



**ESTIMASI KANDUNGAN KLOOROFIL PADA TANAMAN TEBU
(*Saccharum officinarum* L.) MENGGUNAKAN METODE
GROUND BASED REMOTE SENSING (GBRS) DAN
LOW ALTITUDE REMOTE SENSING (LARS)**

SKRIPSI

Oleh
Aditya Aulia Akbar Gunawan
NIM 161710201013

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Bayu Taruna W. P., S,TP., M.Eng., Ph.D.

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

2020



**ESTIMASI KANDUNGAN KLOOROFIL PADA TANAMAN TEBU
(*Saccharum officinarum* L.) MENGGUNAKAN METODE
GROUND BASED REMOTE SENSING (GBRS) DAN
LOW ALTITUDE REMOTE SENSING (LARS)**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Pertanian (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh
Aditya Aulia Akbar Gunawan
NIM 161710201013

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2020**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Keluarga besar Alm. Slamet Aman yang selalu mendukung, memberi semangat, nasihat, kasih sayang, dan do'a;
2. Guru – guruku sejak balita hingga saat ini yang telah memberikan ilmu yang berkah dan bermanfaat;
3. Almamater Fakultas Teknologi Pertanian.



MOTTO

Tidaklah orang – orang itu menyangka, bahwa sesungguhnya mereka akan
dibangkitkan, pada suatu hari yang besar
(QS. Al – Muthaffifin: 4 – 5)

Simple is not easy
(Eric Thomas)

You Can't Find Peace by Avoiding Life
(Virginia Wolf)

You already knew what will you do when god say "Yes". but, what if GOD say "No"?
(Inky Jhonson)

When you change your attitude, you raise your altitude
(Steve Harvey)

Whatever you are, be a good one
(Abraham Lincoln)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Aditya Aulia Akbar Gunawan

NIM : 161710201013

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul “*Estimasi Kandungan Klorofil pada Tanaman Tebu (Saccharum Officinarum L.) Menggunakan Metode Ground Based Remote Sensing (GBRS) dan Low Altitude Remote Sensing (LARS)*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

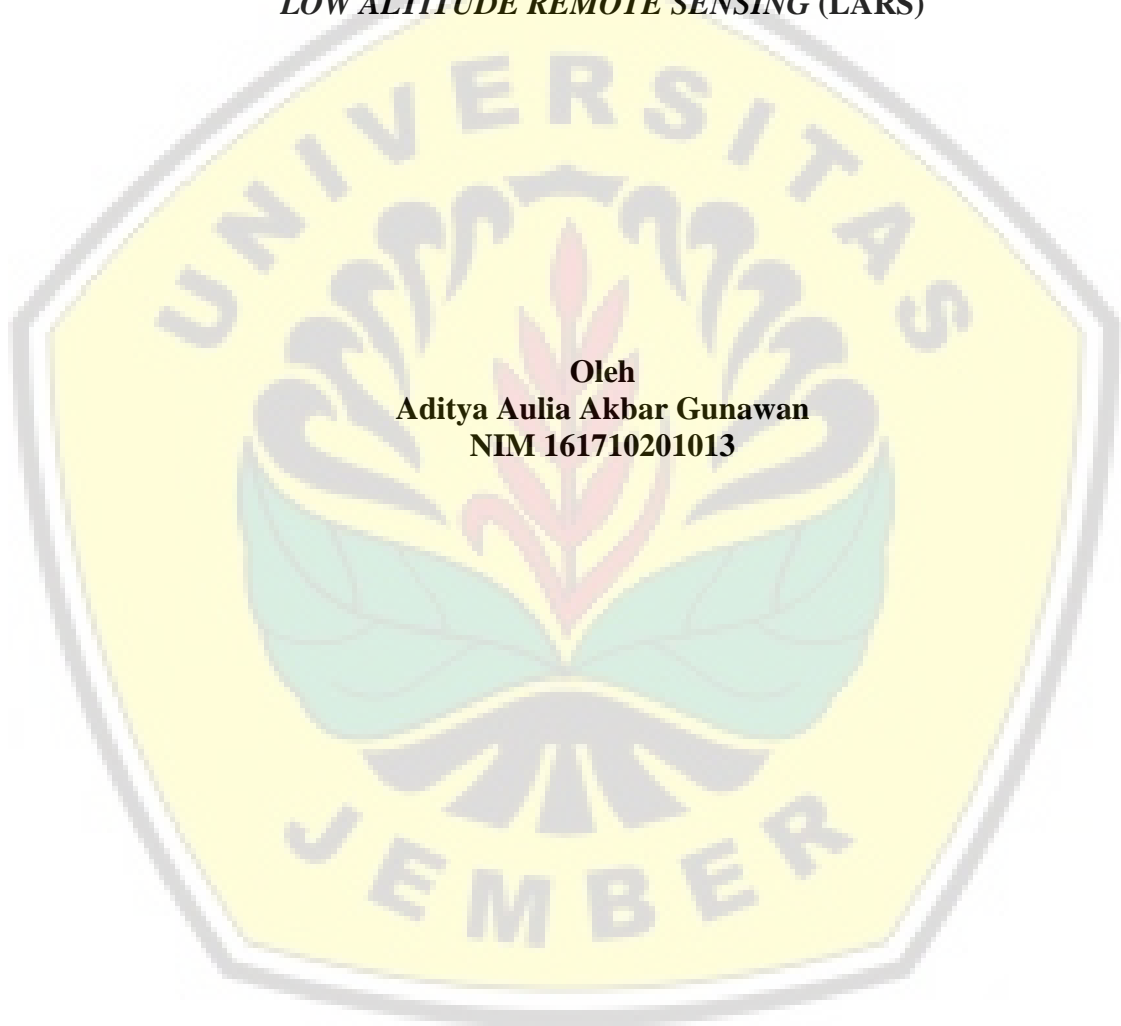
Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapatkan sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 16 Mei 2020
Yang menyatakan,

Aditya Aulia Akbar Gunawan
NIM 161710201013

SKRIPSI

**ESTIMASI KANDUNGAN KLOROFIL PADA TANAMAN TEBU
(*Saccharum officinarum* L.) MENGGUNAKAN METODE
GROUND BASED REMOTE SENSING (GBRS) DAN
LOW ALTITUDE REMOTE SENSING (LARS)**



Dosen Pembimbing Utama:
Bayu Taruna W. P., S,TP., M.Eng., Ph.D.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “*Estimasi Kandungan Klorofil pada Tanaman Tebu (Saccharum Officinarum L.) Menggunakan Metode Ground Based Remote Sensing (GBRS) dan Low Altitude Remote Sensing (LARS)*” telah diuji dan disahkan pada :

Hari : Senin

Tanggal : 13 Juli 2020

Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember

Menyetujui,
Dosen Pembimbing Utama,

Bayu Taruna W. P., S.TP., M.Eng., Ph.D.
NIP. 19841008 200812 1 002

Mengetahui,

Ketua

Anggota

Dr. Dedy Wirawan Soedibyo, S.TP., M.Si.
NIP. 19740707 199903 2 001

Rufiani Nadzirah, S.TP., M.Sc.
NRP. 760018059

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknologi Pertanian,

Dr. Siswoyo Soekarno, S.TP., M.Eng.
NIP. 196809231994031009

RINGKASAN

Estimasi Kandungan Klorofil pada Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum* L.) menggunakan Metode *Ground Based Remote Sensing* (GBRS) dan *Low Altitude Remote Sensing* (LARS); Aditya Aulia Akbar Gunawan, 161710201013; 2020; 56 halaman; Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember

Tebu merupakan salah satu tanaman yang banyak dibudidayakan di Indonesia karena keadaan iklim yang sesuai dengan syarat tumbuh dan perkembangan tanaman tebu. Maka dari itu nutrisi yang dibutuhkan tanaman harus diketahui agar tidak terjadi pemberian nutrisi tambahan yang kurang ataupun berlebih. Nutrisi tanaman khususnya nitrogen merupakan hal yang sangat penting bagi tanaman. Kekurangan nitrogen pada tanaman dapat menyebabkan tanaman mengalami klorosis dan menghambat pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Nitrogen yang terkandung pada tanaman juga mempengaruhi jumlah klorofil yang terkandung pada tanaman. *Ground based remote sensing* (GBRS) dan *low altitude remote sensing* (LARS) merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk memperkirakan kandungan klorofil pada tanaman tanpa merusaknya.

Pemanfaatan GBRS dan LARS memperoleh data sekunder yang harus diolah lagi menggunakan perhitungan matematis untuk memperoleh nilai indeks vegetasi. Nilai indeks vegetasi ini yang selanjutnya akan dihitung koefisien determinasinya dengan nilai klorofil tanaman yang diperoleh dengan alat *soil plant analysis development* (SPAD) *chlorophyll meter*. Indeks vegetasi yang digunakan adalah NDVI RGB, BRAVI, BRAVI – SR, dan VARI. Hasil dari penelitian yaitu nilai korelasi dan koefisien determinasi (R^2) antara indeks vegetasi NDVI RGB dan SPAD memiliki nilai tertinggi bernilai 0,9021 dan 0,8137. Indeks NDVI dan BRAVI - SR memiliki nilai RMSE terendah sebesar 2,45. Hasil analisa berdasarkan luasan rentang nilai estimasi SPAD juga menunjukkan bahwa indeks vegetasi NDVI RGB menjadi indeks memiliki nilai eror paling rendah. Dapat disimpulkan indeks vegetasi NDVI RGB dapat mengestimasi nilai klorofil pada tanaman tebu dengan baik dan dapat mengestimasi luasan lahan berdasarkan rentang nilai SPAD terbaik.

SUMMARY

Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) Chlorophyll Content Estimation using Ground Based Remote Sensing (GBRS) and Low Altitude Remote Sensing Method (LARS); Aditya Aulia Akbar Gunawan, 161710201013; 2020; 56 pages; Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, University of Jember.

Sugarcane is one of the plants that is commonly cultivated in Indonesia because the climate conditions is very suitable with the requirement of the plants growth and development. Therefore, the nutrients needed by plants must be known, so we can prevent excess or lack additional nutrition. Plant nutrition, especially nitrogen, is very important for plants. Lack of nitrogen in plants can cause the plants to experience chlorosis and inhibit plant growth and development. The nitrogen contained in plants also affects the amount of chlorophyll contained in plants. Ground based remote sensing (GBRS) and low altitude remote sensing (LARS) is one method that can be used to estimate chlorophyll content in plants without damaging the plant.

The use of GBRS and LARS will obtain secondary data which must be processed again using mathematical calculations to obtain vegetation indices values. The vegetation indices value then will used to calculate the coefficient of determination with the value of plant chlorophyll obtained with the soil plant analysis development (SPAD) chlorophyll meter tool. Vegetation indices used in this study is NDVI RGB, BRAVI, BRAVI - SR, and VARI. The results of this study is the correlation value and the coefficient of determination (R^2) between the NDVI RGB vegetation indices and SPAD has the highest value of 0.9021 and 0.8137. NDVI RGB and BRAVI – SR had the lowest RMSE value of 2.45. The results of the analysis based on the extent of the SPAD estimated value range also showed that NDVI RGB became the index having the lowest error value. It can be concluded that NDVI RGB are a valid indicator to measure current chlorophyll content on a sugarcane and can estimate the area of land based on the best SPAD value range with the lowest error.

PRAKATA

Puji syukur atas nikmat Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan hidayahnya. Skripsi berjudul “Estimasi Kandungan Klorofil pada Tanaman Tebu (*Saccharum Officinarum* L.) Menggunakan Metode *Ground Based Remote Sensing* (GBRS) dan *Low Altitude Remote Sensing* (LARS)” ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana (S1) pada Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Ibunda Anita Ernaningtyas, Ayahanda Aman Gunawan, Ibunda Nurul Komariyah yang selalu memberi nasihat, motivasi dan selalu mendo'akan;
2. Alm. Kakek Slamet Aman dan Alm. Nenek Jaliyah yang selalu menjadi terkasih dan tersayang;
3. Tante Dwi Rezeki Yuliati, Om Abdul Hamid, Om Tri Wahyu Amansyah, Tante Ummu Zainatuttuqo yang selalu mendukung selama berjalannya studi ini;
4. Adik – adik saya tersayang Lameka Dinda Camar Pasya, Lamdwi Retno Ari Larasati, Farel Rizqullah, Kenzie Tristan Gunawan, Najwa Aurelia Ramadhani yang selalu menjadi penyemangat;
5. Bapak Bayu Taruna W. P., S,TP., M.Eng., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Akademik (DPA) dan Dosen Pembimbing Utama yang tiada lelahnya membimbing dan memotivasi penulis;
6. Bapak Dr. Dedy Wirawan Soediby, S.TP., M.Si. dan Ibu Rufiani Nadzirah, S.TP., M.Sc. yang telah menguji saya pada sidang tugas akhir;
7. Hendra Cipta Wirayuda, kawan seperjuangan dalam penulisan skripsi ini dan keluarganya yang telah menerima penulis dengan penuh kasih sayang.

8. Mas Wahyu, Mas Makhrus, Veryn, Indira, Intan, Azki, Krishna, Wahyu, Catur, Maheqsa, Levana, Arga, Nabila, Falita, dan Rani yang telah banyak membantu dan memberikan semangat kepada penulis.
9. Teman – teman Teknik Pertanian 2016 dan khususnya TEP-B yang telah berjuang bersama memberikan suka, duka, canda, dan tawa selama masa studi.
10. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu, yang telah memberikan banyak bantuan berupa apapun pada penelitian dan masa studi ini.

Semoga Allah SWT memberikan perlindungan kepada mereka. Penulis juga menerima segala kritik dan saran yang membangun dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

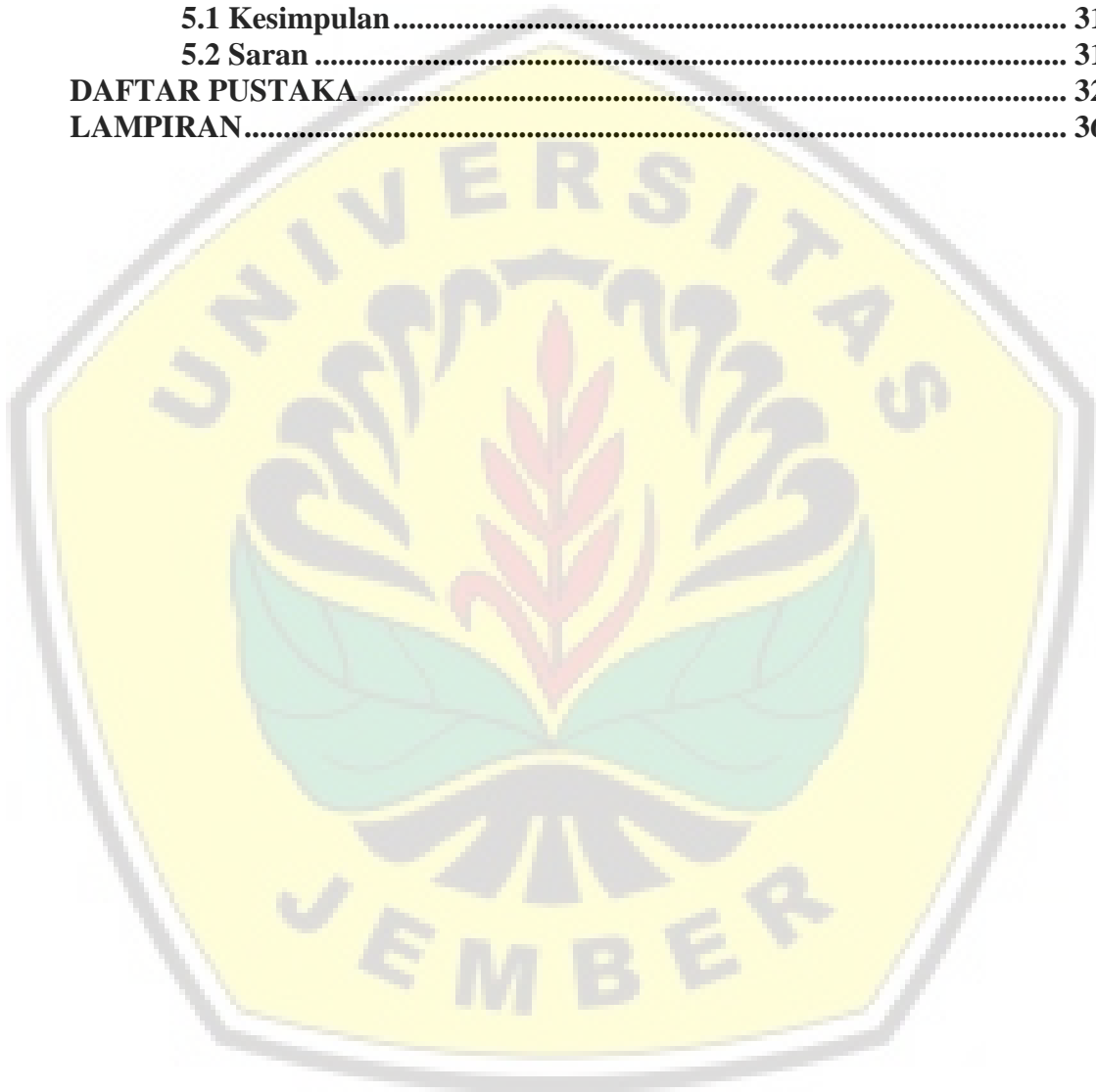
Jember, 10 Juni 2020

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
SKRIPSI	i
PERSEMBAHAN	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN	iv
SKRIPSI	v
PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	viii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Nutrisi Tanaman (Nitrogen)	3
2.2 Klorofil	4
2.3 Remote Sensing	5
2.3.1 Drone Elevation Data	6
2.3.2 Soil Plant Analysis Development (SPAD) Chlorophyll Meter .	6
2.3.3 AgriIno <i>Handheld Tool</i>	7
2.3.4 Indeks Vegetasi	7
2.4 Tebu	8
2.4.1 Syarat Tumbuh Tanaman Tebu	10
2.4.2 Budidaya Tebu.....	11
BAB 3. METODE PENELITIAN	15
3.1 Waktu dan Tempat	15
3.2 Alat dan Bahan	15
3.3 Tahap Penelitian	16
3.3.1 Studi Literatur	16
3.3.2 Persiapan Alat dan Perangkat Pendukung	17
3.3.3 Pengambilan Citra Drone Tanaman Tebu	17
3.3.4 Pengolahan Citra Drone Tanaman Tebu	17
3.3.5 Pengambilan Citra dan Nilai Klorofil Daun Tanaman Tebu...	18
3.3.6 Ekstraksi Nilai RGB AgriIno	19
3.3.7 Analisis Data	19
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	23

4.1 Hasil Pengambilan AgriIno dan SPAD.....	23
4.2 Estimasi Nilai <i>Soil Plant Analysis Development (SPAD) Chlorophyll Meter</i>	25
4.3 Analisa Estimasi Nilai SPAD Berdasarkan Luasan	26
4.4 Analisa Estimasi Nilai Tinggi Tanaman Berdasarkan Luasan ..	28
4.5 Analisa Performa Tumbuhan	29
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	31
5.1 Kesimpulan.....	31
5.2 Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	32
LAMPIRAN.....	36



DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Sifat - sifat tanaman tebu Bululawang	9
2.2 Syarat tumbuh tanaman tebu	10
2.3 Dosis pupuk tanaman tebu berdasarkan jenis tanah dan kategori tanaman	13
3.1 Indeks vegetasi yang digunakan	19
3.2 Deskripsi nilai uji korelasi	21
4.1 Rata – rata data SPAD dan indeks vegetasi	23
4.2 Hasil analisis statistik regresi linier data agriino dan SPAD.....	23
4.3 Karakteristik data dan root mean square error (RMSE).....	25
4.4 Interval pembagian berdasarkan rentang nilai	26
4.5 Perbandingan luasan lahan berdasarkan kelas warna.....	27
4.6 Perbandingan nilai eror setiap indeks vegetasi	27
4.7 Perbandingan luasan berdasarkan rentang nilai tinggi tanaman	29
4.8 Perbandingan luasan lahan berdasarkan rentang tinggi tanaman x SPAD	30

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
3.1 Lokasi pengambilan data	15
3.2 Diagram alir penelitian.....	16
3.3 Gambar visualisasi perhitungan DCM	18
3.4 Pengambilan citra daun untuk memperoleh nilai RGB.....	18
3.5 Pengambilan data kandungan klorofil dengan SPAD	18
3.6 Penentuan daun nomor tiga pada tanaman tebu.....	19
3.7 Gambar visualisasi interpolasi IDW	21
4.1 Grafik hubungan indeks vegetasi dengan SPAD	24
4.2 Peta luasan persebaran nilai SPAD aktual dan estimasi nilai SPAD.....	27
4.3 Peta persebaran nilai tinggi tanaman aktual dan estimasi tinggi tanaman.....	28
4.4 Peta persebaran luasan performa tumbuhan.....	30

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Dokumentasi penelitian.....	36
2. Data pengukuran dengan metode <i>Ground Based Remote Sensing</i>	36
3. Data kalibrasi dan pembuatan model	43
4. Hasil pengolahan data kalibrasi dan pembuatan model	47
5. Data uji validasi.....	51
6. Hasil pengolahan data validasi.....	53
7. Hasil estimasi SPAD	56
8. Hasil pengambilan data <i>Low Altitude Remote Sensing</i>	58
9. Hasil pengolahan data drone	58
10. Data pengukuran tinggi tanaman dan performa tanaman	59
11. Perhitungan jumlah sampel.....	60

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tebu merupakan komoditas tanaman yang banyak dibudidayakan di Indonesia karena mempunyai iklim yang mendukung untuk tumbuh kembangnya (Huntrods dan Koundinya, 2018). Hal ini ditunjukkan dengan ada lebih dari 10 Perusahaan Perkebunan Nasional (PTPN) yang melakukan budidayanya dan lebih dari 30 pabrik gula yang memproduksi gula di Indonesia. Salah satu pabrik gula berada di Kecamatan Glenmore Kabupaten Banyuwangi yang dinaungi oleh PTPN XII yang biasa disebut industri gula glenmore (IGG). IGG mulai beroperasi pada tahun 2016. IGG sendiri dapat menerima tebu dari beberapa kota seperti Situbondo dan Jember. IGG memiliki kapasitas 6000 ton tebu per haru (TTH) dan dapat ditingkatkan hingga 8000 (PT.IGG, tanpa tahun). Banyuwangi pada tahun 2016 memiliki lahan tebu seluas 6039 Ha dan menurun menjadi 5957 Ha pada tahun 2017 (BPS, 2018a). Kebutuhan konsumsi gula meningkat setiap tahunnya seiring dengan pertumbuhan penduduk (BPS, 2018b) dan kecenderungan jumlah lahan tebu yang menurun (BPS, 2018c) membuat terobosan baru harus dilakukan demi meningkatkan produksi tebu. mengharuskan kualitas teknik budidaya tanaman tebu yang efisien untuk memperoleh hasil yang maksimal dengan lahan yang ada.

