pupuk dan pemupukan. Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, IPB, Bogor.
- Li, Y., D. Chen., C. N. Walker., dan J. F. Angus. 2010. *Estimating the nitrogen status of crops using a digital camera.* Field Crops Research. 118(3): 221-227.
- Mardiatmoko. G. 2016. Studi Persamaan Allometrik untuk Prediksi Biomassa Atas Dan Bawah Trembesi [*Albizia Saman (Jacq.) Merr*]. *Implementasi Kebijakan Mitigasi dan Adaptasi di Tingkat Nasional dan Subnasional.* 31 Agustus - 1 September 2015. *APIK*: 49-60.
- Michael.1994. *Metode Ekologi untuk Penyelidikan Lapangan dan Laboratorium.* Penerbit UI Press Jakarta.
- Pioner. 2019. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman. PT Dupont Indonesia. Jakarta. <https://www.pioneer.com/web/site/indonesia/Faktor-Faktor-yang-Mempengaruhi-Pertumbuhan-dan-Perkembangan-Tanaman> [Diakses 27 Juni 2019].
- Putra, B. T. W., dan P. Soni. 2018. *Enhanced broadband greenness in assessing Chlorophyll a and b, Carotenoid, and Nitrogen in Robusta coffe plantations using a digital camera.* Precision Agriculture. 19:238-256.
- Rukmana, R. dan Y. Yuniarsih. 1996. *Kedelai Budidaya dan Pasca Panen.* Kanisius. Yogyakarta.
- Runtunuwu, D. S. 1990. *Tumpang Sari Jagung dan Kedelai Di Bawah Naungan Kelapa Tua.* Tesis Magister. KPK IPB-UNSRAT. Manado.
- Samsu, H. S. 2001. *Membangun Agroindustri Bernuansa Ekspor: Edamame (Vegetable Soybean).* Jember. Graha Ilmu Dan Florentina.

- Tilly, N., D. Hoffmeister., Q. Cao., V. L. Wiedemann., Y. Miao., dan G. Bareth. (2015). Transferability of Models for Estimating Paddy Rice Biomass from Spatial Plant Height Data. *Journal of Agriculture*. 5(4): 538-560.
- Toth, C., dan G. Józków. 2016. Remote Sensing Platforms and Sensors: A Survey. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 2016.
- Rogi, J. E. X. 1996. *Penyusunan Model Simulasi Dinamika Nitrogen Pertanaman Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq.) Di Unit Usaha Bekrie Provinsi Lampung. Disertasi Doktoral*. IPB. Bogor.
- Wang, Y., D. Wang., G. Zhang., dan J. Wang. 2013. *Estimation Nitrogen Status of Rice Using the Image Segmentation of G-R Thresholding Method*. *Field Crops Research*. 149: 33-39.
- Widayati, C. S. W. 2009. *Komparasi Beberapa Metode Estimasi Kesalahan Pengukuran. Jurnal Penelitian dan Estimasi Pendidikan*. LPMP DIY.
- Wopereis, M. C. S., T. Defoer, P. Idinoba, S. Diack, dan M. J. Dugue. 2009. *Curriculum for Participatory Learning and Action Research (PLAR) for Integrated Rice Management (IRM) in Inland Valleys of Sub-Saharan Africa*. Cotonou, Benin: Africa Rice Center.

LAMPIRAN

Lampiran A. Data Fisik Sifat Tanaman Edamame

Tabel A.1 Data pengukuran fisik tinggi tanaman

Air	Pupuk Nitrogen	Tinggi tanaman (cm)							
		7 HST	14 HST	21 HST	28 HST	35 HST	42 HST	49 HST	56 HST
100%	200%	5,8	15,5	19	19,3	19,6	20,8	20,8	20,8
100%	100%	5,3	14,8	17,6	17,5	18,4	20,1	20,2	20,4
100%	60%	5,9	15	15,6	17,9	18,3	19,9	19,9	19,9
100%	40%	5,1	14,9	17,7	19	18,2	20,6	20,6	20,6
100%	0%	5,5	15,9	18,9	20,4	20,1	21,4	21,4	21,4

Tabel A.2 Data pengukuran fisik lebar kanopi tanaman

Air	Pupuk Nitrogen	Lebar kanopi (cm)							
		7 HST	14 HST	21 HST	28 HST	35 HST	42 HST	49 HST	56 HST
100%	200%	5	15,00	17,13	21,50	21,00	20,88	22,25	23,13
100%	100%	4,69	15,00	17,75	19,25	19,38	19,63	21,13	22,13
100%	60%	5	14,13	15,50	15,50	15,38	17,13	18,25	19,38
100%	40%	5	14,13	12,88	14,00	14,00	14,25	15,00	15,13
100%	0%	5	15,00	15,38	18,00	18,38	18,25	19,13	20,00

Tabel A.3 Data pengukuran fisik jumlah biji, berat biji, berat tanaman edamame dan biomassa

Air	Pupuk Nitrogen	Variabel Pengukuran Fisik			Biomassa (gram)
		Jumlah Biji Edamame (biji)	Berat Polong Edamame (gram)	Berat Tanaman Basah (gram)	
100%	200%	114	95	84	179
100%	100%	106	96	93	189
100%	60%	76	68	63	131
100%	40%	74	57	40	97
100%	0%	71	62	54	116