Budidaya pertanian yang dilakukan di Indonesia selama ini masih bergantung pada pedoman – pedoman budidaya tradisional yang tidak memperhatikan keadaan aktual dari tanaman. Terkadang hal ini dapat menyebabkan penambahan nutrisi tanaman khususnya nitrogen dengan konsentrasi yang berlebih ataupun kurang. Menurut Ismail *et al.*, (2011), penambahan pupuk yang berlebihan terutama pupuk-N menyebabkan dampak lingkungan yang buruk, menurunkan produktivitas tanaman, mempengaruhi kesehatan tanaman (Liu *et al.*, 2014) dan menyebabkan kualitas hasil tanaman yang rendah (Takebe dan Yoneyama, 1989). Penambahan nitrogen yang berlebihan akan menghasilkan nitrat yang berakumulasi pada bagian – bagian tanaman, bahkan bagian – bagian tanaman yang dapat dimakan (Liu *et al.*, 2014). Hal ini akan menjadi racun bagi makhluk hidup yang mengkonsumsi bagian tanaman tersebut. Penambahan pupuk-N yang kurang dari kebutuhan tanaman akan

menyebabkan tanaman mengalami penguningan pada daun, mengering, lalu daun akan rontok (Redaksi AgroMedia, 2010). Maka dari itu penambahan pupuk secara tradisional perlu digantikan dengan teknik pemupukan pemupukan berdasar keadaan aktual tanaman yang efisien untuk memperoleh hasil yang maksimal dengan lahan yang ada.

Salah satu upaya untuk memaksimalkan pemupukan N yang efisien dapat memanfaatkan penampakan visual tanaman. Penampakan visual dan fisik tanaman merupakan variabel yang paling mudah untuk diamati dalam menentukan kesehatan tanaman khususnya keperluan nitrogen tanaman. Menurut Putra *et al.*, (2019), informasi dari penampakan visual tanaman dapat digunakan sebagai bahan untuk memantau budidaya tanaman. Tanaman yang mengandung cukup nitrogen, akan berwarna kehijauan. Hal ini dikarenakan nitrogen berperan dalam pembentukan klorofil. Pembentukan klorofil yang cukup akan menjadikan daun berwarna hijau karena klorofil merupakan pigmen utama pada daun (Setyanti *et al.*, 2013) dan klorofil menyerap spektrum warna biru dan merah dan akan memantulkan spektrum warna hijau (Aggarwal, tanpa tahun). Daun tanaman yang kekurangan nitrogen akan berwarna kuning (Redaksi AgroMedia, 2010), sedangkan jika tanaman mengandung nitrogen yang berlebih, daun tanaman tersebut akan berwarna hijau kelam (Setyanti *et al.*, 2013).

Informasi visual daun tanaman dalam keadaan kandungan nitrogen tertentu, hubungan antara nitrogen dan klorofil, dan serapan gelombang yang diserap klorofil ini selanjutnya dimanfaatkan untuk mengestimasi keadaan aktual (klorofil) pada daun tanaman. Informasi visual daun akan diekstraksi menjadi nilai RGB dan diolah menggunakan operasi matematika menjadi beberapa indeks vegetasi yang selanjutnya akan diuji statistik dengan nilai yang didapatkan dari *soil plant analysis development (SPAD) chlorophyll meter* yang digunakan mengestimasi kandungan klorofil pada tanaman dengan mengukur serapan cahaya pada daun.

Performa tanaman secara umum dapat didefinisikan sebagai kemampuan tumbuhan untuk tumbuh dan menghasilkan hasil panen yang maksimal. Menurut Cañasveras *et al.* (2014), perkalian antara nilai SPAD dan tinggi tanaman dapat digunakan sebagai indikator performa dari tumbuhan tersebut. Perkalian tinggi

tanaman dengan SPAD yang di kolaborasikan dengan sistem informasi geografis dapat dijadikan informasi tambahan untuk menganalisis area lahan yang produktivitasnya lebih baik daripada area lahan yang lain. Pemanfaatan indikator performa tanaman yang di utarakan Cañasveras et al. (2014) membutuhkan waktu yang cukup banyak untuk budidaya perkebunan. Salah satu upaya untuk mempercepat pengukuran tinggi tanaman yaitu menggunakan drone. Informasi fisik tanaman (tinggi tanaman) yang diperoleh dari pengukuran secara drone akan dibandingkan dengan pengukuran tinggi tanaman secara *insitu* yang selanjutnya akan digunakan untuk mengestimasi performa tanaman dan dianalisis keakuratannya.

Pemanfaatan penampakan visual dan fisik tanaman yang dibandingkan dengan SPAD dan indeks vegetasi telah dilakukan diberbagai komoditas tanaman lain dan menunjukkan hasil yang baik. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan indeks vegetasi yang akurat untuk mengestimasi keadaan aktual kebutuhan nitrogen dan menguji keakuratan LARS untuk mengestimasi performa tanaman dari tanaman tebu yang mudah, murah agar lingkungan tetap terjaga dan pemupukan nitrogen yang efisien.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang tersebut maka rumusan masalah didalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana keakuratan penggunaan *ground-based remote sensing* untuk mengestimasi kandungan klorofil pada tanaman tebu?
2. Bagaimana keakuratan penggunaan *low-altitude remote sensing* untuk mengestimasi performa tanaman tebu?
3. Indeks vegetasi apakah yang paling efektif untuk mengestimasi kandungan klorofil pada tanaman tebu?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini yaitu menguji keakuratan *ground-based remote sensing*, *low-altitude remote sensing*, perhitungan indeks vegetasi berbasis

warna tampak, dan perhitungan performa tanaman dengan tinggi tanaman dalam mengestimasi kandungan klorofil tanaman tebu. Sebagai pembandingan dilakukan pengukuran klorofil tanaman tebu dengan menggunakan *soil plant analysis development (SPAD) chlorophyll meter* yang selanjutnya dicari hubungan terkuat untuk menentukan indeks vegetasi yang paling sesuai untuk mengestimasi kandungan klorofil pada tanaman tebu.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini secara terinci adalah sebagai berikut:

1. Menguji keakuratan penggunaan *ground based remote sensing* untuk menganalisis kandungan klorofil pada tanaman tebu.
2. Menguji keakuratan penggunaan *low-altitude remote sensing* untuk mengestimasi performa tanaman tebu?
3. Mencari indeks vegetasi yang paling sesuai untuk mengestimasi kandungan klorofil pada tanaman tebu.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan bisa memberi manfaat sebagai berikut :

1. Bagi IPTEK, memberikan informasi keakuratan *ground-based remote sensing* dan indeks vegetasi yang paling sesuai untuk menganalisis kebutuhan klorofil pada tanaman tebu.
2. Bagi pemerintah, memberikan rekomendasi sebagai salah satu cara untuk mengurangi penggunaan pupuk dan nutrisi tanaman tambahan berlebih bagi tanaman.
3. Bagi masyarakat, dapat dijadikan sebagai informasi dan referensi tentang perkembangan teknologi dan pemanfaatannya di bidang pertanian.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Nutrisi Tanaman (Nitrogen)

Tanaman, seperti halnya makhluk hidup lain, membutuhkan nutrisi yang cukup agar dapat tumbuh dan berkembang dengan baik. Tanaman membutuhkan setidaknya 16 unsur hara/nutrisi untuk pertumbuhan yang berasal dari udara, air dan pupuk. Unsur hara tersebut terbagi menjadi dua, yaitu sembilan unsur hara makro dan tujuh unsur hara mikro. Unsur hara makro terbagi menjadi (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), sulfur (S), kalsium (Ca), dan magnesium (Mg). Sedangkan unsur hari mikro terbagi menjadi besi (Fe), boron (B), mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), molibdenum (Mo) dan khlorin (Cl). Unsur unsur C, H dan O biasanya disuplai dari udara dan air dalam jumlah yang cukup. Unsur hara lainnya didapatkan melalui pemupukan atau larutan nutrisi (Utomo *et al.*, 2016: 211).

Unsur-unsur nutrisi penting dapat digolongkan ke dalam tiga kelompok berdasarkan kecepatan hilangnya dari larutan. Kelompok pertama adalah unsur – unsur yang secara aktif diserap oleh akar dan hilang dari larutan dalam beberapa jam yaitu N, P, K dan Mn. Kelompok kedua adalah unsur-unsur yang mempunyai tingkat serapannya sedang dan biasanya hilang dari larutan agak lebih cepat daripada air yang hilang (Mg, S, Fe, Zn, Cu, Mo, Cl). Kelompok ketiga adalah unsur-unsur yang secara pasif diserap dari larutan dan sering bertumpuk dalam larutan (Ca dan B), P, K, dan Mn (Utomo *et al.*, 2016: 211). Pada umumnya, tanggapan tanaman terhadap suatu unsur hara dapat berbeda – beda. Hal ini disebabkan oleh ketersediaan unsur hara lainnya. Unsur hara dapat saling terkait dan berinteraksi satu sama lain, baik dalam sifat interaksi positif (baik bagi tanaman) maupun negatif (buruk bagi tanaman) (Fahmi *et al.*, 2010).

Nitrogen (N) merupakan unsur hara esensial dan dibutuhkan dalam jumlah banyak dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Nitrogen yang ditemukan dalam bentuk anorganik maupun organik, yang berkombinasi dengan C, H, O, dan terkadang dengan S membentuk asam amino, enzim, asam nukleat, klorofil, dan

alkaloid. Nitrogen dalam tanaman juga dapat ditemui dalam bentuk nitrat, akan tetapi bentuk N organik tetap dominan dalam tanaman (Utomo *et al.*, 2016: 211).

Nitrogen memiliki peran utama dalam fase vegetatif melalui penyediaan asimilat untuk diproses menjadi struktur organ, maupun dukungannya pada proses-proses metabolisme tanaman (Mastur *et al.*, 2016). Pada fase ini, nitrogen berperan dalam pembentukan klorofil, asam amino, lemak, enzim, dan persenyawaan lain. Tanaman yang mengandung cukup N akan menunjukkan warna daun hijau tua yang artinya kadar klorofil dalam daun tinggi. Jika tanaman kekurangan nitrogen, pertumbuhan tanaman lambat. Mula – mula daun menguning (klorosis), kematian sel (nekrosis) mengering, lalu rontok. Proses klorosis daun tanaman dimulai dari daun – daun yang tua (jaringan tua) dan akan terus ke daun – daun muda (jaringan muda) jika defisiensi N terus berlanjut (Redaksi AgroMedia, 2010: 6).

2.2 Klorofil

Klorofil merupakan pigmen utama pada daun. Klorofil bertanggung jawab terhadap fotosintesis yang menggunakan sinar matahari untuk memproduksi oksigen dan makanan bagi tanaman (Bojović dan Marković, 2009). Spektrum sinar matahari yang sangat banyak akan diserap dan juga akan di pantulkan oleh klorofil. Sinar yang efektif dalam proses fotosintesis adalah merah, ungu, biru, jingga, dan inframerah (Ferdinand dan Ariebowo, 2007).

Klorofil juga diketahui dipengaruhi oleh banyaknya nitrogen yang terkandung pada tanaman. Hal ini diketahui karena nitrogen merupakan elemen yang terkandung klorofil, molekul protein, mempengaruhi kloroplas, dan mempengaruhi jumlah klorofil yang terkandung. Pembentukan klorofil yang cukup akan menjadikan daun berwarna hijau karena klorofil merupakan pigmen utama pada daun (Setyanti *et al.*, 2013). Hal ini karena klorofil menyerap spektrum warna biru dan merah dan akan memantulkan spektrum warna hijau (Aggarwal, tanpa tahun). Daun yang mengandung banyak nitrogen berwarna hijau gelap, sedangkan kandungan nitrogen yang lebih sedikit membuat warna daun menjadi hijau muda (Bojović dan Marković, 2009).

2.3 Remote Sensing

Remote sensing atau penginderaan jarak jauh merupakan ilmu dan seni pengukuran untuk mendapatkan informasi pada suatu obyek atau fenomena, dari suatu kejauhan, dimana pengukuran dilakukan tanpa melakukan kontak langsung secara fisik dengan obyek atau fenomena yang diukur atau diamati (Jaya, 2010).

Kegiatan penginderaan jauh tidak cukup hanya melakukan dengan pengumpulan data secara mentah namun diperlukan pula pengolahan data secara otomatis (komputerisasi) dan manual (interpretasi), analisis citra dan penyajian data yang diperoleh. Kegiatan penginderaan dibatasi pada penggunaan energi elektromagnetik (Jaya, 2010). Kelebihan utama dari *remote sensing* pada pertanian yaitu lebih cepat, murah, akurat, dan tidak merusak tanaman (Patane dan Vibhute, 2014).

Penginderaan jarak jauh dapat dilakukan dengan metode *ground based remote sensing* yang merupakan metode pengambilan data melalui kegiatan survey lapangan. Alat GBRS biasanya diletakkan di permukaan bumi, melekat pada kendaraan bergerak ataupun dalam bentuk alat yang dapat dibawa kemana – mana (Clarke, tanpa tahun). Menurut (Casagli *et al.*, 2018) penerapan GBRS dapat dikelompokkan menjadi tiga yaitu;

1. identifikasi, pemetaan, klasifikasi, dan analisis,
2. pemantauan (secara berlanjut atau berkala),
3. penilaian resiko, peramalan atau perkiraan, dan peringatan dini.

Selain itu juga terdapat LARS (*low-altitude remote sensing*). LARS merupakan salah satu metode untuk memperoleh gambar permukaan bumi dengan ketinggian rendah. Umumnya metode ini dilakukan dibawah ketinggian awan hingga sangat dekat dengan objek yang diamati jika dibandingkan dengan satelit yang diluncurkan oleh beberapa negara. LARS mampu menghasilkan kualitas gambar muka bumi setara dengan kualitas gambar tingkat tinggi dengan biaya yang lebih murah dan mudah (Swain, 2007).

LARS banyak diterapkan pada pertanian presisi dengan beberapa jenis alat seperti layang – layang, balon, *unmanned aerial vehicle* (UAV) yang ditambahkan alat untuk memperoleh gambar dan sensor GPS untuk menentukan lokasinya.

Seiring perkembangan, metode LARS banyak menggunakan UAV dalam pengaplikasiannya. Hal ini disebabkan penggunaannya yang mudah dan waktu yang diperlukan untuk memperoleh data relatif cepat dengan kualitas gambar tinggi (Xiang dan Tian, 2011).

2.3.1 Drone Elevation Data

Data elevasi pada drone memungkinkan kita untuk melihat elevasi objek pada peta kita. Data elevasi pada peta kita diambil dari informasi geospasial yang ada pada gambar yang diperoleh dari drone (DroneDeploy, 2019). Pengolahan data elevasi pada gambar untuk memperoleh *digital surface model* (DSM) dan *digital terrain model* (DTM) dapat menggunakan tiga metode yang biasa digunakan yaitu;

1. *regular grid structures*;
2. *triangulated irregular networks* (TINs);
3. *contour structures* (Zhou, 2017).

Setelah memperoleh data DSM dan DTM, data *digital crops model* (DCM) atau tinggi objek yang ada pada peta dapat diperoleh. DCM diperoleh dengan mensubtraksi DSM dengan DTM (Roberts, 2014:213).

2.3.2 Soil Plant Analysis Development (SPAD) Chlorophyll Meter

Soil plant analysis development (SPAD) *chlorophyll meter* merupakan alat portabel yang dikembangkan oleh perusahaan Konica Minolta asal Jepang untuk mengestimasi kandungan klorofil pada daun dengan cepat, mudah, tidak memerlukan bahan kimia, dan tanpa merusak tanaman. Alat ini dapat mengestimasi kandungan klorofil pada daun dengan cara mengukur serapan cahaya pada daun pada dua rentang panjang gelombang (400 – 500 nm dan 600 – 700 nm) (Konica Minolta, 2009).

Hasil pembacaan SPAD dapat langsung diperoleh saat pengukuran dilakukan pada layar tampilan hasil pengukuran. Hasil pembacaan SPAD sendiri memiliki satuan tersendiri yaitu satuan SPAD. Semakin tinggi nilai SPAD, mengindikasikan tanaman yang lebih sehat (Konica Minolta, 2009). SPAD sendiri memiliki korelasi positif dengan kandungan nitrogen pada daun dan pembacaan pada dua titik atau

lebih pada daun lebih disarankan (Lin *et al.*, 2010). Pembacaan SPAD juga dipengaruhi varietas dan perbedaan tahap pertumbuhan. Hal ini umumnya disebabkan karena perbedaan ketebalan daun (Netto *et al.*, 2005).

2.3.3 AgriIno Handheld Tool

AgriIno *Handheld Tool* merupakan alat yang dilengkapi dengan sensor kamera RGB berbasis android dan sumber cahaya dengan sudut dan jarak yang tidak berubah terhadap objek yang memungkinkan memperoleh nilai RGB pada daun tanpa merusak tanaman tersebut (PT. Precision Agriculture Indonesia, 2018). Fitur yang dimiliki AgriIno sesuai dengan apa yang dikatakan oleh Patane dan Vibhute (2014) tentang pencahayaan.

Hasil pengambilan data agriino akan berupa koordinat lokasi dan nilai RGB. Data ini dapat dilihat secara langsung pada ponsel android yang digunakan atau dapat diakses pada website <https://apps.agrimart.id>.

2.3.4 Indeks Vegetasi

Indeks vegetasi merupakan nilai yang terbentuk dari kombinasi beberapa nilai panjang gelombang spektral pantul daun yang diolah menggunakan kombinasi operasi matematika yang dirancang untuk menghasilkan nilai tunggal yang menunjukkan tingkat kehijauan atau kekuatan vegetasi dalam *pixel*. Menurut Putra *et al.*, (2019), indeks vegetasi tanaman dapat dihitung menggunakan nilai RGB yang dapat diperoleh *consumer grade camera*. Tabel 2.1 merupakan perhitungan normalisasi dan rumus indeks vegetasi yang digunakan pada penelitian ini.

Tabel 2.1 Indeks vegetasi yang digunakan

Nama	Persamaan	Sumber
Normalisasi R (r)	$\frac{R}{R + G + B}$	(Kusumanto dan Tompunu, 2011)
Normalisasi G (g)	$\frac{G}{R + G + B}$	(Kusumanto dan Tompunu, 2011)
Normalisasi B (b)	$\frac{B}{R + G + B}$	(Kusumanto dan Tompunu, 2011)
<i>Normalized Difference Vegetation Indeks</i> RGB (NDVI RGB)	$\frac{((g + b) - r)}{((g + b) + r)}$	(Putra dan Soni, 2018)
<i>Blue-Red Adjusted Vegetation Index</i> (BRAVI)	$\frac{N(g - r)}{(g + r + N)}$	(Putra dan Soni, 2018)

BRAVI- <i>Simple Ratio</i> (BRAVI – SR)	$\frac{N \times g}{r + N}$	(Putra dan Soni, 2018)
<i>Visible Atmospherically Resistant Index</i> (VARI)	$\frac{g - r}{g + r - b}$	(Gitelson <i>et al.</i> , 2002)

Normalisasi dilakukan dalam upaya untuk mengurangi tingkat kesalahan. Hal ini dapat disebabkan tidak stabilnya sumber cahaya yang diberikan (Patane dan Vibhute, 2014) maupun tingkat ketebalan daun yang berbeda beda (Netto *et al.*, 2005)

2.4 Tebu

Tebu *Saccharum officinarum* L., termasuk dalam famili Gramineae dengan ciri batang bertunas yang mengeluarkan anakan tunas dari pangkal batang membentuk rumpun yang terdiri dari 3 – 7 batang. Selama pertumbuhannya, tebu mengalami 4 fase pertumbuhan yaitu perkecambahan, pertunasan, pertumbuhan batang, dan kemasakan (Marjayanti, 2012).

Klasifikasi tanaman tebu antara lain :

Divisi	: Spermatophyta
Subdivisi	: Angiospermae
Kelas	: Monocotyledone
Ordo	: Graminales
Famili	: Graminae
Genus	: Saccharum
Species	: <i>Saccharum officinarum</i> L.

Tanaman tebu terbagi menjadi tiga jenis berdasarkan lama waktu kemasakannya, masak awal (8 – 10 bulan), masak tengahan (10 – 12 bulan), dan masak lambat (lebih dari 12 bulan). Tanaman tebu memiliki batang lurus dan beruas – ruas yang tidak bercabang. Ruas – ruas ini dibatasi oleh buku – buku yang disetiap bukannya terdapat mata tunas. Diameter batang tanaman tebu berkisar antara 3 hingga 5 cm dengan tinggi tanaman yang tidak bercabang antara 2 hingga 5 meter. Akar tanaman tebu tumbuh dari cincin tunas anakan dan tergolong menjadi akar serabut yang tidak panjang. Daun tanaman tebu berbentuk menyerupai busur panah yang berpelepeh seperti tanaman jagung dan tidak memiliki tangkai. Tulang

daun tanaman tebu sejajar dan beberapa varietas memiliki bulu di ujung daun. Tanaman tebu memiliki bunga berupa malai dengan panjang 50 hingga 80 cm (Indrawanto *et al.*, 2010).

Tabel 2.1 adalah sifat – sifat tanaman tebu bululawang berdasarkan keputusan menteri pertanian tahun 1989.

Tabel 2.2 Sifat - sifat tanaman tebu Bululawang

Sifat – sifat Morfologis	
1. Bentuk Batang	
- Bentuk batang	Silindris dengan penampang bulat
- Warna batang	Coklat kemerahan
- Lapisan lilin	Sedang – kuat
- Retakan batang	Tidak ada
- Cincin tumbuh	Melingkar datar diatas pucuk mata
- Teras dan lubang	Masif
2. Daun	
- Warna daun	Hijau – kekuningan
- Ukuran daun	Panjang melebar
- Lengkung daun	Kurang dari setengah dan cenderung tegak
- Telinga daun	Pertumbuhan lemah sampai sedang, posisi serong
- Bulu punggung	Ada, lebat, condong membentuk jalur lebar
Tabel 2.1 (lanjutan)	
3. Mata	
- Letak mata	Pada bekas pangkal pelepah daun
- Bentuk mata	Segitiga dengan bagian terlebar dibawah tengah – tengah mata
- Sayap mata	Tepi sayap mata rata
- Rambut basal	Ada
- Rambut jambul	Ada
Sifat – sifat Agronomis	
1. Pertumbuhan	
- Perkecambahan	Lambat
- Diameter batang	Sedang sampai besar
- Pembungaan	Berbunga sedikit sampai banyak
- Kemasakan	Tengah sampai lambat
- Kadar sabut	13 – 14%
- Koefisien daya tahan	Tengah - panjang
2. Potensi Produksi	
- Hasil tebu (ton/ha)	94,3
- Rendemen (%)	7,51
- Hablur Gula (ton/ha)	6,9
3. Ketahanan Hama dan Penyakit	
- Penggerek batang	Peka
- Penggerek pucuk	Peka
- Blendok	Peka
- Pkabung	Moderat
- Luka api	Tahan

- Mosaik	Tahan
4. Kesesuaian lokasi	Tipe lahan geluh berpasir, cukup pengairan, dan drainase baik

Sumber : (Keputusan Menteri Pertanian, 1989)

2.4.1 Syarat Tumbuh Tanaman Tebu

Menurut Marjayanti, (2012), tanaman tebu memiliki syarat untuk tumbuh.

Syarat tumbuh tanaman tebu disajikan pada Tabel 2.2 :

Tabel 2.3 Syarat tumbuh tanaman tebu

No	Syarat Tumbuh Tanaman Tebu
1.	+ Antara 35° garis LS dan 39° garis LU, - 0 m dpl hingga ketinggian 1400 m dpl(>1200 m dpl pertumbuhan lambat)
2.	+ Curah hujan bulanan ideal adalah 200 mm/buian pada 5-6 bulan berturut-turut. 125 mm/buian 2 bulan transisi dan kurang 75 mm/bulan pada 4-5 bulan berturut-turut. + Zona iklim Oldeman yang terbaik adalah C2 dan C3 menghendaki musim kering dan musim penghujan yang tegas. + Untuk lahan kering adalah zona iklim B2, C2, C3, D2, dan E3. + Lahan tanah cukup ringan dan berdrainase baik dapat dibudidayakan pada zona iklim Oldeman B1, C1, D1 dan E1,
3.	+ Intensitas penyinaran yang dibutuhkan tanaman tebu tergolong tinggi karena akan berpengaruh dalam pertumbuhan dan hasil panen tebu. - Pada intensitas penyinaran matahari rendah dapat mengakibatkan berkurangnya jumlah tunas (saat vegetatif) atau rendahnya pembentuk gula pada fase kemasakan
4.	+ Angin yang optimal adalah berkecepatan kurang dari 10 km/jam. - Angin dengan kecepatan lebih dan 10 km/jam dan hujan lebat akan menyebabkan tebu roboh. - Angin kering dengan suhu tinggi, merugikan tanaman karena evapotranspirasi besar.
5.	+ Suhu udara yang sesuai berkisar antara 24.30°C + Perbedaan suhu musiman tidak lebih dari 6°C P + Perbedaan suhu antara siang dan malam tidak lebih dan 10°C - Pada suhu udara 32C aktivitas respirasi meningkat sehingga dapat mengurangi penimbunan hasil fotosintesis (gula),
6.	+ Kemiringan lereng yang optimal lebih kecil dari 2% dengan bentuk lahan yang relatif datar sampai berombak lemah. - Pada daerah dengan kemiringan 2-3% dapat diusahakan sebagai pertanaman tebu dengan menerapkan kaidah-kaidah konservasi
7.	+ Kedalaman efektif yang baik setidaknya 50 cm. + Semakin dalam semakin baik, karena perakaran tebu dapat mencapai kedalaman 300 cm
8.	+ Drainase tanah yang sesuai untuk tanaman tebu yang termasuk dalam berturut-turut baik, sedang, agak cepat agak terhambat - Lahan dengan drainase cepat dan terhambat masih memungkinkan, tetapi perlu tindakan pengelolaan yang memadai dalam hal pemberian irigasi dan pengaturan.
9.	+ Tekstur tanah yang sesuai yaitu sedang sampai berat (tekstur tanah adalah lempung, lempung berpasir, lempung berdebu, liat berpasir, liat berlempung, liat berdebu dan liat atau yang tergolong bertekstur agak kasar sampai halus).
10.	+ Reaksi tanah (pH) yang terbaik terdapat pada kisaran 6,0-7,0 - Tebu masih dapat tumbuh pada kisaran pH 4.5 sampai 7,5 Pada pH kurang dari 5.0 tebu keracunan Fe, Al dan fiksasi P, perlu diberi kapur

-
- Pada pH lebih dan 7.5 tebu menalami kekurangan P (mengendap sebagai Ca fosfat) dan kekurangan Fe
-
11. + Kesuburan tanah (Status hara), dan hasil penelitian Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI untuk menentukan lahan yang sesuai bagi tanaman tebu, dengan kriteria N total >1,5, P₂O₅ tersedia > 75 ppm, K₂O tersedia >150 ppm, dan kejenuhan Al < 30%.
-
- + Syarat tumbuh yang mendukung
 - Syarat tumbuh yang kurang mendukung namun masih bisa dilakukan
- Sumber : Marjayanti, 2012.

2.4.2 Budidaya Tebu

Budidaya tanaman tebu di Indonesia sudah beragam sesuai dengan kondisi lingkungannya. Teknik budidaya merupakan tindakan dalam upaya untuk menciptakan kondisi lingkungan tumbuh yang optimal pada setiap fase pertumbuhan tanaman tebu sesuai dengan sumber daya alam, bahan, alat, dan tenaga yang tersedia sehingga memperoleh hasil gula yang maksimal (Marjayanti, 2012).

a. Pengolahan Lahan

Pengolahan lahan terdiri dari beberapa kegiatan seperti pembajakan, penggaruan, pembuatan kairan, dan pembuatan jurangan. Pembajakan pada budidaya tebu dilakukan sebanyak dua kali. Tujuan dari pembajakan adalah membongkar, membalik dan membenamkan seresah dan biji – biji gulma kedalam tanah. Selain itu pembajakan bertujuan untuk membalik tanah gembur yang berada di kedalaman hingga 30 cm dari permukaan tanah (Marjayanti, 2012).

Pembajakan pertama dilakukan untuk membalik dan memotong sisa – sisa kayu dan vegetasi lain yang masih tertinggal. Arah pembajakan pertama tegak lurus dengan arah jurangan tanaman. Pembajakan kedua dilakukan tiga minggu setelah pembajakan pertama. Proses ini bertujuan untuk memecah bongkahan tanah dan meremahkan tanah hasil bajakan pertama. Arah pembajakan kedua tegak lurus terhadap arah pembajakan pertama. Pembajakan pertama dan kedua dapat dilakukan bersamaan jika keadaan tanah kering atau tidak terjadi hujan.

Penggaruan bertujuan untuk menghancurkan dan mencacah bongkahan tanah besar hasil pembajakan agar lebih halus. Hal ini dilakukan menyilang dengan

arah bajakan. Hal ini juga untuk menghomogenkan tanah agar berkemiringan yang teratur (Marjayanti, 2012).

Pembuatan alur tanaman ini dapat disesuaikan dengan alat pemeliharaan tanaman dan pemanenan. Jika pemeliharaan dan pemanenan dilakukan dengan manual dapat menggunakan jarak 100 – 120 cm, sedangkan jika pemeliharaan dan pemanenan dilakukan dengan alat mekanis dapat menggunakan jarak 135 – 150 cm atau dapat disesuaikan dengan spesifikasi alat yang digunakan (Marjayanti, 2012).

Pada budidaya lahan kering, dibutuhkan saluran – saluran untuk mengalirkan air berlebih. Terdapat dua macam saluran pembuangan yaitu parit alami dan parit yang digali secara sengaja yang digunakan untuk mengalirkan air berlebih dari hujan yang turun (Marjayanti, 2012).

b. Penanaman dan Pemupukan Satu

Kebutuhan bibit tebu per ha berkisar antara 60 hingga 80 kwintal atau sekitar 10 mata tumbuh per meter (BPTP Lampung, 2016). Penanaman pola satu (akhir musim hujan), dilakukan segera setelah pembuatan alur tanaman yang bertujuan untuk memanfaatkan kelembapan tanah yang baru diolah. Pada penanaman pola satu diperlukan pengairan mulai awal tanam sampai fase pemanjangan batang dengan memperhatikan kondisi lahan. Pada penanaman pola dua diupayakan tidak tergenang air pada semua fase pertumbuhan sampai panen (Marjayanti, 2012). Pola dua (awal musim kemarau) dilakukan setelah turun hujan sebanyak 2 kali.

Bibit ditanam merata pada kairan. Penanaman dilakukan dengan menyusun bibit secara *over lapping*, *double row*, atau *end to end* dengan posisi mata di samping. Hal ini ditujukan apabila salah satu tunas mati, akan digantikan tunas yang ada di sebelahnya. Bibit yang telah ditanam kemudian ditutup tanah setebal bibit itu sendiri. Pada musim hujan dengan curah tinggi, bibit ditutup hingga bibit sedikit terlihat (BPTP Lampung, 2016).

Pada tanaman *ratoon* atau tebu keprasan, penggarapan berbeda dengan tebu pertama. Pengeprasan tebu ditujukan agar menumbuhkan kembali tanaman yang telah ditebang. Kebun yang akan di kepras dibersihkan terlebih dahulu dari kotoran – kotoran sisa tebang. Pengeprasan dilakukan secara berkelompok dan berpetak

agar tebu tumbuh secara merata. Seminggu setelah dikepras, tanaman diairi dan dibersihkan rumput – rumput liar yang ada disekitar tanaman. Proses ini bertujuan untuk memperbaharui perakaran tua dengan perakaran muda sehingga pertumbuhan tunas dan anakan. Seliain itu pori tanah menjadi terbuka dan pupuk mudah diserap (BPTP Lampung, 2016). Tanah diberi pupuk dasar (pemupukan satu) paling lambat 7 hari setelah tanam lalu ditutupi dengan tanah ringan. Jumlah pupuk yang diberikan pada tahap ini adalah 100% P dan 1/3 hingga 1/2 N (Marjayanti, 2012). Jumlah pupuk yang diberikan pada saat budidaya bergantung pada jenis tanah, kandungan hara tanah, kategori tanaman, dan klasifikasi lainnya. Tabel 2.3 merupakan dosis pupuk tanaman tebu berdasarkan jenis tanah dan kategori tanamannya.

Tabel 2.4 Dosis pupuk tanaman tebu berdasarkan jenis tanah dan kategori tanaman

Jenis Pemupukan	Kwintal per ha		
	Urea	SP - 36	KCl
Tanaman baru			
- Aluvial	5 – 7	0 – 2	0 – 1
- Regusol / Litosol / Kambisol	5 – 8	1 – 2	1 – 2
- Latusol	6 – 8	1 – 3	1 – 2
- Grumosol	7 – 9	2 – 3	1 – 3
- Mediteran	7 – 9	1 – 3	1 – 2
- Podzolik merah kuning	5 – 7	4 – 6	2 – 4
Tanaman Keprasan			
- Aluvial	6 – 7	0 – 1	0 – 1
- Regusol / Litosol / Kambisol	7 – 8	0 – 1	1 – 2
- Latusol	7 – 8	0 – 2	1 – 3
- Grumosol	8 – 9	1 – 2	1 – 3
- Mediteran	8 – 9	2 – 3	1 – 2
- Podzolik merah kuning	6 – 7	2 – 3	2 – 4

Sumber : (Indrawanto *et al.*, 2010)

c. Turun Tanah dan Pemupukan Dua

Turun tanah satu dilakukan pada saat tanaman berumur 30 hingga 35 hari, turun tanah dua dilakukan pada saat tanaman berumur 60 hari bersamaan dengan pemberian pupuk kedua. Pada pemupukan kedua ini, jumlah pupuk yang diberikan yaitu 1/2 hingga 2/3 sisa pupuk N dan 100% pupuk K (Marjayanti, 2012). Turun tanah tiga dilakukan pada saat tanaman berumur 75 hingga 90 hari bergantung pada jenis tebu yang di budidayakan. Menurut Penyuluhan Pertanian Perikanan dan

Kehutanan Kecamatan Metroyudan (2013), turun tanah atau bumbun memiliki beberapa tujuan, antara lain ;

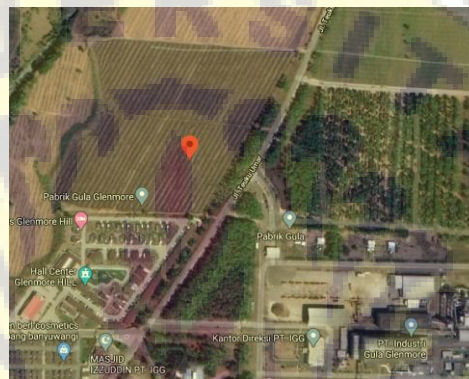
- d. mengemburkan tanah disekitar tanaman;
- e. merangsang pertumbuhan anakan;
- f. mengurangi keasaman tanah;
- g. memperbaiki sistem perakaran;
- h. menekan pertumbuhan rumput;
- i. memberikan makan pada anakan;
- j. memperkuat tanaman agar tidak mudah roboh.



BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari 2019 sampai dengan Mei 2020. Pengukuran dan pengambilan data dilakukan di lahan perkebunan Tebu milik Perseroan Terbatas Perkebunan Negara XII (-8,347091, 114,044155), Kebun Sidodadi, Kecamatan Glenmore, Kabupaten Banyuwangi yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Lokasi pengambilan data

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut.

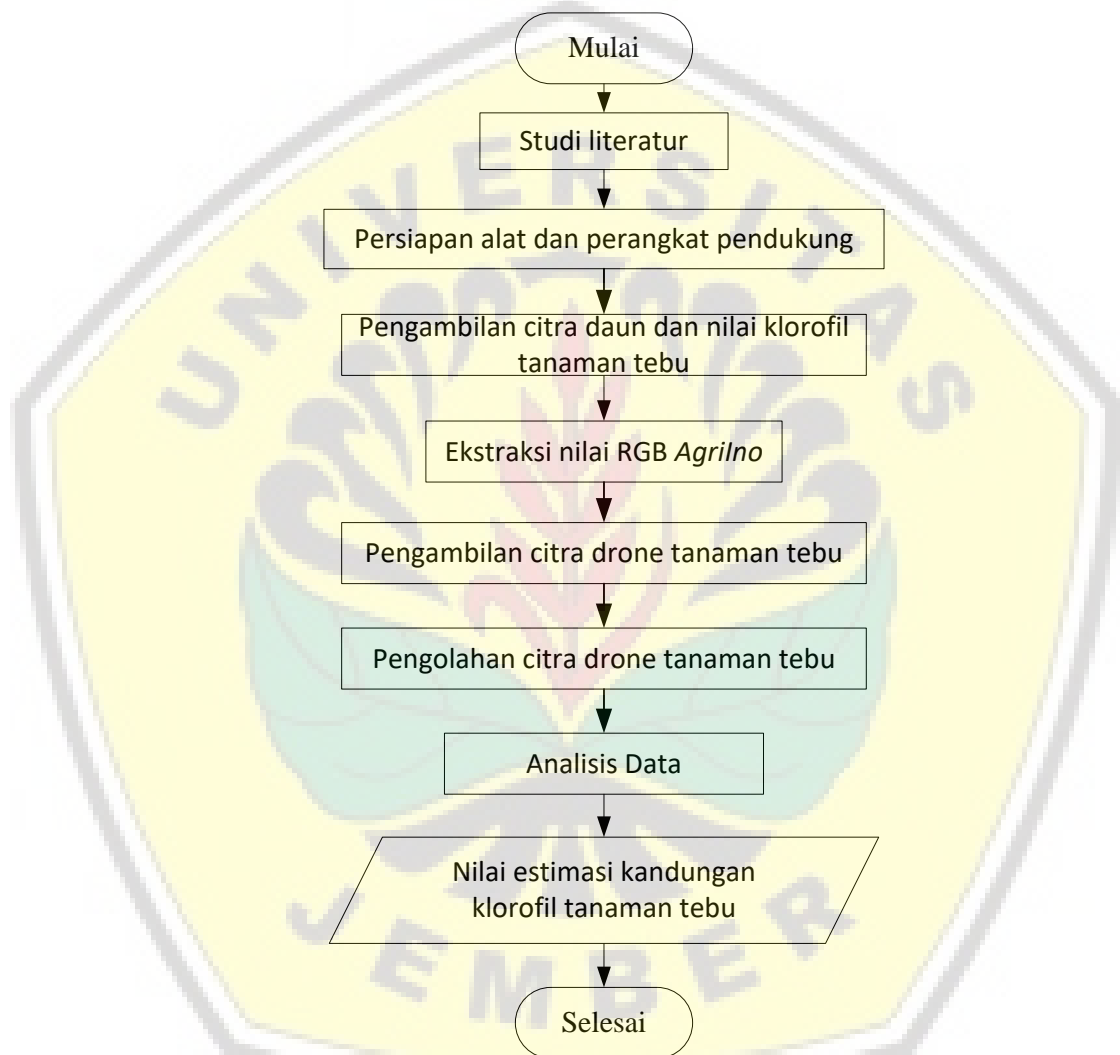
1. AgriIno, digunakan untuk mengambil nilai RGB daun tebu.
2. *Soil Plant Analysis Development (SPAD) Chlorophyll Meter 502 Plus* Konica Minolta, digunakan untuk memperoleh estimasi kandungan klorofil pada daun tebu.
3. *Software* Microsoft Excel 2016, digunakan untuk menganalisa data.
4. *Software* pengolahan data spasial Quantum GIS 3.10.5 (QGIS 3.10.5) sebagai *software* untuk memvisualisasikan hasil penelitian.
5. *Software* Pix4Dmapper 4.4.12.0 untuk mengolah data drone.
6. Seperangkat komputer, digunakan sebagai alat pengolah data.
7. Drone Kamera RGB, digunakan untuk memperoleh citra dari lahan dan memperoleh raster DSM, DTM, dan DCM.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut.

1. Lahan budidaya Tebu PTPN XII Glenmore

3.3 Tahap Penelitian

Tahapan penelitian merupakan prosedur kerja penelitian mulai dari studi literatur sampai dengan mendapatkan hasil penelitian tersebut. Penelitian dilakukan selama 2,5 bulan dengan rentang pengambilan data setiap 2 minggu. Tahapan penelitian dapat dilihat pada gambar Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram alir penelitian

3.3.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mencari informasi dan berbagai sumber, sebagai referensi dan penguat untuk melakukan penelitian estimasi kandungan klorofil pada tanaman tebu. Sumber informasi dapat berupa buku, jurnal, halaman *website* dan sumber informasi lainnya.

3.3.2 Persiapan Alat dan Perangkat Pendukung

Langkah awal penelitian ini yaitu menyiapkan alat dan bahan sesuai dengan subbab 3.2. langkah yang harus dilakukan antara lain :

a. AgriIno Handheld Tool

- 1) Install aplikasi AgriIno pada ponsel android.
- 2) Hubungkan kabel USB – B AgriIno ke ponsel android.
- 3) Kalibrasi alat AgriIno.

b. Drone

- 1) Install aplikasi DJI-GO, Pix4Dmapper, dan CTRL DJI pada ponsel android.
- 2) Koneksikan android dengan remote control pada drone dan pastikan baterai pada drone terisi penuh.
- 3) Kalibrasi drone sesuai instruksi pada aplikasi android.
- 4) Tentukan area yang akan diambil citranya.

c. Laptop.

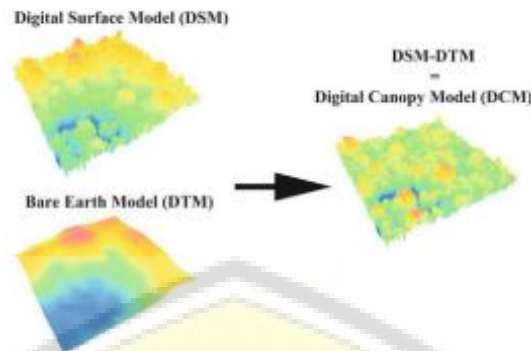
- 1) Install Micsrosoft Excel, Pix4dMapper dan QGIS 3.10.
- 2) Install plugins processing pada QGIS 3.10 untuk mengakses tool sample raster value.

3.3.3 Pengambilan Citra Drone Tanaman Tebu

Pengambilan citra drone dilakukan menggunakan dua drone yaitu drone dengan kamera RGB untuk memperoleh gelombang cahaya tampak dari lahan. Proses pengambilan citra drone harus dipastikan lokasi memiliki koneksi internet.

3.3.4 Pengolahan Citra Drone Tanaman Tebu

Citra drone yang diperoleh pengambilan data selanjutnya diekstraksi nilai R, G, B, dan NIR nya berdasarkan titik yang telah diperoleh dari alat AgriIno. *Software* yang digunakan untuk mengekstraksi nilai R, G, B adalah QGIS 3.10 dan Pix4Dmapper untuk menyusun foto bagian – bagian dari lahan dan memperoleh raster DSM (*Digital Surface Model*) dan DTM (*Digital Terrain Model*). Gambar 3.3 merupakan ilustrasi perhitungan ketinggian tanaman menggunakan drone.



Gambar 3.3 Gambar visualisasi perhitungan DCM
Sumber : (Roberts, 2014:213).

Raster DSM akan menampilkan nilai elevasi permukaan lahan dari permukaan laut, sedangkan raster DTM akan menampilkan nilai elevasi lahan dari permukaan laut tanpa objek yang ada di atas lahan tersebut. Raster DSM akan disubtraksi dengan raster DTM untuk memperoleh raster DCM (*Digital Canopy Model*) yang akan menampilkan nilai elevasi objek yang ada diatas. Raster DCM akan digunakan untuk memperoleh nilai elevasi ketinggian tanaman pada lahan (Roberts, 2014).

3.3.5 Pengambilan Citra dan Nilai Klorofil Daun Tanaman Tebu

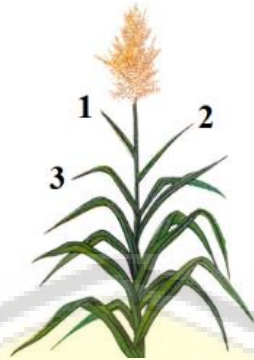
Image acquisition merupakan proses pengambilan citra daun tanaman tebu. Alat yang digunakan ialah AgriIno yang dapat mengambil citra daun tanaman tebu dan SPAD yang digunakan untuk memperoleh nilai kandungan klorofil daun tebu. Daun tanaman tebu yang diambil citranya ialah daun dengan nomor tiga. Berikut merupakan Gambar 3.4, 3.5, dan 3.6 yang menampilkan proses pengambilan data dan daun yang digunakan pada saat pengambilan data.



Gambar 3.4 Pengambilan citra daun untuk memperoleh nilai RGB.



Gambar 3.5 Pengambilan data kandungan klorofil dengan SPAD



Gambar 3.6 Penentuan daun nomor tiga pada tanaman tebu.

3.3.6 Ekstraksi Nilai RGB AgriIno

Nilai RGB dari AgriIno *Handheld Tool* akan tersimpan pada database Agrimart. Untuk memperoleh dan pengolahan nilai RGB antara lain :

- 1) Salin nilai RGB yang ada *cloud database* <https://apps.agrimart.id> ke Microsoft Excel.
- 2) Lakukan normalisasi nilai RGB dengan persamaan pada Tabel 3.1.
- 3) Hitung indeks vegetasi berdasarkan persamaan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 merupakan rumus perhitungan normalisasi dan indeks vegetasi yang digunakan pada penelitian ini.

Tabel 3.1 Indeks vegetasi yang digunakan

Nama	Persamaan	Sumber
Normalisasi R (r)	$\frac{R}{R + G + B}$	(Kusumanto dan Tompunu, 2011)
Normalisasi G (g)	$\frac{G}{R + G + B}$	(Kusumanto dan Tompunu, 2011)
Normalisasi B (b)	$\frac{B}{R + G + B}$	(Kusumanto dan Tompunu, 2011)
<i>Normalized Difference Vegetation Indeks</i> RGB (NDVI RGB)	$\frac{((g + b) - r)}{((g + b) + r)}$	(Putra dan Soni, 2018)
<i>Blue-Red Adjusted Vegetation Index</i> (BRAVI)	$\frac{N(g - r)}{(g + r + N)}$	(Putra dan Soni, 2018)
BRAVI- <i>Simple Ratio</i> (BRAVI – SR)	$\frac{N \times g}{r + N}$	(Putra dan Soni, 2018)
<i>Visible Atmospherically Resistant Index</i> (VARI)	$\frac{g - r}{g + r - b}$	(Gitelson <i>et al.</i> , 2002)

$$N = \text{noise intensity} = \frac{r+b}{255}$$

3.3.7 Analisis Data

Analisis data yang dilakukan yaitu :

a. Jumlah sampel dan metode sampling

Penelitian ini memiliki 280 data yang akan dibagi menjadi 2 kelompok. Kelompok pertama digunakan untuk kalibrasi dan pembuatan model persamaan, sedangkan kelompok kedua digunakan untuk validasi. Setelah menentukan jumlah sampel, sampel akan dipilih dengan metode *random sampling*. Jumlah sampel akan dihitung atau menentukan sampel dengan perhitungan (Sugiono dalam Imran, 2017) menggunakan rumus slovin yaitu :

$$n = \frac{N}{1+Ne^2} \dots\dots\dots (3.1)$$

n = jumlah sampel, N = Jumlah Populasi, e = taraf nyata.

b. Analisis regresi linier

Analisis regresi linier adalah uji statistik yang dilakukan untuk mengetahui hubungan antara dua variabel dan menyajikannya dalam bentuk garis dan persamaan garisnya. Regresi linier akan menghasilkan garis linier yang dapat menjelaskan hubungan kedua variabel tersebut dan memberikan persamaan garis dengan persamaan umum 3.2 (Kumari dan Yadav, 2017).

$$y = mx + c \dots\dots\dots (3.2)$$

Setelah mendapatkan persamaan garis linier tersebut, akan dihitung nilai SPAD dan Klorofil prediksi dari indeks vegetasi. Nilai SPAD dan klorofil prediksi selanjutnya akan di validasi keakuratannya dengan *root mean square error* (RMSE).

c. Uji korelasi

Uji korelasi merupakan uji statistik yang dilakukan untuk menyajikan hubungan antara dua variabel dalam bentuk angka. Uji korelasi akan menghasilkan sebuah koefisien (r) yang mendefinisikan seberapa kuat hubungan dua variabel tersebut dalam angka (Kumari dan Yadav, 2017). Nilai r hasil uji korelasi memiliki rentang nilai antara -1 hingga 1. Nilai r negatif (-) berarti kedua variabel tersebut memiliki hubungan negatif. Ketika salah satu nilai variabel bertambah maka nilai variabel yang lain akan berkurang. Nilai r positif (+) berarti kedua variabel tersebut memiliki hubungan positif yang berarti bertambahnya nilai salah satu variabel akan di respon dengan

bertambahnya nilai variabel yang lainnya (Kumari dan Yadav, 2017). Tabel 3.2 merupakan deskripsi nilai pada uji korelasi.

Tabel 3.2 Deskripsi nilai uji korelasi

Nilai	Keterangan
0	tidak ada korelasi antara dua variabel
0 – 0,25	korelasi sangat lemah
0,25 – 0,5	korelasi cukup
0,5 – 0,75	korelasi kuat
0,75 – 0,99	korelasi sangat kuat
1	korelasi sempurna

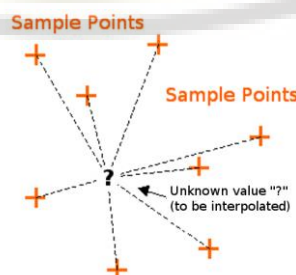
Sumber : (Pratama *et al.*, 2019)

d. Uji koefisien determinasi (R^2)

Koefisien determinansi (R^2) adalah salah satu uji statistik yang digunakan untuk menggambarkan bagaimana variabel respons dapat dijelaskan oleh model (Saunders *et al.*, 2012). Nilai koefisien determinansi memiliki rentang nilai 0 hingga 1. R^2 bernilai 1 berarti terdapat hubungan sempurna antara variabel x dan variabel y, hal ini berarti semua variabel y dapat dijelaskan oleh variabel x. R^2 bernilai 0 berarti tidak ada hubungan antara kedua variabel tersebut (Kumari dan Yadav, 2017).

e. Interpolasi IDW (*Inverse Distance Weighting*)

Interpolasi IDW adalah interpolasi yang mengasumsikan objek yang dekat satu sama lainnya akan memiliki nilai yang serupa seperti pada konsentrasi nutrisi pada tanah. IDW menggunakan nilai pada sample point yang diketahui untuk memperkirakan nilai pada suatu titik yang nilainya tidak diketahui. Nilai sampel yang lebih dekat dengan titik yang akan di interpolasi akan memiliki efek yang lebih besar dalam mempengaruhi nilai pada titik tersebut (Enviromental System Research Institute (ESRI), tanpa tahun). Gambar 3.7 merupakan ilustrasi interpolasi IDW.



Gambar 3.7 Gambar visualisasi interpolasi IDW

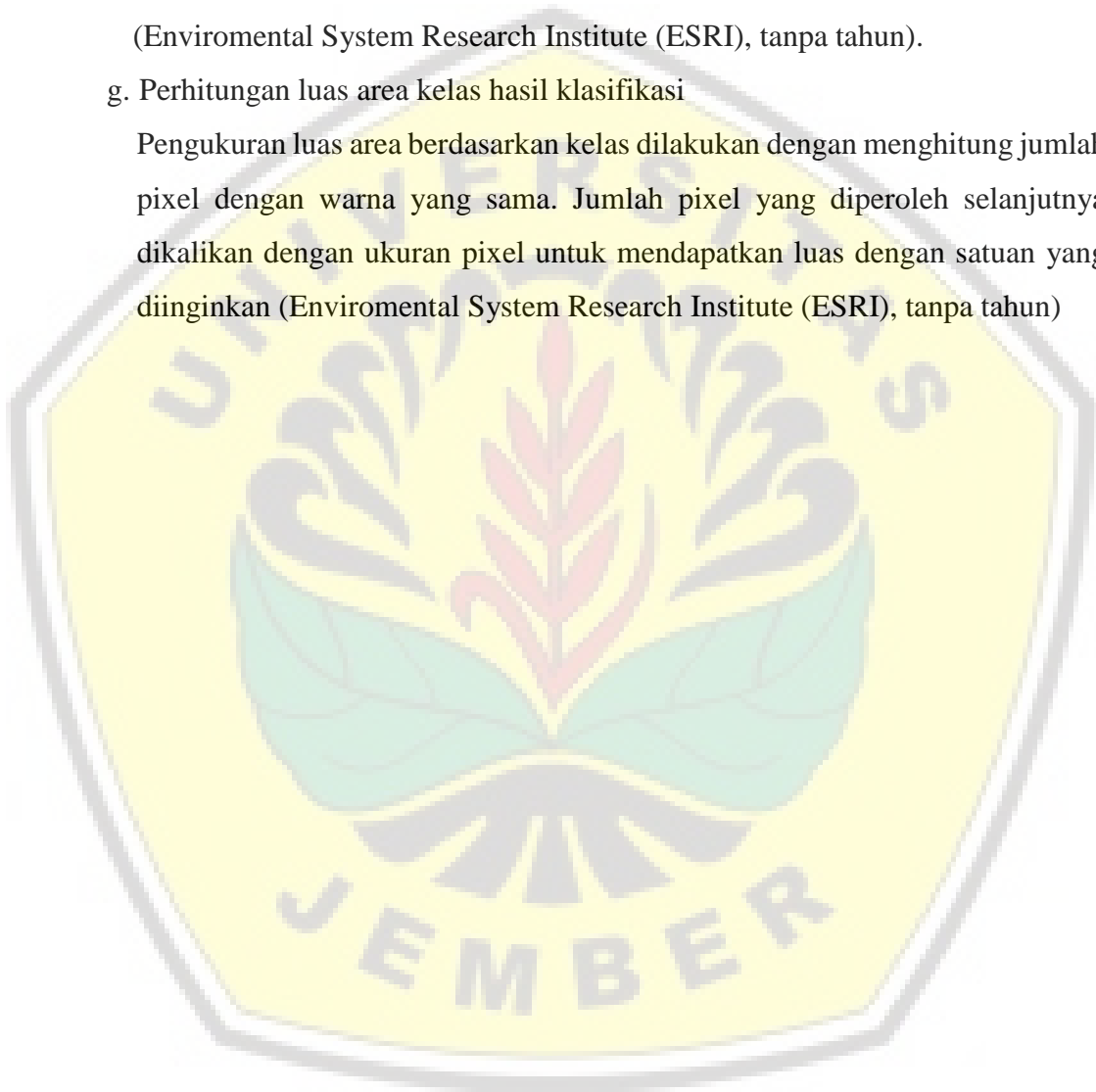
Sumber : (Enviromental System Research Institute (ESRI), tanpa tahun)

f. *Image clustering / image classification*

Image clustering / image classification merupakan salah satu operasi yang dilakukan untuk membagi suatu gambar dengan beberapa kelas berdasarkan informasi yang tersimpan dalam gambar tersebut. Kelas tersebut akan mewakili rentang nilai tertentu dan akan diwakilkan dalam satu warna (Environmental System Research Institute (ESRI), tanpa tahun).

g. Perhitungan luas area kelas hasil klasifikasi

Pengukuran luas area berdasarkan kelas dilakukan dengan menghitung jumlah pixel dengan warna yang sama. Jumlah pixel yang diperoleh selanjutnya dikalikan dengan ukuran pixel untuk mendapatkan luas dengan satuan yang diinginkan (Environmental System Research Institute (ESRI), tanpa tahun)



BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pemanfaatan GBRS khususnya AgriIno sebagai pengolahan citra tanaman dapat dijadikan alternatif untuk memperkirakan nilai SPAD.
2. Indeks vegetasi NDVI RGB mempunyai hubungan terhadap SPAD yang lebih kuat daripada indeks vegetasi NDVI RGB, BRAVI, dan BRAVI – SR. Hal ini ditandai dengan nilai korelasi, koefisien determinasi dan RMSE yang lebih baik daripada indeks vegetasi lainnya.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan, adanya keberlanjutan penelitian untuk membandingkan hasil indeks vegetasi dari tebu dengan kandungan nitrogen ataupun klorofil hasil uji laboratorium dan ada penelitian lebih lanjut ke unsur hara makro lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Aggarwal, S. tanpa tahun. *Principles of Remote Sensing*
- Bojović, B. dan A. Marković. 2009. Correlation between nitrogen and chlorophyll content in wheat. *Kragujevac J. Sci.* 31:69–74.
- BPS. 2018a. Luas Areal Perkebunan Tebu Di Jawa Timur 2006 - 2017. <https://jatim.bps.go.id/statictable/2018/11/12/1396/luas-areal-perkebunan-tebu-di-jawa-timur-ha-2006-2017.html>
- BPS. 2018b. *Distribusi Perdagangan Komoditas Gula Pasir Indonesia Tahun 2019*
- BPS. 2018c. *Statistik Tebu Indonesia 2017*
- BPTP Lampung. 2016. Petunjuk teknis budidaya tebu
- Cañasveras, J. C., M. C. del Campillo, M. C. Barrón, dan J. Torrent. 2014. Intercropping with grasses helps to reduce iron chlorosis in olive. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition.* 14(3):554–564.
- Casagli, N., S. Morelli, W. Frodella, E. Intrieri, dan V. Tofani. 2018. *Ground-Based Remote Sensing Techniques for Landslides Mapping, Monitoring and Early Warning*. Dalam *Landslide Dynamics: ISDR-ICL Landslide Interactive Teaching Tools*. Cham: Springer International Publishing.
- Clarke, T. tanpa tahun. Ground-Based Remote Sensing | United States Department Of Agriculture. [https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/20000000/Clarke, Tom_Ground-based Remote Sensing.pdf](https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/20000000/Clarke,Tom_Ground-based%20Remote%20Sensing.pdf) [Diakses pada January 23, 2020].
- DroneDeploy. 2019. Elevation. <https://support.dronedeploy.com/docs/elevation> [Diakses pada August 24, 2020].
- Environmental System Research Institute (ESRI). tanpa tahun. How Inverse Distance Weighted Interpolation Works. <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/help/analysis/geostatistical-analyst/how-inverse-distance-weighted-interpolation-works.html> [Diakses pada May 13, 2020a].
- Environmental System Research Institute (ESRI). tanpa tahun. Understanding Segmentation and Classification. <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/understanding-segmentation-and-classification.html> [Diakses pada May 20, 2020b].
- Environmental System Research Institute (ESRI). tanpa tahun. Pixel Size Ranges Used. http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=Pixel_size

_ranges_used [Diakses pada May 11, 2020c].

- Fahmi, A., Syamsudin, S. N. H. Utami, dan B. Radjagukguk. 2010. PENGARUH interaksi hara nitrogen dan fosfor terhadap pertumbuhan tanaman jagung (*zea mays l*) [the effect of interaction of nitrogen and phosphorus nutrients on maize (*zea mays l* .) grown in regosol and latosol soils]. *Berita Biologi*. 10(3):297–304.
- Ferdinand, F. dan M. Ariebowo. 2007. *Praktis Belajar Biologi*. Jakarta Timur: Visindo Media Persada.
- Gitelson, A. A., Y. J. Kaufman, R. Stark, dan D. Rundquist. 2002. Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction. *Remote Sensing of Environment*. 80(1):76–87.
- Huntrods, D. dan V. Koundinya. 2018. Sugarcane Profile | Agricultural Marketing Resource Center. <https://www.agmrc.org/commodities-products/grains-oilseeds/sugarcane-profile> [Diakses pada April 27, 2019].
- Imran, H. A. 2017. Peran sampling dan distribusi data dalam penelitian komunikasi pendekatan kuantitatif. *Jurnal Studi Komunikasi Dan Media Kementerian Komunikasi Dan Informatika*. 21:111–126.
- Indrawanto, C., Purwono, Siswanto, M. Syakir, dan W. Rumini. 2010. *Budidaya Dan Pasca Panen TEBU Iii*. Bogor: ESKA Media.
- Ismail, B. S., H. Jamil, L. P. Theng, K. Jusoh, A. B. Razali, dan F. B. Ali. 2011. Speciation of heavy metals in paddy soils from selected areas in kedah and penang, malaysia. *African Journal of Biotechnology*. 10(62)
- Jaya, I. N. S. 2010. Analisis Citra Digital: Perspektif Penginderaan Jauh Untuk Pengelolaan Sumberdaya Alam. Institut Pertanian Bogor.
- Kaufman, Y. dan D. Tanre. 1992. Atmospherically resistant vegetation index for eos-modis. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 30(2):260–271.
- Keputusan Menteri Pertanian. 1989. *Keputusan Menteri Pertanian Nomor: 893/Kpts/TP.240/11/1984*
- Konica Minolta. 2009. *Chlorophyll Meter SPAD-502Plus*
- Kumari, K. dan S. Yadav. 2017. Linear regression analysis study. *Journal of the Practice of Cardiovascular Sciences*. 3:36–38.
- Kusumanto, R. D. dan A. N. Tompunu. 2011. Technogenic activity of man and local sources of environmental pollution. *Studies in Environmental Science*. 17(C):329–332.

- Lin, F. F., L. F. Qiu, J. S. Deng, Y. Y. Shi, L. S. Chen, dan K. Wang. 2010. Investigation of spad meter-based indices for estimating rice nitrogen status. *Computers and Electronics in Agriculture*. 71(SUPPL. 1):60–65.
- Liu, C.-W., Y. Sung, B.-C. Chen, dan H.-Y. Lai. 2014. Effects of nitrogen fertilizers on the growth and nitrate content of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 11(4):4427.
- Marjayanti, S. 2012. Teknik budidaya tebu. *Pelatihan Budidaya Tanaman Tebu PT Perkebunan Nusantara XII*. 1–21.
- Mastur, Syafaruddin, dan M. Syakir. 2016. Peran dan pengelolaan hara nitrogen pada tanaman tebu untuk peningkatan produktivitas tebu. *Perspektif*. 14(2):73.
- McKinnon, T. dan P. Hoff. 2017. Comparing RGB-Based Vegetation Indices With NDVI For Drone Based Agricultural Sensing. *AGBX021-17*. 2017
- Netto, A. T., E. Campostrini, J. G. de Oliveira, dan R. E. Bressan-Smith. 2005. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll a fluorescence and spad-502 readings in coffee leaves. *Scientia Horticulturae*. 104(2):199–209.
- Patane, P. dan A. Vibhute. 2014. Chlorophyll and nitrogen estimation techniques: a review. *International Journal of Engineering Research and Reviews ISSN*. 2(4):33–41.
- Penyuluhan Pertanian Perikanan dan Kehutanan Kecamatan Metroyudan. 2013. Budidaya Tebu. <http://bppkmertoyudan.blogspot.com/2013/07/budidaya-tebu.html> [Diakses pada April 20, 2019].
- Pratama, I. G. M. Y., I. W. G. A. Karang, dan Y. Suteja. 2019. Distribusi spasial kerapatan mangrove menggunakan citra sentinel-2a di tahura ngurah rai bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*. 5(2):192.
- PT. Precision Agriculture Indonesia. 2018. AgriIno - Handheld Nutrients Sensing System. https://www.agrimart.id/?page_id=1007 [Diakses pada April 15, 2020].
- PT.IGG. tanpa tahun. Sekilas PT Industri Gula Glenmore. https://www.industrigulaglenmore.com/tentang_kami/sejarah_perusahaan
- Putra, B. T. W. dan P. Soni. 2018. Enhanced broadband greenness in assessing chlorophyll a and b, carotenoid, and nitrogen in robusta coffee plantations using a digital camera. *Precision Agriculture*. 19(2):238–256.
- Putra, B. T. W., P. Soni, B. Marhaenanto, Pujiyanto, S. Sisbudi Harsono, dan S. Fountas. 2019. Using information from images for plantation monitoring: a review of solutions for smallholders. *Information Processing in Agriculture*

- Ranacher, P., R. Brunauer, W. Trutschnig, S. Van der Spek, dan S. Reich. 2016. GPS error and its effects on movement analysis. *International Journal of Geographical Information Science*. 30(2):316–333.
- Redaksi AgroMedia. 2010. *Petunjuk Pemupukan*. Jakarta Selatan: PT AgroMedia Pustaka.
- Roberts, D. 2014. Forestry. *Encyclopedia of Earth Science Series*. 1(Remote Sensing):210–218.
- Saunders, L. J., R. A. Russell, dan D. P. Crabb. 2012. The coefficient of determination: what determines a useful. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. 53(11):6830.
- Setyanti, Y. H., S. Anwar, dan W. Slamet. 2013. Karakteristik fotosintetik dan serapan fosfor hijauan alfalfa (*medicago sativa*) pada tinggi pemotongan dan pemupukan nitrogen yang berbeda. *Animal Agriculture Journal*. 2(1):86–96.
- Swain, K. C. 2007. Suitability of low-altitude remote sensing images for estimating nitrogen treatment variations in rice cropping for precision agriculture adoption. *Journal of Applied Remote Sensing*. 1(1):013547.
- Takebe, M. dan T. Yoneyama. 1989. Measurement of leaf color scores and its implication to nitrogen nutrition of rice plants. *JARQ. Japan Agricultural Research Quarterly*. 23(2):86–93.
- Utomo, M., Sudarsono, B. Rusman, T. Sabrina, J. Lumbanraja, dan Wawan. 2016. Ilmu tanah (dasar - dasar dan pengelolaan)
- Xiang, H. dan L. Tian. 2011. Development of a low-cost agricultural remote sensing system based on an autonomous unmanned aerial vehicle (uav). *Biosystems Engineering*. 108(2):174–190.
- Zhou, Q. 2017. Digital elevation model and digital surface model. *International Encyclopedia of Geography: People, the Earth, Environment and Technology*. 1–17.

LAMPIRAN

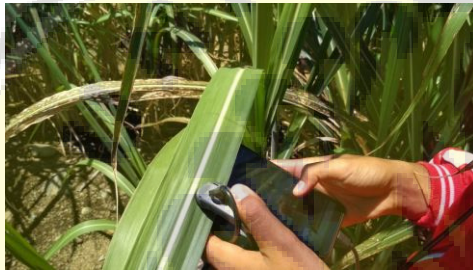
Lampiran 1. Dokumentasi penelitian



Tanaman tebu



Pengukuran tinggi tanaman tebu



Pengambilan data AgriIno



Pengambilan data SPAD



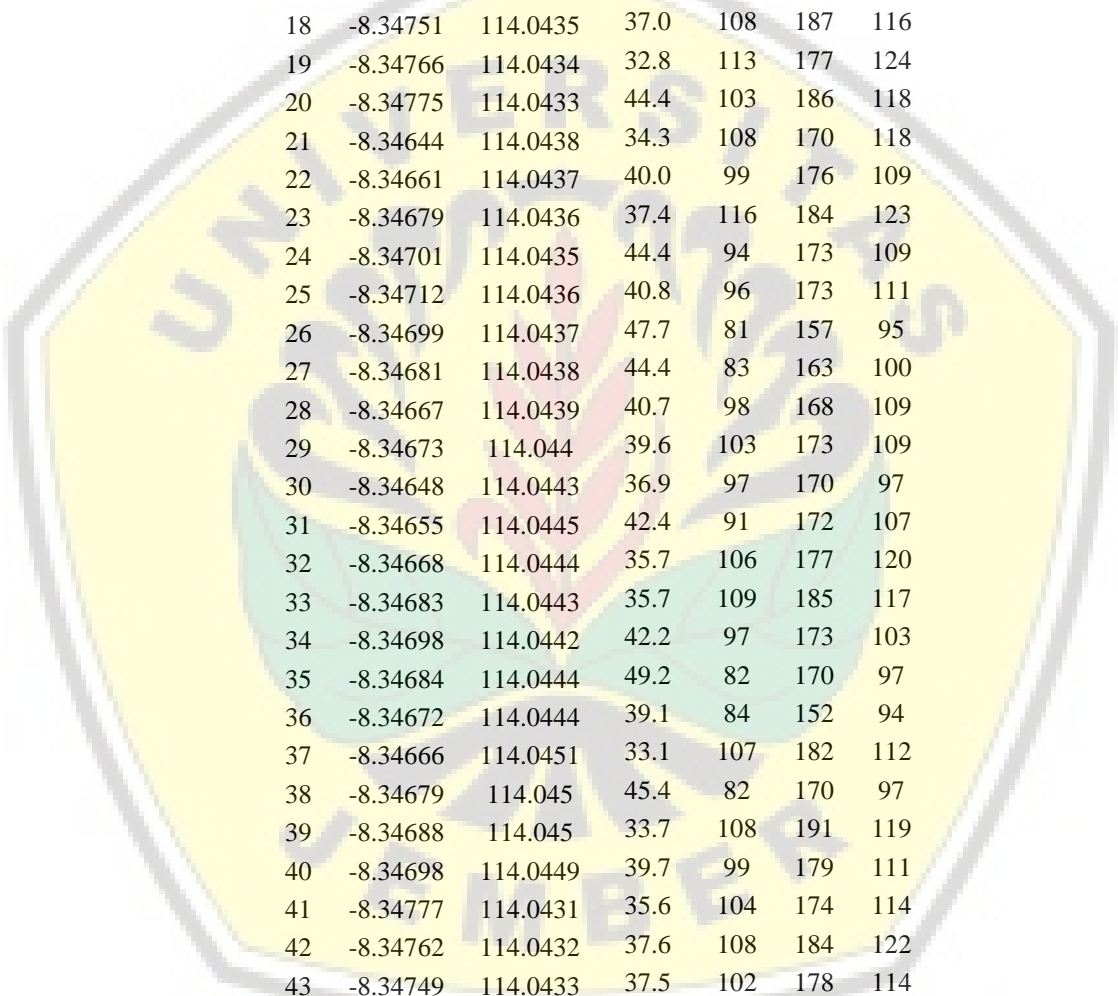
Drone yang digunakan



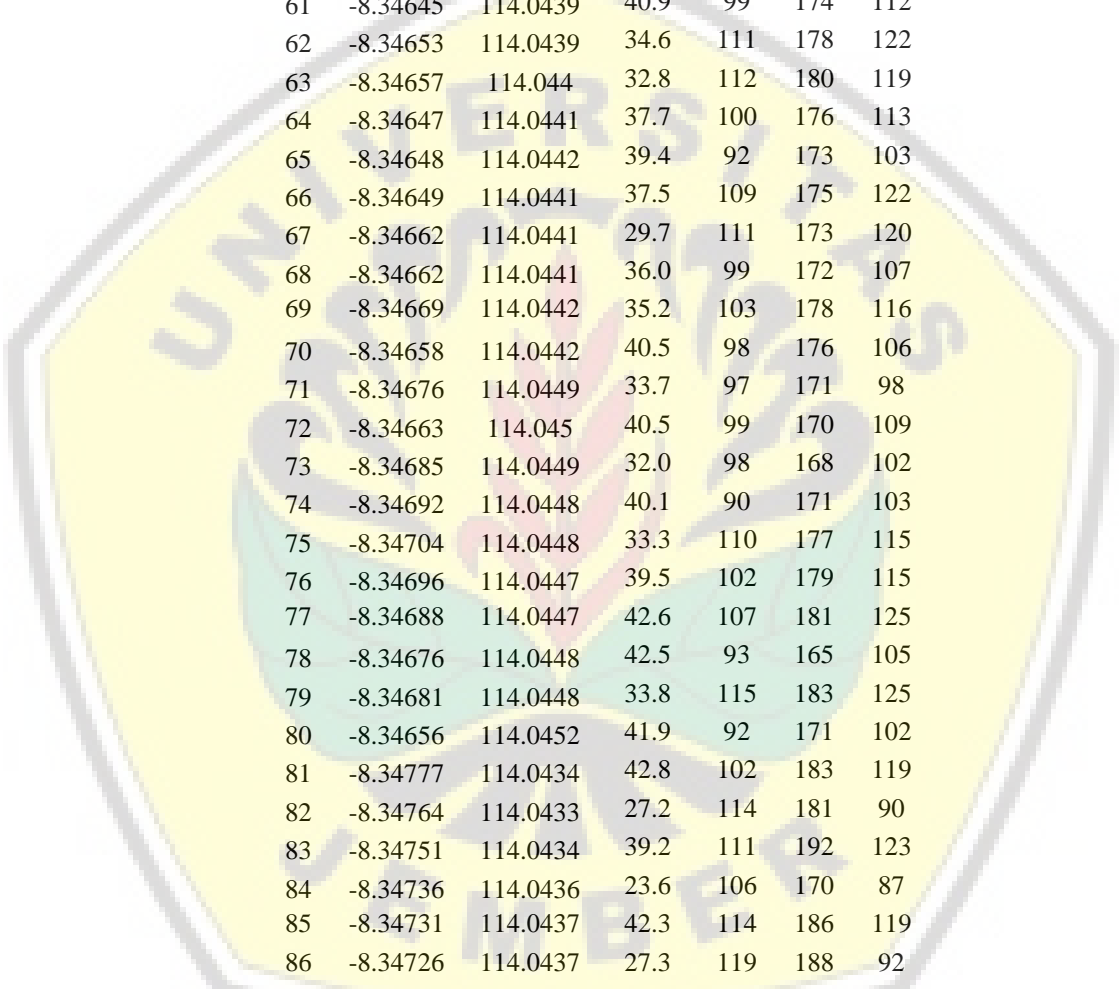
Penerbangan drone

Lampiran 2. Data pengukuran dengan metode *ground based remote sensing*

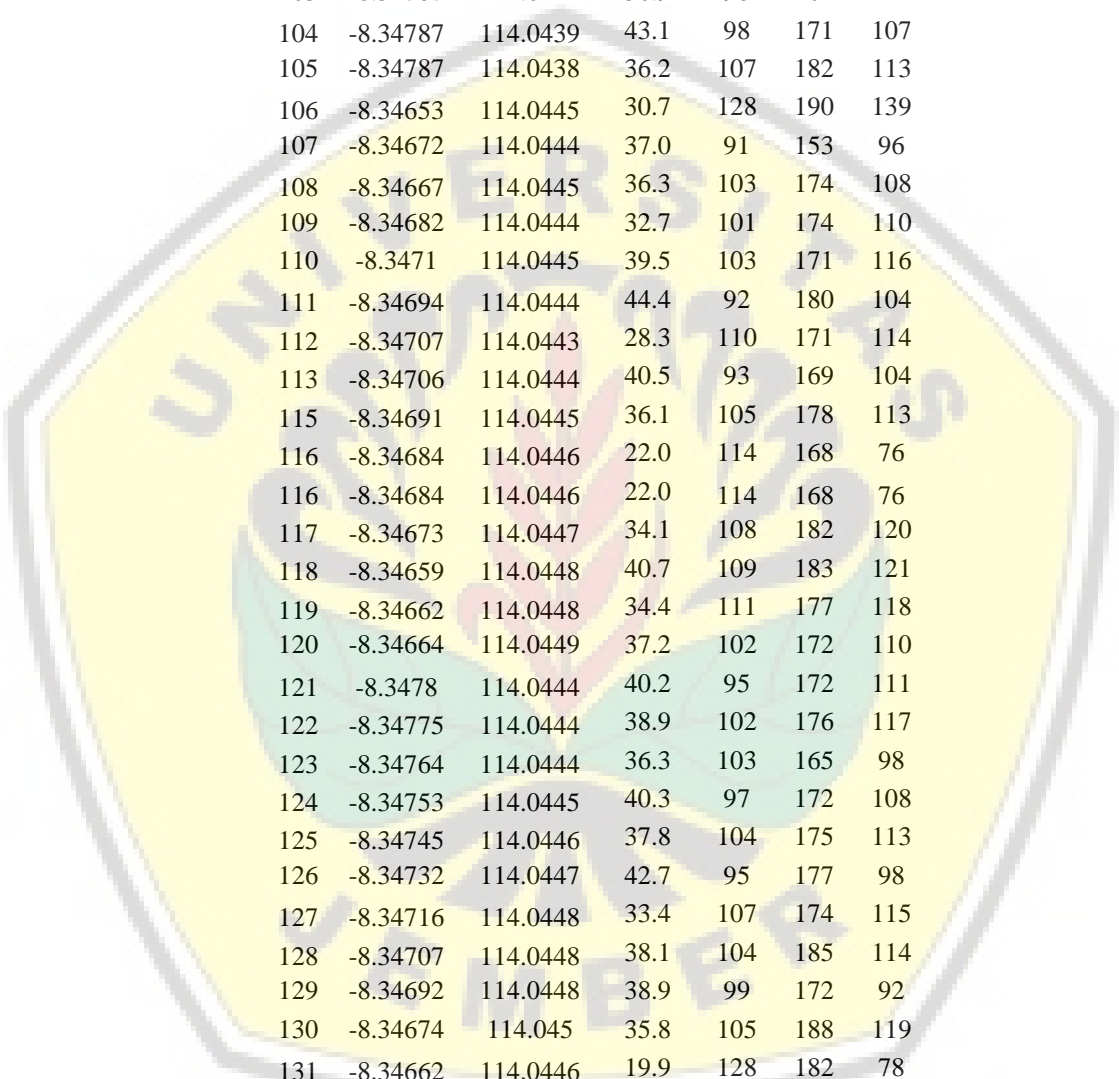
No	Latitude	Longitude	SPAD	R	G	B
1	-8.34787	114.0441	40.2	96	174	111
2	-8.34773	114.0445	36.9	110	184	121
3	-8.34773	114.0445	39.4	117	195	125
4	-8.34725	114.0445	43.1	98	183	117
5	-8.34737	114.0444	37.9	96	168	98
6	-8.34754	114.0443	41.8	92	169	105
7	-8.34775	114.0442	44.3	91	174	110
8	-8.34779	114.0439	38.1	107	183	123



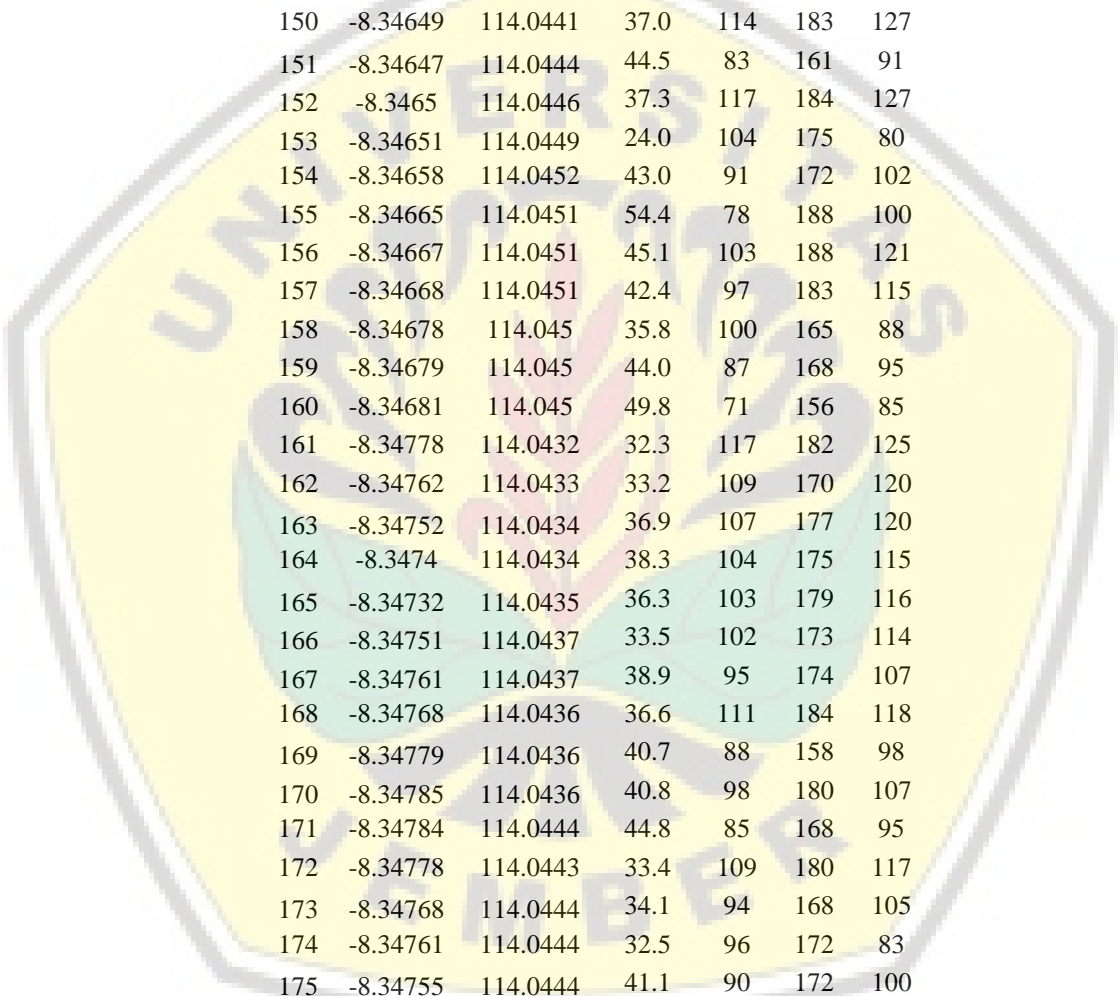
9	-8.34767	114.044	40.2	79	155	90
10	-8.34751	114.0441	49.6	82	169	103
11	-8.34734	114.0442	43.3	89	165	103
12	-8.34724	114.044	39.7	107	181	123
13	-8.34739	114.0439	36.8	105	179	117
14	-8.3476	114.0438	22.9	113	183	81
15	-8.34777	114.0436	33.3	126	197	138
16	-8.34761	114.0436	36.4	104	178	114
17	-8.34744	114.0436	37.4	109	180	122
18	-8.34751	114.0435	37.0	108	187	116
19	-8.34766	114.0434	32.8	113	177	124
20	-8.34775	114.0433	44.4	103	186	118
21	-8.34644	114.0438	34.3	108	170	118
22	-8.34661	114.0437	40.0	99	176	109
23	-8.34679	114.0436	37.4	116	184	123
24	-8.34701	114.0435	44.4	94	173	109
25	-8.34712	114.0436	40.8	96	173	111
26	-8.34699	114.0437	47.7	81	157	95
27	-8.34681	114.0438	44.4	83	163	100
28	-8.34667	114.0439	40.7	98	168	109
29	-8.34673	114.044	39.6	103	173	109
30	-8.34648	114.0443	36.9	97	170	97
31	-8.34655	114.0445	42.4	91	172	107
32	-8.34668	114.0444	35.7	106	177	120
33	-8.34683	114.0443	35.7	109	185	117
34	-8.34698	114.0442	42.2	97	173	103
35	-8.34684	114.0444	49.2	82	170	97
36	-8.34672	114.0444	39.1	84	152	94
37	-8.34666	114.0451	33.1	107	182	112
38	-8.34679	114.045	45.4	82	170	97
39	-8.34688	114.045	33.7	108	191	119
40	-8.34698	114.0449	39.7	99	179	111
41	-8.34777	114.0431	35.6	104	174	114
42	-8.34762	114.0432	37.6	108	184	122
43	-8.34749	114.0433	37.5	102	178	114
44	-8.34734	114.0434	39.8	102	173	113
45	-8.34723	114.0435	39.3	112	181	127
46	-8.34725	114.0436	38.4	102	167	106
47	-8.34726	114.0437	34.2	112	183	126
48	-8.34739	114.0438	31.7	117	179	129
49	-8.34752	114.0437	42.0	91	164	106
50	-8.34768	114.0435	39.4	111	187	124
51	-8.34782	114.0438	37.4	108	183	119
52	-8.34775	114.0438	37.8	105	173	113



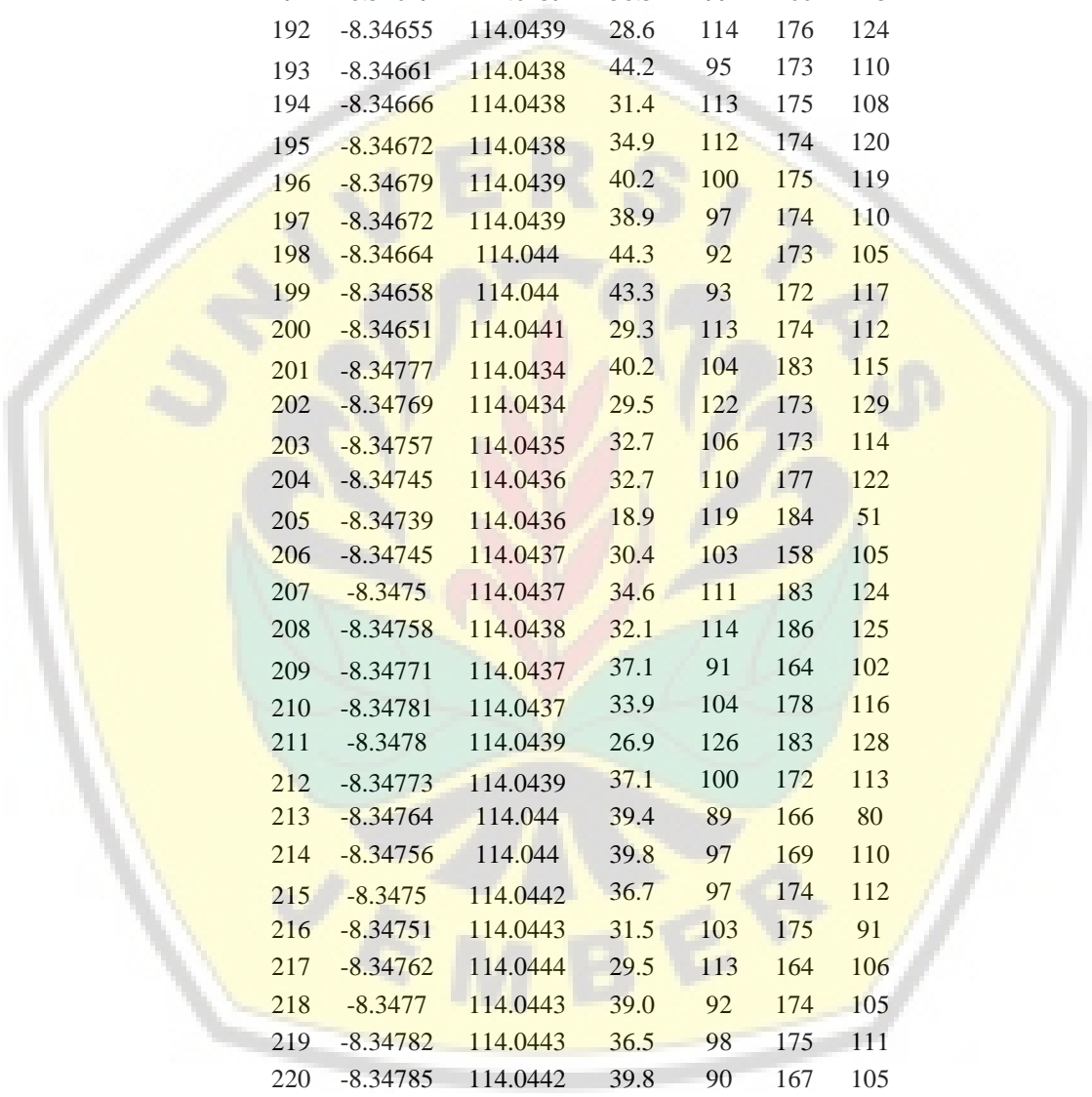
53	-8.34758	114.044	37.8	103	176	117
54	-8.34756	114.0441	22.3	116	167	96
55	-8.34755	114.0442	37.9	104	170	110
56	-8.34742	114.0443	33.9	106	180	120
57	-8.34762	114.0443	26.8	115	167	96
58	-8.3478	114.0443	33.9	107	178	116
59	-8.34786	114.0442	35.9	95	168	103
60	-8.34782	114.044	37.2	97	172	112
61	-8.34645	114.0439	40.9	99	174	112
62	-8.34653	114.0439	34.6	111	178	122
63	-8.34657	114.044	32.8	112	180	119
64	-8.34647	114.0441	37.7	100	176	113
65	-8.34648	114.0442	39.4	92	173	103
66	-8.34649	114.0441	37.5	109	175	122
67	-8.34662	114.0441	29.7	111	173	120
68	-8.34662	114.0441	36.0	99	172	107
69	-8.34669	114.0442	35.2	103	178	116
70	-8.34658	114.0442	40.5	98	176	106
71	-8.34676	114.0449	33.7	97	171	98
72	-8.34663	114.045	40.5	99	170	109
73	-8.34685	114.0449	32.0	98	168	102
74	-8.34692	114.0448	40.1	90	171	103
75	-8.34704	114.0448	33.3	110	177	115
76	-8.34696	114.0447	39.5	102	179	115
77	-8.34688	114.0447	42.6	107	181	125
78	-8.34676	114.0448	42.5	93	165	105
79	-8.34681	114.0448	33.8	115	183	125
80	-8.34656	114.0452	41.9	92	171	102
81	-8.34777	114.0434	42.8	102	183	119
82	-8.34764	114.0433	27.2	114	181	90
83	-8.34751	114.0434	39.2	111	192	123
84	-8.34736	114.0436	23.6	106	170	87
85	-8.34731	114.0437	42.3	114	186	119
86	-8.34726	114.0437	27.3	119	188	92
87	-8.34712	114.0439	34.4	111	178	119
88	-8.34724	114.044	44.4	97	177	114
89	-8.34698	114.044	35.5	98	175	112
90	-8.34702	114.044	44.4	94	173	110
91	-8.347	114.0441	41.1	98	174	111
92	-8.34704	114.0443	37.4	104	179	114
93	-8.34713	114.0442	30.9	116	184	125
94	-8.3472	114.0443	35.9	107	179	116
95	-8.3471	114.0445	38.7	100	171	111
96	-8.34717	114.0446	26.5	123	184	129



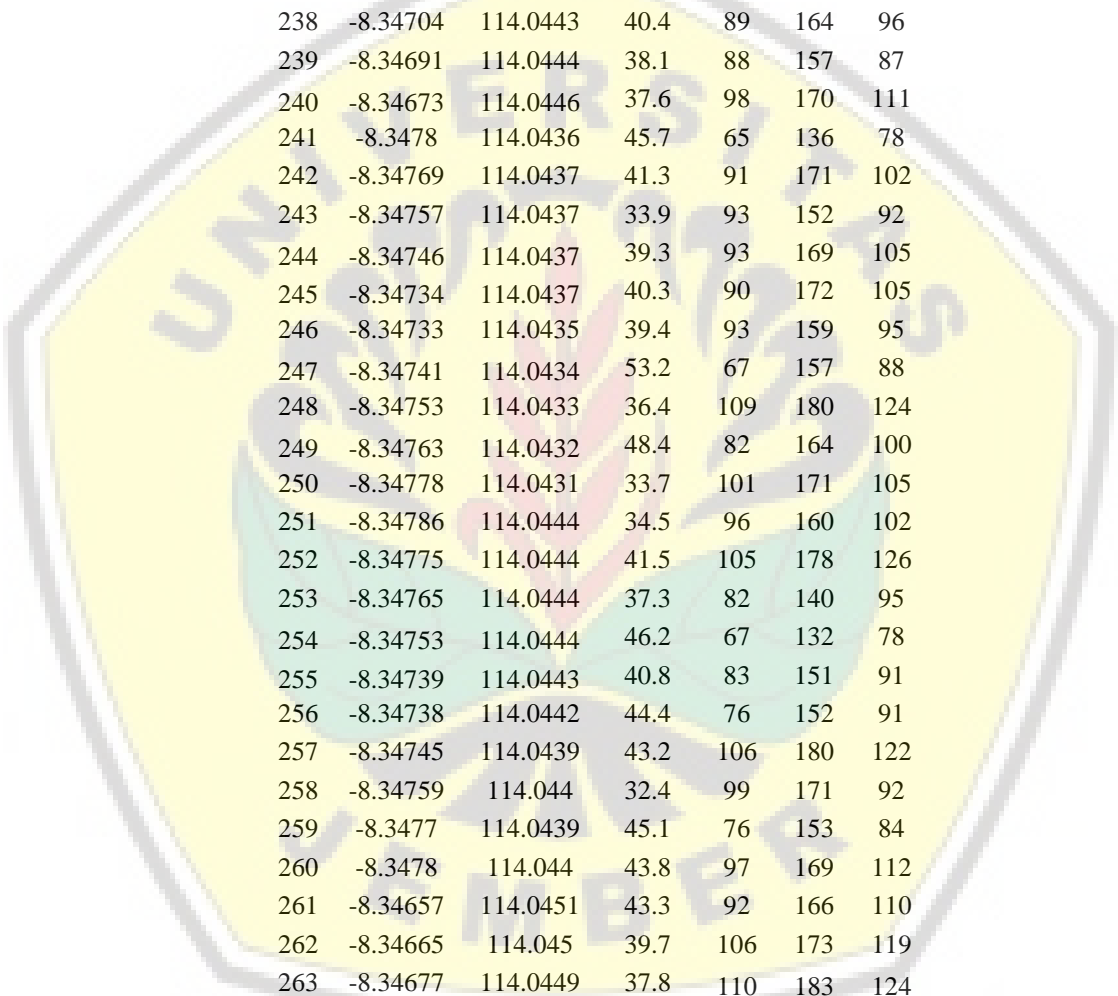
97	-8.34728	114.0447	31.0	115	181	108
98	-8.34738	114.0447	34.0	91	163	99
99	-8.34751	114.0446	35.6	103	187	112
100	-8.34764	114.0445	27.2	117	177	124
101	-8.3478	114.0443	29.4	115	184	92
102	-8.34785	114.0443	34.5	98	171	109
103	-8.34787	114.0441	36.9	98	164	111
104	-8.34787	114.0439	43.1	98	171	107
105	-8.34787	114.0438	36.2	107	182	113
106	-8.34653	114.0445	30.7	128	190	139
107	-8.34672	114.0444	37.0	91	153	96
108	-8.34667	114.0445	36.3	103	174	108
109	-8.34682	114.0444	32.7	101	174	110
110	-8.3471	114.0445	39.5	103	171	116
111	-8.34694	114.0444	44.4	92	180	104
112	-8.34707	114.0443	28.3	110	171	114
113	-8.34706	114.0444	40.5	93	169	104
115	-8.34691	114.0445	36.1	105	178	113
116	-8.34684	114.0446	22.0	114	168	76
116	-8.34684	114.0446	22.0	114	168	76
117	-8.34673	114.0447	34.1	108	182	120
118	-8.34659	114.0448	40.7	109	183	121
119	-8.34662	114.0448	34.4	111	177	118
120	-8.34664	114.0449	37.2	102	172	110
121	-8.3478	114.0444	40.2	95	172	111
122	-8.34775	114.0444	38.9	102	176	117
123	-8.34764	114.0444	36.3	103	165	98
124	-8.34753	114.0445	40.3	97	172	108
125	-8.34745	114.0446	37.8	104	175	113
126	-8.34732	114.0447	42.7	95	177	98
127	-8.34716	114.0448	33.4	107	174	115
128	-8.34707	114.0448	38.1	104	185	114
129	-8.34692	114.0448	38.9	99	172	92
130	-8.34674	114.045	35.8	105	188	119
131	-8.34662	114.0446	19.9	128	182	78
132	-8.34673	114.0445	38.6	115	191	131
133	-8.34682	114.0444	36.5	107	182	122
134	-8.34693	114.0444	40.8	91	175	103
135	-8.34704	114.0443	33.7	116	188	129
136	-8.34718	114.0442	47.8	87	165	98
137	-8.34732	114.0441	33.2	126	189	139
138	-8.34745	114.044	37.7	107	181	120
139	-8.34755	114.044	37.8	116	194	128
140	-8.3477	114.0439	28.0	92	154	73



141	-8.34777	114.0431	44.7	90	171	101
142	-8.34764	114.0431	36.2	114	196	125
143	-8.34743	114.0432	38.3	88	148	101
144	-8.34737	114.0433	47.6	83	177	100
145	-8.34729	114.0433	29.9	111	174	119
146	-8.34718	114.0434	43.2	83	162	98
147	-8.34715	114.0434	39.1	79	154	91
148	-8.34692	114.0436	27.3	113	166	118
149	-8.34661	114.0437	30.6	122	187	123
150	-8.34649	114.0441	37.0	114	183	127
151	-8.34647	114.0444	44.5	83	161	91
152	-8.3465	114.0446	37.3	117	184	127
153	-8.34651	114.0449	24.0	104	175	80
154	-8.34658	114.0452	43.0	91	172	102
155	-8.34665	114.0451	54.4	78	188	100
156	-8.34667	114.0451	45.1	103	188	121
157	-8.34668	114.0451	42.4	97	183	115
158	-8.34678	114.045	35.8	100	165	88
159	-8.34679	114.045	44.0	87	168	95
160	-8.34681	114.045	49.8	71	156	85
161	-8.34778	114.0432	32.3	117	182	125
162	-8.34762	114.0433	33.2	109	170	120
163	-8.34752	114.0434	36.9	107	177	120
164	-8.3474	114.0434	38.3	104	175	115
165	-8.34732	114.0435	36.3	103	179	116
166	-8.34751	114.0437	33.5	102	173	114
167	-8.34761	114.0437	38.9	95	174	107
168	-8.34768	114.0436	36.6	111	184	118
169	-8.34779	114.0436	40.7	88	158	98
170	-8.34785	114.0436	40.8	98	180	107
171	-8.34784	114.0444	44.8	85	168	95
172	-8.34778	114.0443	33.4	109	180	117
173	-8.34768	114.0444	34.1	94	168	105
174	-8.34761	114.0444	32.5	96	172	83
175	-8.34755	114.0444	41.1	90	172	100
176	-8.34742	114.0445	40.6	104	181	117
177	-8.34733	114.0445	37.2	116	183	129
178	-8.34728	114.0446	38.5	111	180	117
179	-8.34724	114.0447	35.8	106	178	122
180	-8.34717	114.0447	37.8	110	183	124
181	-8.34713	114.0448	37.2	104	183	116
182	-8.34706	114.0448	38.9	109	188	120
183	-8.34697	114.0449	30.8	115	184	120
184	-8.3469	114.0449	35.3	103	176	113



185	-8.34684	114.045	36.1	112	183	126
186	-8.34673	114.045	23.7	122	174	101
187	-8.34661	114.045	45.1	89	168	96
188	-8.34666	114.0448	36.9	98	172	111
189	-8.3467	114.0448	41.5	92	169	117
190	-8.34678	114.0447	37.8	96	172	106
191	-8.34649	114.0439	38.3	99	160	113
192	-8.34655	114.0439	28.6	114	176	124
193	-8.34661	114.0438	44.2	95	173	110
194	-8.34666	114.0438	31.4	113	175	108
195	-8.34672	114.0438	34.9	112	174	120
196	-8.34679	114.0439	40.2	100	175	119
197	-8.34672	114.0439	38.9	97	174	110
198	-8.34664	114.044	44.3	92	173	105
199	-8.34658	114.044	43.3	93	172	117
200	-8.34651	114.0441	29.3	113	174	112
201	-8.34777	114.0434	40.2	104	183	115
202	-8.34769	114.0434	29.5	122	173	129
203	-8.34757	114.0435	32.7	106	173	114
204	-8.34745	114.0436	32.7	110	177	122
205	-8.34739	114.0436	18.9	119	184	51
206	-8.34745	114.0437	30.4	103	158	105
207	-8.3475	114.0437	34.6	111	183	124
208	-8.34758	114.0438	32.1	114	186	125
209	-8.34771	114.0437	37.1	91	164	102
210	-8.34781	114.0437	33.9	104	178	116
211	-8.3478	114.0439	26.9	126	183	128
212	-8.34773	114.0439	37.1	100	172	113
213	-8.34764	114.044	39.4	89	166	80
214	-8.34756	114.044	39.8	97	169	110
215	-8.3475	114.0442	36.7	97	174	112
216	-8.34751	114.0443	31.5	103	175	91
217	-8.34762	114.0444	29.5	113	164	106
218	-8.3477	114.0443	39.0	92	174	105
219	-8.34782	114.0443	36.5	98	175	111
220	-8.34785	114.0442	39.8	90	167	105
221	-8.34649	114.0439	32.4	114	172	122
222	-8.34666	114.0438	31.3	111	172	123
223	-8.34676	114.0438	28.0	110	171	118
224	-8.3469	114.0438	42.3	82	166	97
225	-8.34708	114.0439	36.0	99	160	108
226	-8.34701	114.044	35.2	98	173	112
227	-8.34691	114.044	40.3	95	176	112
228	-8.3468	114.0441	35.5	109	177	120

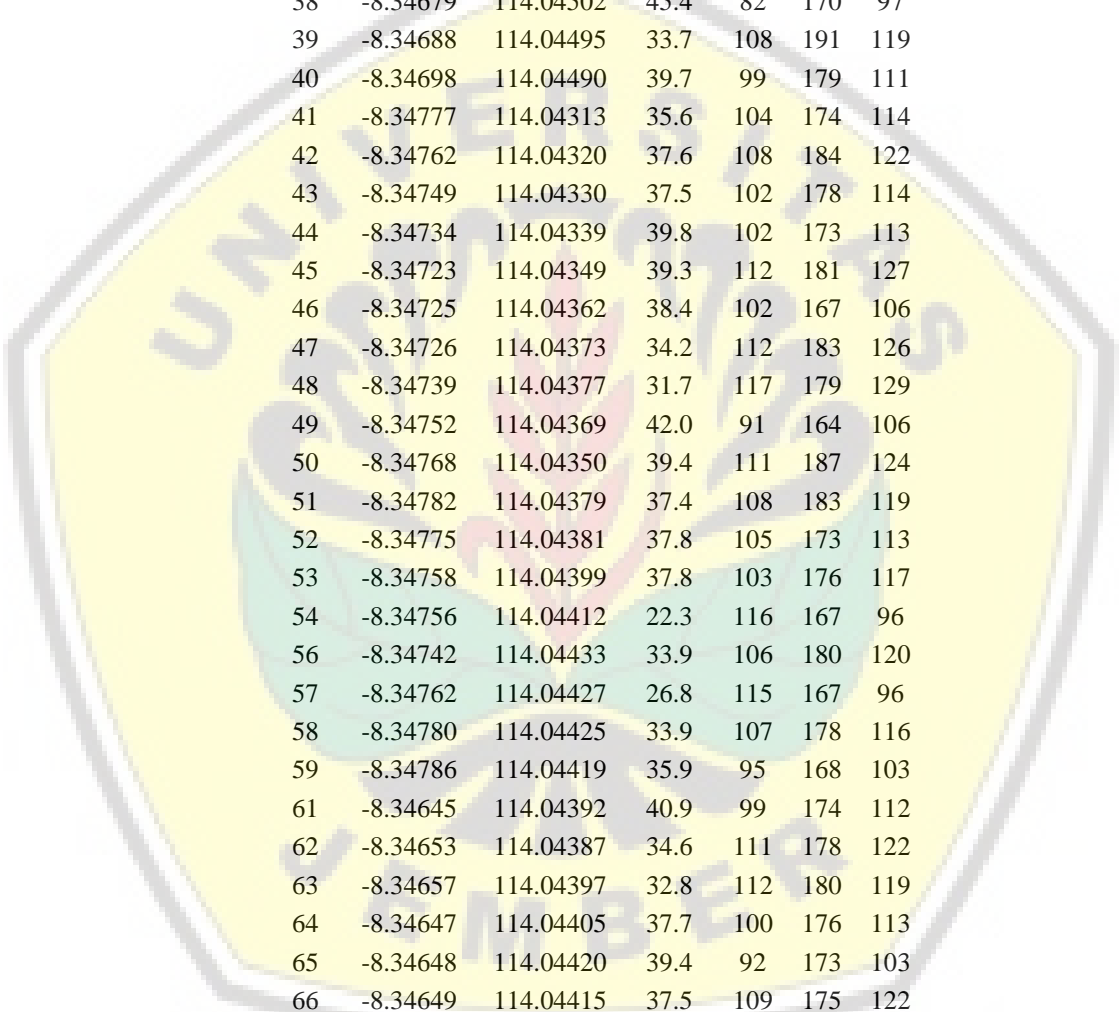


229	-8.34667	114.0441	35.3	103	178	113
230	-8.34657	114.0442	36.7	104	183	106
231	-8.34662	114.045	30.3	106	169	99
232	-8.34673	114.045	37.6	98	170	111
233	-8.34684	114.0449	34.3	103	175	109
234	-8.34696	114.0448	32.8	101	175	92
235	-8.34705	114.0447	36.5	95	173	103
236	-8.34712	114.0446	40.5	88	172	103
237	-8.34712	114.0444	40.3	89	164	96
238	-8.34704	114.0443	40.4	89	164	96
239	-8.34691	114.0444	38.1	88	157	87
240	-8.34673	114.0446	37.6	98	170	111
241	-8.3478	114.0436	45.7	65	136	78
242	-8.34769	114.0437	41.3	91	171	102
243	-8.34757	114.0437	33.9	93	152	92
244	-8.34746	114.0437	39.3	93	169	105
245	-8.34734	114.0437	40.3	90	172	105
246	-8.34733	114.0435	39.4	93	159	95
247	-8.34741	114.0434	53.2	67	157	88
248	-8.34753	114.0433	36.4	109	180	124
249	-8.34763	114.0432	48.4	82	164	100
250	-8.34778	114.0431	33.7	101	171	105
251	-8.34786	114.0444	34.5	96	160	102
252	-8.34775	114.0444	41.5	105	178	126
253	-8.34765	114.0444	37.3	82	140	95
254	-8.34753	114.0444	46.2	67	132	78
255	-8.34739	114.0443	40.8	83	151	91
256	-8.34738	114.0442	44.4	76	152	91
257	-8.34745	114.0439	43.2	106	180	122
258	-8.34759	114.044	32.4	99	171	92
259	-8.3477	114.0439	45.1	76	153	84
260	-8.3478	114.044	43.8	97	169	112
261	-8.34657	114.0451	43.3	92	166	110
262	-8.34665	114.045	39.7	106	173	119
263	-8.34677	114.0449	37.8	110	183	124
264	-8.34692	114.0448	36.2	109	170	120
265	-8.347	114.0446	41.5	97	175	115
266	-8.34692	114.0445	41.5	89	162	99
267	-8.34679	114.0444	38.8	88	156	96
268	-8.34669	114.0445	34.1	105	177	120
269	-8.34659	114.0446	47.0	70	149	82
270	-8.34655	114.0447	37.8	109	170	121
271	-8.34652	114.0438	34.9	110	175	124
272	-8.34665	114.0438	32.1	115	171	125

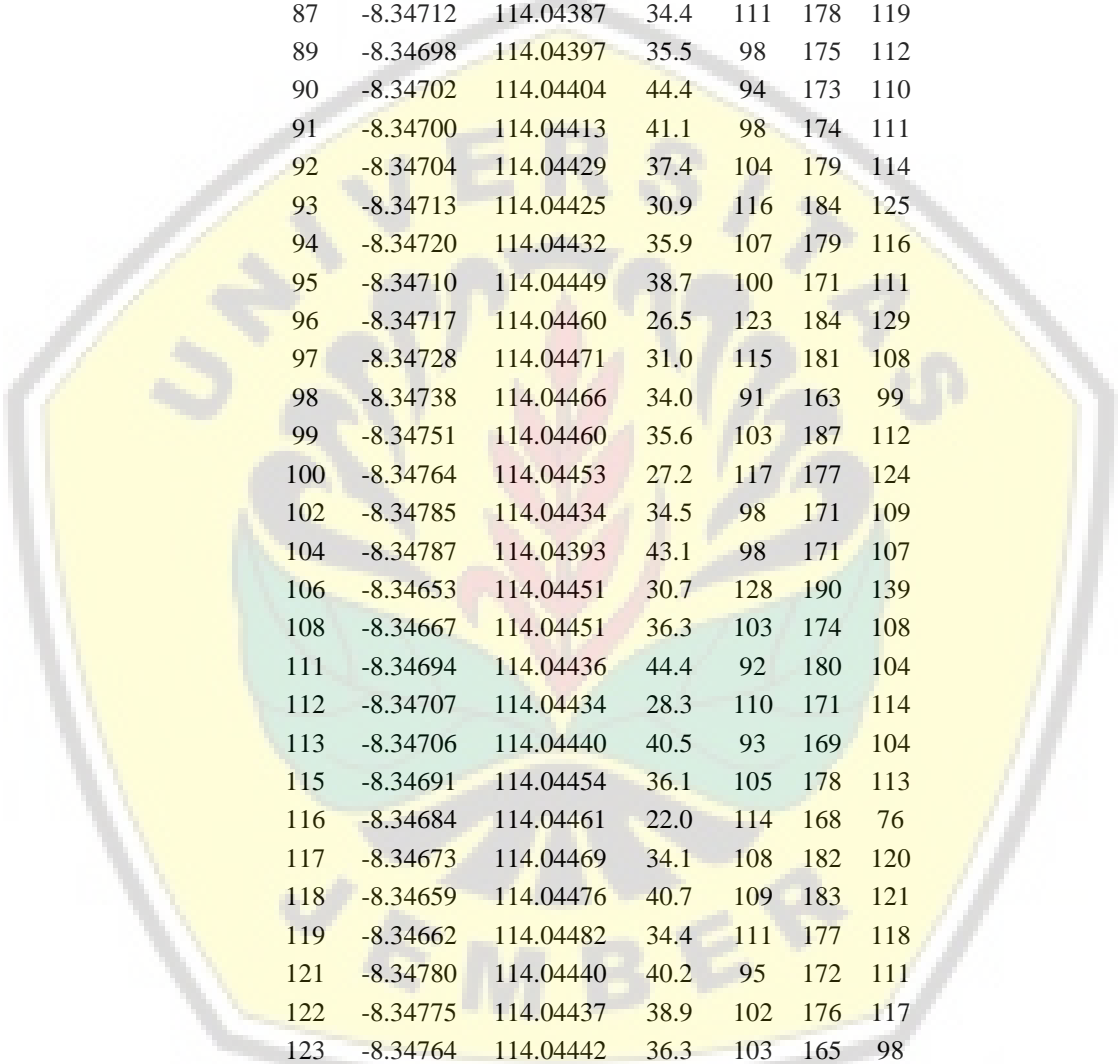
273	-8.34679	114.0438	34.3	107	171	111
274	-8.34695	114.0438	38.1	92	167	97
275	-8.34703	114.0439	38.8	108	186	122
276	-8.34709	114.0441	31.4	113	171	123
277	-8.34694	114.0442	41.1	96	168	110
277	-8.34694	114.0442	41.1	96	168	110
279	-8.34674	114.0443	40.4	83	148	92
280	-8.34657	114.0443	42.2	74	139	84
Maks			54.4	128	197	139
Min			18.9	65	132	51
Rata - rata			37.3	101	173	109
STDEV			5.5	11.4	9.9	13.0

Lampiran 3. Data kalibrasi dan pembuatan model

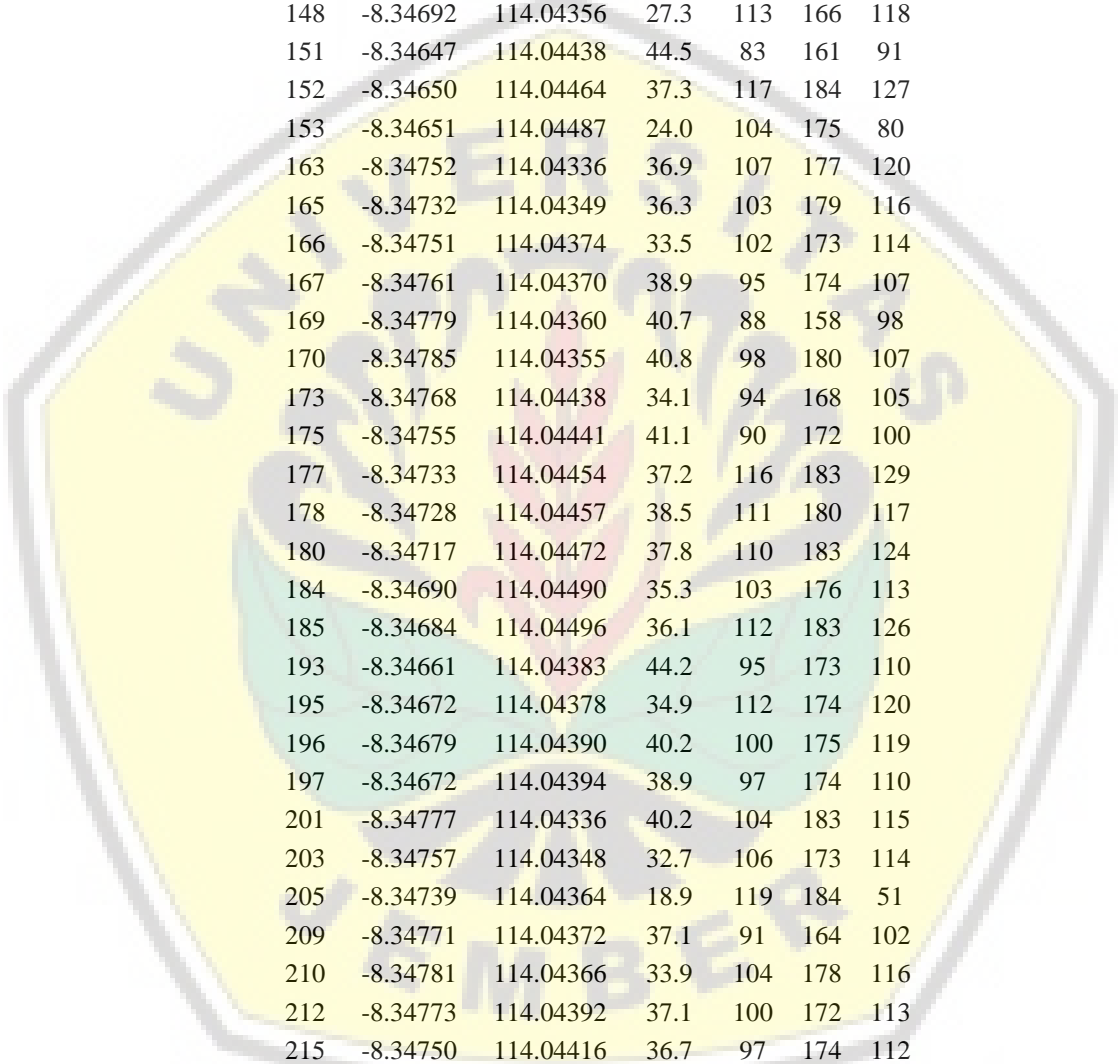
No	Latitude	Longitude	SPAD	R	G	B
1	-8.34787	114.04410	40.2	96	174	111
2	-8.34773	114.04449	36.9	110	184	121
4	-8.34725	114.04447	43.1	98	183	117
5	-8.34737	114.04438	37.9	96	168	98
6	-8.34754	114.04427	41.8	92	169	105
7	-8.34775	114.04416	44.3	91	174	110
8	-8.34779	114.04389	38.1	107	183	123
9	-8.34767	114.04401	40.2	79	155	90
10	-8.34751	114.04407	49.6	82	169	103
11	-8.34734	114.04418	43.3	89	165	103
12	-8.34724	114.04403	39.7	107	181	123
13	-8.34739	114.04393	36.8	105	179	117
14	-8.34760	114.04382	22.9	113	183	81
15	-8.34777	114.04360	33.3	126	197	138
16	-8.34761	114.04363	36.4	104	178	114
17	-8.34744	114.04364	37.4	109	180	122
18	-8.34751	114.04349	37.0	108	187	116
19	-8.34766	114.04341	32.8	113	177	124
20	-8.34775	114.04329	44.4	103	186	118
21	-8.34644	114.04384	34.3	108	170	118
22	-8.34661	114.04371	40.0	99	176	109
23	-8.34679	114.04362	37.4	116	184	123
24	-8.34701	114.04352	44.4	94	173	109
25	-8.34712	114.04363	40.8	96	173	111
26	-8.34699	114.04371	47.7	81	157	95
27	-8.34681	114.04385	44.4	83	163	100
28	-8.34667	114.04392	40.7	98	168	109
29	-8.34673	114.04404	39.6	103	173	109



30	-8.34648	114.04430	36.9	97	170	97
31	-8.34655	114.04446	42.4	91	172	107
32	-8.34668	114.04439	35.7	106	177	120
33	-8.34683	114.04430	35.7	109	185	117
34	-8.34698	114.04423	42.2	97	173	103
35	-8.34684	114.04437	49.2	82	170	97
36	-8.34672	114.04443	39.1	84	152	94
37	-8.34666	114.04512	33.1	107	182	112
38	-8.34679	114.04502	45.4	82	170	97
39	-8.34688	114.04495	33.7	108	191	119
40	-8.34698	114.04490	39.7	99	179	111
41	-8.34777	114.04313	35.6	104	174	114
42	-8.34762	114.04320	37.6	108	184	122
43	-8.34749	114.04330	37.5	102	178	114
44	-8.34734	114.04339	39.8	102	173	113
45	-8.34723	114.04349	39.3	112	181	127
46	-8.34725	114.04362	38.4	102	167	106
47	-8.34726	114.04373	34.2	112	183	126
48	-8.34739	114.04377	31.7	117	179	129
49	-8.34752	114.04369	42.0	91	164	106
50	-8.34768	114.04350	39.4	111	187	124
51	-8.34782	114.04379	37.4	108	183	119
52	-8.34775	114.04381	37.8	105	173	113
53	-8.34758	114.04399	37.8	103	176	117
54	-8.34756	114.04412	22.3	116	167	96
56	-8.34742	114.04433	33.9	106	180	120
57	-8.34762	114.04427	26.8	115	167	96
58	-8.34780	114.04425	33.9	107	178	116
59	-8.34786	114.04419	35.9	95	168	103
61	-8.34645	114.04392	40.9	99	174	112
62	-8.34653	114.04387	34.6	111	178	122
63	-8.34657	114.04397	32.8	112	180	119
64	-8.34647	114.04405	37.7	100	176	113
65	-8.34648	114.04420	39.4	92	173	103
66	-8.34649	114.04415	37.5	109	175	122
67	-8.34662	114.04411	29.7	111	173	120
68	-8.34662	114.04407	36.0	99	172	107
70	-8.34658	114.04424	40.5	98	176	106
71	-8.34676	114.04494	33.7	97	171	98
72	-8.34663	114.04500	40.5	99	170	109
73	-8.34685	114.04489	32.0	98	168	102
74	-8.34692	114.04482	40.1	90	171	103
75	-8.34704	114.04476	33.3	110	177	115
76	-8.34696	114.04468	39.5	102	179	115



78	-8.34676	114.04479	42.5	93	165	105
79	-8.34681	114.04476	33.8	115	183	125
80	-8.34656	114.04518	41.9	92	171	102
81	-8.34777	114.04341	42.8	102	183	119
82	-8.34764	114.04333	27.2	114	181	90
83	-8.34751	114.04342	39.2	111	192	123
84	-8.34736	114.04355	23.6	106	170	87
87	-8.34712	114.04387	34.4	111	178	119
89	-8.34698	114.04397	35.5	98	175	112
90	-8.34702	114.04404	44.4	94	173	110
91	-8.34700	114.04413	41.1	98	174	111
92	-8.34704	114.04429	37.4	104	179	114
93	-8.34713	114.04425	30.9	116	184	125
94	-8.34720	114.04432	35.9	107	179	116
95	-8.34710	114.04449	38.7	100	171	111
96	-8.34717	114.04460	26.5	123	184	129
97	-8.34728	114.04471	31.0	115	181	108
98	-8.34738	114.04466	34.0	91	163	99
99	-8.34751	114.04460	35.6	103	187	112
100	-8.34764	114.04453	27.2	117	177	124
102	-8.34785	114.04434	34.5	98	171	109
104	-8.34787	114.04393	43.1	98	171	107
106	-8.34653	114.04451	30.7	128	190	139
108	-8.34667	114.04451	36.3	103	174	108
111	-8.34694	114.04436	44.4	92	180	104
112	-8.34707	114.04434	28.3	110	171	114
113	-8.34706	114.04440	40.5	93	169	104
115	-8.34691	114.04454	36.1	105	178	113
116	-8.34684	114.04461	22.0	114	168	76
117	-8.34673	114.04469	34.1	108	182	120
118	-8.34659	114.04476	40.7	109	183	121
119	-8.34662	114.04482	34.4	111	177	118
121	-8.34780	114.04440	40.2	95	172	111
122	-8.34775	114.04437	38.9	102	176	117
123	-8.34764	114.04442	36.3	103	165	98
124	-8.34753	114.04449	40.3	97	172	108
125	-8.34745	114.04455	37.8	104	175	113
127	-8.34716	114.04476	33.4	107	174	115
128	-8.34707	114.04479	38.1	104	185	114
131	-8.34662	114.04459	19.9	128	182	78
132	-8.34673	114.04450	38.6	115	191	131
134	-8.34693	114.04438	40.8	91	175	103
136	-8.34718	114.04421	47.8	87	165	98
138	-8.34745	114.04401	37.7	107	181	120



140	-8.34770	114.04395	28.0	92	154	73
141	-8.34777	114.04305	44.7	90	171	101
143	-8.34743	114.04324	38.3	88	148	101
144	-8.34737	114.04328	47.6	83	177	100
145	-8.34729	114.04333	29.9	111	174	119
146	-8.34718	114.04338	43.2	83	162	98
147	-8.34715	114.04339	39.1	79	154	91
148	-8.34692	114.04356	27.3	113	166	118
151	-8.34647	114.04438	44.5	83	161	91
152	-8.34650	114.04464	37.3	117	184	127
153	-8.34651	114.04487	24.0	104	175	80
163	-8.34752	114.04336	36.9	107	177	120
165	-8.34732	114.04349	36.3	103	179	116
166	-8.34751	114.04374	33.5	102	173	114
167	-8.34761	114.04370	38.9	95	174	107
169	-8.34779	114.04360	40.7	88	158	98
170	-8.34785	114.04355	40.8	98	180	107
173	-8.34768	114.04438	34.1	94	168	105
175	-8.34755	114.04441	41.1	90	172	100
177	-8.34733	114.04454	37.2	116	183	129
178	-8.34728	114.04457	38.5	111	180	117
180	-8.34717	114.04472	37.8	110	183	124
184	-8.34690	114.04490	35.3	103	176	113
185	-8.34684	114.04496	36.1	112	183	126
193	-8.34661	114.04383	44.2	95	173	110
195	-8.34672	114.04378	34.9	112	174	120
196	-8.34679	114.04390	40.2	100	175	119
197	-8.34672	114.04394	38.9	97	174	110
201	-8.34777	114.04336	40.2	104	183	115
203	-8.34757	114.04348	32.7	106	173	114
205	-8.34739	114.04364	18.9	119	184	51
209	-8.34771	114.04372	37.1	91	164	102
210	-8.34781	114.04366	33.9	104	178	116
212	-8.34773	114.04392	37.1	100	172	113
215	-8.34750	114.04416	36.7	97	174	112
222	-8.34666	114.04380	31.3	111	172	123
224	-8.34690	114.04381	42.3	82	166	97
227	-8.34691	114.04404	40.3	95	176	112
228	-8.34680	114.04410	35.5	109	177	120
235	-8.34705	114.04474	36.5	95	173	103
236	-8.34712	114.04457	40.5	88	172	103
240	-8.34673	114.04455	37.6	98	170	111
244	-8.34746	114.04375	39.3	93	169	105
245	-8.34734	114.04368	40.3	90	172	105

247	-8.34741	114.04335	53.2	67	157	88
249	-8.34763	114.04321	48.4	82	164	100
254	-8.34753	114.04435	46.2	67	132	78
255	-8.34739	114.04430	40.8	83	151	91
265	-8.34700	114.04462	41.5	97	175	115
269	-8.34659	114.04456	47.0	70	149	82
270	-8.34655	114.04472	37.8	109	170	121
273	-8.34679	114.04379	34.3	107	171	111
275	-8.34703	114.04390	38.8	108	186	122
276	-8.34709	114.04407	31.4	113	171	123
277	-8.34694	114.04418	41.1	96	168	110
279	-8.34674	114.04432	40.4	83	148	92
280	-8.34657	114.04430	42.2	74	139	84
Maks			53.2	128	197	139
Min			18.9	67	132	51
Rata - rata			37.4	101	174	109
Standar Dev			5.7	11	9	13

Lampiran 4. Hasil pengolahan data kalibrasi dan pembuatan model

No	r	g	b	NDVI RGB	BRAVI	BRAVI - SR	VARI
1	0.252402	0.456769	0.290830	0.49520	0.0006121	0.0038229	0.48852
2	0.264813	0.443773	0.291415	0.47037	0.0005492	0.0036255	0.42899
4	0.246231	0.459799	0.293970	0.50754	0.0006389	0.0039221	0.51829
5	0.265193	0.464088	0.270718	0.46961	0.0005715	0.0036489	0.43373
6	0.251710	0.462380	0.285910	0.49658	0.0006202	0.0038407	0.49201
7	0.242667	0.464000	0.293333	0.51467	0.0006564	0.0039846	0.53548
8	0.258182	0.443636	0.298182	0.48364	0.0005748	0.0037176	0.45946
9	0.242658	0.479134	0.278207	0.51468	0.0006673	0.0039995	0.53310
10	0.231638	0.477401	0.290960	0.53672	0.0007083	0.0041867	0.58784
11	0.248945	0.462729	0.288326	0.50211	0.0006310	0.0038834	0.50498
12	0.260940	0.439222	0.299838	0.47812	0.0005582	0.0036707	0.44534
13	0.261845	0.446384	0.291771	0.47631	0.0005640	0.0036707	0.44311
14	0.299202	0.486702	0.214096	0.40160	0.0004790	0.0032525	0.32791
15	0.273319	0.427332	0.299349	0.45336	0.0004921	0.0034826	0.38378
16	0.262357	0.449937	0.287706	0.47529	0.0005663	0.0036692	0.44179
17	0.265207	0.437956	0.296837	0.46959	0.0005398	0.0036098	0.42515
18	0.262774	0.454988	0.282238	0.47445	0.0005707	0.0036708	0.44134
19	0.272068	0.428053	0.299879	0.45586	0.0004981	0.0035000	0.38973
20	0.253071	0.457002	0.289926	0.49386	0.0006097	0.0038132	0.48538
21	0.272880	0.429051	0.298069	0.45424	0.0004966	0.0034918	0.38669
22	0.256845	0.458931	0.284224	0.48631	0.0005973	0.0037602	0.46828
23	0.274232	0.434988	0.290780	0.45154	0.0005007	0.0034864	0.38418
24	0.250000	0.460106	0.289894	0.50000	0.0006246	0.0038639	0.50000
25	0.252632	0.455263	0.292105	0.49474	0.0006096	0.0038174	0.48734
26	0.243243	0.471471	0.285285	0.51351	0.0006599	0.0039834	0.53147

27	0.239884	0.471098	0.289017	0.52023	0.0006726	0.0040384	0.54795
28	0.262032	0.447861	0.290107	0.47594	0.0005651	0.0036705	0.44268
29	0.267532	0.449351	0.283117	0.46494	0.0005460	0.0035979	0.41916
30	0.266484	0.467033	0.266484	0.46703	0.0005698	0.0036345	0.42941
31	0.245946	0.464865	0.289189	0.50811	0.0006444	0.0039330	0.51923
32	0.263027	0.439206	0.297767	0.47395	0.0005500	0.0036418	0.43558
33	0.265207	0.450122	0.284672	0.46959	0.0005558	0.0036304	0.42938
34	0.260054	0.463807	0.276139	0.47989	0.0005902	0.0037201	0.45509
35	0.235842	0.486738	0.277419	0.52832	0.0006969	0.0041189	0.56361
36	0.253799	0.462006	0.284195	0.49240	0.0006119	0.0038089	0.48239
37	0.266542	0.453184	0.280275	0.46692	0.0005544	0.0036168	0.42472
38	0.235842	0.486738	0.277419	0.52832	0.0006969	0.0041189	0.56361
39	0.258373	0.456938	0.284689	0.48325	0.0005894	0.0037355	0.46111
40	0.255155	0.460052	0.284794	0.48969	0.0006048	0.0037864	0.47605
41	0.264456	0.443878	0.291667	0.47109	0.0005507	0.0036306	0.43061
42	0.261185	0.444982	0.293833	0.47763	0.0005648	0.0036775	0.44575
43	0.258883	0.451777	0.289340	0.48223	0.0005818	0.0037209	0.45783
44	0.261935	0.446452	0.291613	0.47613	0.0005637	0.0036695	0.44272
45	0.266667	0.430952	0.302381	0.46667	0.0005238	0.0035764	0.41566
46	0.272000	0.445333	0.282667	0.45600	0.0005240	0.0035330	0.39877
47	0.266403	0.434783	0.298814	0.46719	0.0005306	0.0035876	0.41847
48	0.275294	0.421176	0.303529	0.44941	0.0004739	0.0034443	0.37126
49	0.251040	0.454924	0.294036	0.49792	0.0006155	0.0038409	0.49495
50	0.263033	0.443128	0.293839	0.47393	0.0005552	0.0036487	0.43678
51	0.262836	0.446210	0.290954	0.47433	0.0005599	0.0036567	0.43860
52	0.268542	0.442455	0.289003	0.46292	0.0005332	0.0035733	0.41212
53	0.260404	0.443884	0.295712	0.47919	0.0005664	0.0036866	0.44907
54	0.306069	0.440633	0.253298	0.38786	0.0003942	0.0031355	0.27273
56	0.261084	0.443350	0.295567	0.47783	0.0005631	0.0036761	0.44578
57	0.304233	0.441799	0.253968	0.39153	0.0004025	0.0031561	0.27957
58	0.266390	0.443983	0.289627	0.46722	0.0005434	0.0036046	0.42209
59	0.259259	0.459534	0.281207	0.48148	0.0005888	0.0037263	0.45768
61	0.257143	0.451948	0.290909	0.48571	0.0005887	0.0037461	0.46584
62	0.269699	0.433794	0.296507	0.46060	0.0005163	0.0035422	0.40319
63	0.271951	0.437805	0.290244	0.45610	0.0005136	0.0035207	0.39535
64	0.257732	0.452320	0.289948	0.48454	0.0005868	0.0037382	0.46319
65	0.250000	0.470109	0.279891	0.50000	0.0006333	0.0038753	0.50000
66	0.267571	0.431566	0.300863	0.46486	0.0005212	0.0035657	0.41176
67	0.274897	0.427984	0.297119	0.45021	0.0004870	0.0034641	0.37728
68	0.261905	0.455026	0.283069	0.47619	0.0005740	0.0036830	0.44512
70	0.258235	0.463768	0.277997	0.48353	0.0005969	0.0037461	0.46291
71	0.265463	0.466886	0.267652	0.46907	0.0005734	0.0036482	0.43345
72	0.262093	0.449428	0.288478	0.47581	0.0005667	0.0036721	0.44283
73	0.266304	0.456522	0.277174	0.46739	0.0005592	0.0036246	0.42683
74	0.246556	0.469697	0.283747	0.50689	0.0006460	0.0039286	0.51592
75	0.273632	0.440299	0.286070	0.45274	0.0005108	0.0035037	0.38953
76	0.256637	0.452592	0.290771	0.48673	0.0005913	0.0037544	0.46828
78	0.255525	0.455801	0.288674	0.48895	0.0005991	0.0037753	0.47386

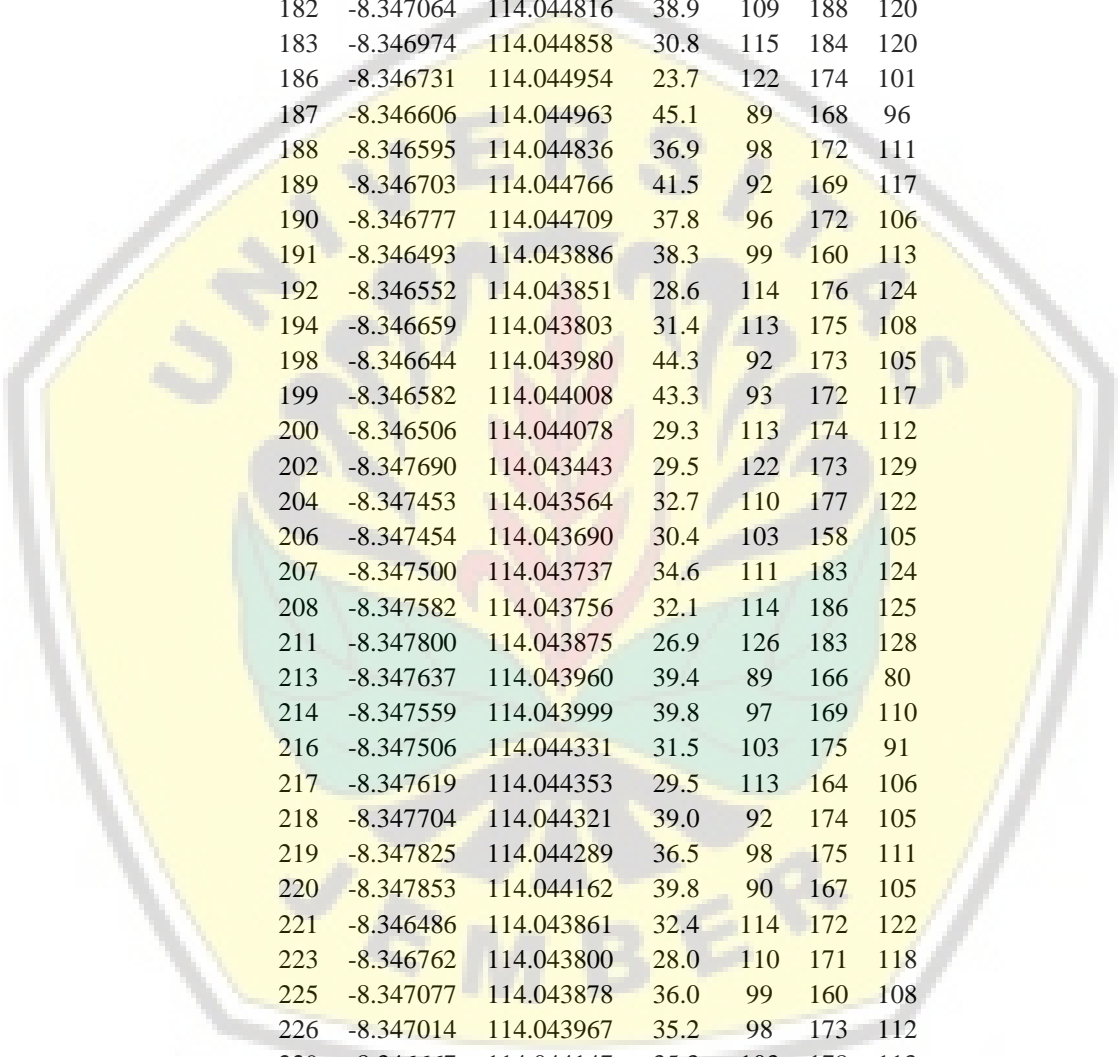
79	0.271868	0.432624	0.295508	0.45626	0.0005061	0.0035119	0.39306
80	0.251601	0.468435	0.279963	0.49680	0.0006259	0.0038492	0.49272
81	0.252475	0.452970	0.294554	0.49505	0.0006078	0.0038163	0.48795
82	0.296489	0.469441	0.234070	0.40702	0.0004685	0.0032714	0.32518
83	0.260563	0.450704	0.288732	0.47887	0.0005741	0.0036955	0.45000
84	0.292011	0.468320	0.239669	0.41598	0.0004822	0.0033202	0.33862
87	0.271499	0.436118	0.292383	0.45700	0.0005128	0.0035234	0.39645
89	0.254545	0.454545	0.290909	0.49091	0.0006015	0.0037879	0.47826
90	0.249337	0.458886	0.291777	0.50133	0.0006260	0.0038725	0.50318
91	0.255875	0.454308	0.289817	0.48825	0.0005961	0.0037680	0.47205
92	0.261745	0.450503	0.287752	0.47651	0.0005694	0.0036786	0.44466
93	0.272941	0.432941	0.294118	0.45412	0.0005025	0.0034988	0.38857
94	0.266169	0.445274	0.288557	0.46766	0.0005460	0.0036097	0.42353
95	0.260680	0.448126	0.291194	0.47864	0.0005706	0.0036898	0.44885
96	0.282110	0.422018	0.295872	0.43578	0.0004489	0.0033637	0.34270
97	0.285124	0.447934	0.266942	0.42975	0.0004794	0.0033756	0.34929
98	0.257790	0.461756	0.280453	0.48442	0.0005966	0.0037501	0.46452
99	0.256219	0.465174	0.278607	0.48756	0.0006057	0.0037769	0.47191
100	0.279904	0.423445	0.296651	0.44019	0.0004600	0.0033931	0.35294
102	0.258605	0.451898	0.289497	0.48279	0.0005830	0.0037250	0.45912
104	0.259654	0.455393	0.284953	0.48069	0.0005829	0.0037152	0.45511
106	0.280088	0.415755	0.304158	0.43982	0.0004452	0.0033733	0.34637
108	0.267532	0.451948	0.280519	0.46494	0.0005492	0.0036018	0.42012
111	0.244681	0.478723	0.276596	0.51064	0.0006595	0.0039664	0.52381
112	0.278481	0.432911	0.288608	0.44304	0.0004813	0.0034297	0.36527
113	0.253425	0.461644	0.284932	0.49315	0.0006129	0.0038140	0.48408
115	0.264557	0.449367	0.286076	0.47089	0.0005573	0.0036381	0.43195
116	0.318436	0.469274	0.212291	0.36313	0.0003975	0.0030472	0.26214
117	0.262836	0.443765	0.293399	0.47433	0.0005568	0.0036526	0.43787
118	0.263923	0.443099	0.292978	0.47215	0.0005518	0.0036365	0.43275
119	0.273399	0.435961	0.290640	0.45320	0.0005053	0.0034988	0.38824
121	0.250663	0.456233	0.293103	0.49867	0.0006183	0.0038485	0.49679
122	0.259291	0.445101	0.295608	0.48142	0.0005723	0.0037044	0.45455
123	0.281022	0.450730	0.268248	0.43796	0.0004981	0.0034285	0.36614
124	0.257294	0.456233	0.286472	0.48541	0.0005928	0.0037501	0.46584
125	0.264706	0.447570	0.287724	0.47059	0.0005545	0.0036332	0.43072
127	0.270202	0.439394	0.290404	0.45960	0.0005226	0.0035462	0.40361
128	0.257450	0.458609	0.283940	0.48510	0.0005947	0.0037511	0.46552
131	0.329897	0.469072	0.201031	0.34021	0.0003617	0.0029419	0.23276
132	0.263158	0.437071	0.299771	0.47368	0.0005466	0.0036360	0.43429
134	0.246947	0.474898	0.278155	0.50611	0.0006484	0.0039273	0.51376
136	0.248571	0.471429	0.280000	0.50286	0.0006397	0.0038987	0.50649
138	0.261963	0.443558	0.294479	0.47607	0.0005599	0.0036643	0.44179
140	0.288854	0.481947	0.229199	0.42229	0.0005076	0.0033660	0.35652
141	0.248619	0.472376	0.279006	0.50276	0.0006403	0.0038989	0.50625
143	0.261128	0.439169	0.299703	0.47774	0.0005574	0.0036680	0.44444
144	0.230556	0.491667	0.277778	0.53889	0.0007187	0.0042147	0.58750
145	0.274752	0.430693	0.294554	0.45050	0.0004920	0.0034715	0.37952

146	0.241983	0.472303	0.285714	0.51603	0.0006653	0.0040048	0.53741
147	0.243827	0.475309	0.280864	0.51235	0.0006604	0.0039775	0.52817
148	0.284635	0.418136	0.297229	0.43073	0.0004321	0.0033254	0.32919
151	0.247761	0.480597	0.271642	0.50448	0.0006493	0.0039188	0.50980
152	0.273364	0.429907	0.296729	0.45327	0.0004961	0.0034874	0.38506
153	0.290098	0.486750	0.223152	0.41980	0.0005082	0.0033539	0.35516
163	0.264268	0.439206	0.296526	0.47146	0.0005452	0.0036248	0.42988
165	0.259119	0.450314	0.290566	0.48176	0.0005792	0.0037153	0.45646
166	0.261762	0.444825	0.293413	0.47648	0.0005623	0.0036692	0.44306
167	0.252660	0.462766	0.284574	0.49468	0.0006169	0.0038269	0.48765
169	0.254731	0.459971	0.285298	0.49054	0.0006064	0.0037925	0.47797
170	0.254545	0.467532	0.277922	0.49091	0.0006141	0.0038041	0.47953
173	0.256831	0.457650	0.285519	0.48634	0.0005960	0.0037588	0.46815
175	0.248619	0.475138	0.276243	0.50276	0.0006424	0.0039013	0.50617
177	0.271028	0.427570	0.301402	0.45794	0.0005014	0.0035123	0.39412
178	0.272059	0.441176	0.286765	0.45588	0.0005180	0.0035253	0.39655
180	0.263789	0.438849	0.297362	0.47242	0.0005466	0.0036307	0.43195
184	0.261682	0.449448	0.288870	0.47664	0.0005683	0.0036779	0.44467
185	0.266033	0.434679	0.299287	0.46793	0.0005319	0.0035924	0.42012
193	0.251656	0.458278	0.290066	0.49669	0.0006165	0.0038363	0.49211
195	0.275862	0.428571	0.295567	0.44828	0.0004842	0.0034533	0.37349
196	0.253807	0.444162	0.302030	0.49239	0.0005926	0.0037821	0.48077
197	0.254593	0.456693	0.288714	0.49081	0.0006036	0.0037902	0.47826
201	0.258706	0.455224	0.286070	0.48259	0.0005863	0.0037284	0.45930
203	0.269720	0.440204	0.290076	0.46056	0.0005256	0.0035539	0.40606
205	0.336158	0.519774	0.144068	0.32768	0.0004031	0.0028957	0.25794
209	0.254902	0.459384	0.285714	0.49020	0.0006051	0.0037893	0.47712
210	0.261307	0.447236	0.291457	0.47739	0.0005671	0.0036796	0.44578
212	0.259740	0.446753	0.293506	0.48052	0.0005725	0.0037008	0.45283
215	0.253264	0.454308	0.292428	0.49347	0.0006062	0.0038065	0.48428
222	0.273736	0.424168	0.302096	0.45253	0.0004852	0.0034705	0.38006
224	0.237263	0.481805	0.280932	0.52547	0.0006891	0.0040916	0.55814
227	0.248042	0.459530	0.292428	0.50392	0.0006316	0.0038934	0.50943
228	0.267901	0.437037	0.295062	0.46420	0.0005280	0.0035721	0.41265
235	0.256065	0.466307	0.277628	0.48787	0.0006074	0.0037804	0.47273
236	0.242424	0.473829	0.283747	0.51515	0.0006647	0.0039990	0.53503
240	0.258575	0.448549	0.292876	0.48285	0.0005792	0.0037203	0.45860
244	0.253406	0.460490	0.286104	0.49319	0.0006119	0.0038129	0.48408
245	0.245232	0.468665	0.286104	0.50954	0.0006502	0.0039486	0.52229
247	0.214744	0.503205	0.282051	0.57051	0.0007806	0.0045242	0.66176
249	0.236994	0.473988	0.289017	0.52601	0.0006856	0.0040900	0.56164
254	0.241877	0.476534	0.281588	0.51625	0.0006686	0.0040103	0.53719
255	0.255385	0.464615	0.280000	0.48923	0.0006084	0.0037885	0.47552
265	0.250646	0.452196	0.297158	0.49871	0.0006142	0.0038428	0.49682
269	0.232558	0.495017	0.272425	0.53488	0.0007124	0.0041797	0.57664
270	0.272500	0.425000	0.302500	0.45500	0.0004914	0.0034880	0.38608
273	0.275064	0.439589	0.285347	0.44987	0.0005044	0.0034844	0.38323
275	0.259615	0.447115	0.293269	0.48077	0.0005735	0.0037032	0.45349

276	0.277641	0.420147	0.302211	0.44472	0.0004629	0.0034131	0.36025
277	0.256684	0.449198	0.294118	0.48663	0.0005873	0.0037485	0.46753
279	0.256966	0.458204	0.284830	0.48607	0.0005961	0.0037575	0.46763
280	0.249158	0.468013	0.282828	0.50168	0.0006348	0.0038862	0.50388
Maks	0.336158	0.519774	0.304158	0.57051	0.0007806	0.0045242	0.66176
Min	0.214744	0.415755	0.144068	0.32768	0.0003617	0.0028957	0.23276
Rata – rata	0.262003	0.453294	0.284704	0.47599	0.0005700	0.0036883	0.44631
STDEV	0.016112	0.017200	0.019135	0.03222	0.0000677	0.0002268	0.06507

Lampiran 5. Data uji validasi

No	Latitude	Longitude	SPAD	R	G	B
3	-8.347726	114.044486	39.4	117	195	125
55	-8.347554	114.044232	37.9	104	170	110
60	-8.347816	114.044019	37.2	97	172	112
69	-8.346694	114.044184	35.2	103	178	116
77	-8.346877	114.044725	42.6	107	181	125
85	-8.347313	114.043674	42.3	114	186	119
86	-8.347257	114.043729	27.3	119	188	92
88	-8.347242	114.044025	44.4	97	177	114
101	-8.347797	114.044254	29.4	115	184	92
103	-8.347866	114.044081	36.9	98	164	111
105	-8.347868	114.043786	36.2	107	182	113
107	-8.346724	114.044430	37.0	91	153	96
109	-8.346819	114.044437	32.7	101	174	110
110	-8.347104	114.044486	39.5	103	171	116
116	-8.346837	114.044612	22.0	114	168	76
120	-8.346640	114.044932	37.2	102	172	110
126	-8.347318	114.044663	42.7	95	177	98
129	-8.346919	114.044820	38.9	99	172	92
130	-8.346735	114.044994	35.8	105	188	119
133	-8.346819	114.044437	36.5	107	182	122
135	-8.347039	114.044292	33.7	116	188	129
137	-8.347324	114.044100	33.2	126	189	139
139	-8.347549	114.044007	37.8	116	194	128
142	-8.347642	114.043111	36.2	114	196	125
149	-8.346610	114.043710	30.6	122	187	123
150	-8.346494	114.044147	37.0	114	183	127
154	-8.346580	114.045178	43.0	91	172	102
155	-8.346650	114.045126	54.4	78	188	100
156	-8.346666	114.045120	45.1	103	188	121
157	-8.346678	114.045104	42.4	97	183	115
158	-8.346785	114.045031	35.8	100	165	88
159	-8.346786	114.045021	44.0	87	168	95
160	-8.346811	114.045015	49.8	71	156	85
161	-8.347780	114.043178	32.3	117	182	125
162	-8.347616	114.043302	33.2	109	170	120



164	-8.347402	114.043439	38.3	104	175	115
168	-8.347683	114.043637	36.6	111	184	118
171	-8.347840	114.044393	44.8	85	168	95
172	-8.347781	114.044347	33.4	109	180	117
174	-8.347613	114.044394	32.5	96	172	83
176	-8.347417	114.044481	40.6	104	181	117
179	-8.347243	114.044659	35.8	106	178	122
181	-8.347134	114.044792	37.2	104	183	116
182	-8.347064	114.044816	38.9	109	188	120
183	-8.346974	114.044858	30.8	115	184	120
186	-8.346731	114.044954	23.7	122	174	101
187	-8.346606	114.044963	45.1	89	168	96
188	-8.346595	114.044836	36.9	98	172	111
189	-8.346703	114.044766	41.5	92	169	117
190	-8.346777	114.044709	37.8	96	172	106
191	-8.346493	114.043886	38.3	99	160	113
192	-8.346552	114.043851	28.6	114	176	124
194	-8.346659	114.043803	31.4	113	175	108
198	-8.346644	114.043980	44.3	92	173	105
199	-8.346582	114.044008	43.3	93	172	117
200	-8.346506	114.044078	29.3	113	174	112
202	-8.347690	114.043443	29.5	122	173	129
204	-8.347453	114.043564	32.7	110	177	122
206	-8.347454	114.043690	30.4	103	158	105
207	-8.347500	114.043737	34.6	111	183	124
208	-8.347582	114.043756	32.1	114	186	125
211	-8.347800	114.043875	26.9	126	183	128
213	-8.347637	114.043960	39.4	89	166	80
214	-8.347559	114.043999	39.8	97	169	110
216	-8.347506	114.044331	31.5	103	175	91
217	-8.347619	114.044353	29.5	113	164	106
218	-8.347704	114.044321	39.0	92	174	105
219	-8.347825	114.044289	36.5	98	175	111
220	-8.347853	114.044162	39.8	90	167	105
221	-8.346486	114.043861	32.4	114	172	122
223	-8.346762	114.043800	28.0	110	171	118
225	-8.347077	114.043878	36.0	99	160	108
226	-8.347014	114.043967	35.2	98	173	112
229	-8.346667	114.044147	35.3	103	178	113
230	-8.346571	114.044225	36.7	104	183	106
231	-8.346621	114.045043	30.3	106	169	99
232	-8.346734	114.044972	37.6	98	170	111
233	-8.346837	114.044923	34.3	103	175	109
234	-8.346960	114.044834	32.8	101	175	92
237	-8.347116	114.044424	40.3	89	164	96
238	-8.347042	114.044314	40.4	89	164	96
239	-8.346907	114.044413	38.1	88	157	87
241	-8.347800	114.043602	45.7	65	136	78

242	-8.347693	114.043659	41.3	91	171	102
243	-8.347566	114.043691	33.9	93	152	92
246	-8.347325	114.043506	39.4	93	159	95
248	-8.347527	114.043322	36.4	109	180	124
250	-8.347778	114.043145	33.7	101	171	105
251	-8.347860	114.044356	34.5	96	160	102
252	-8.347750	114.044353	41.5	105	178	126
253	-8.347655	114.044424	37.3	82	140	95
256	-8.347382	114.044154	44.4	76	152	91
257	-8.347449	114.043938	43.2	106	180	122
258	-8.347594	114.043953	32.4	99	171	92
259	-8.347704	114.043942	45.1	76	153	84
260	-8.347800	114.043992	43.8	97	169	112
261	-8.346571	114.045135	43.3	92	166	110
262	-8.346645	114.045011	39.7	106	173	119
263	-8.346769	114.044944	37.8	110	183	124
264	-8.346918	114.044831	36.2	109	170	120
266	-8.346922	114.044484	41.5	89	162	99
267	-8.346794	114.044409	38.8	88	156	96
268	-8.346691	114.044463	34.1	105	177	120
271	-8.346525	114.043836	34.9	110	175	124
272	-8.346652	114.043811	32.1	115	171	125
274	-8.346953	114.043800	38.1	92	167	97
277	-8.346936	114.044183	41.1	96	168	110
	Maks		54.4	126	196	139
	Min		22.0	65	136	76
	Rata - rata		37.0	102	173	109
	Standar Dev		5.4	12	11	13

Lampiran 6. Hasil pengolahan data validasi

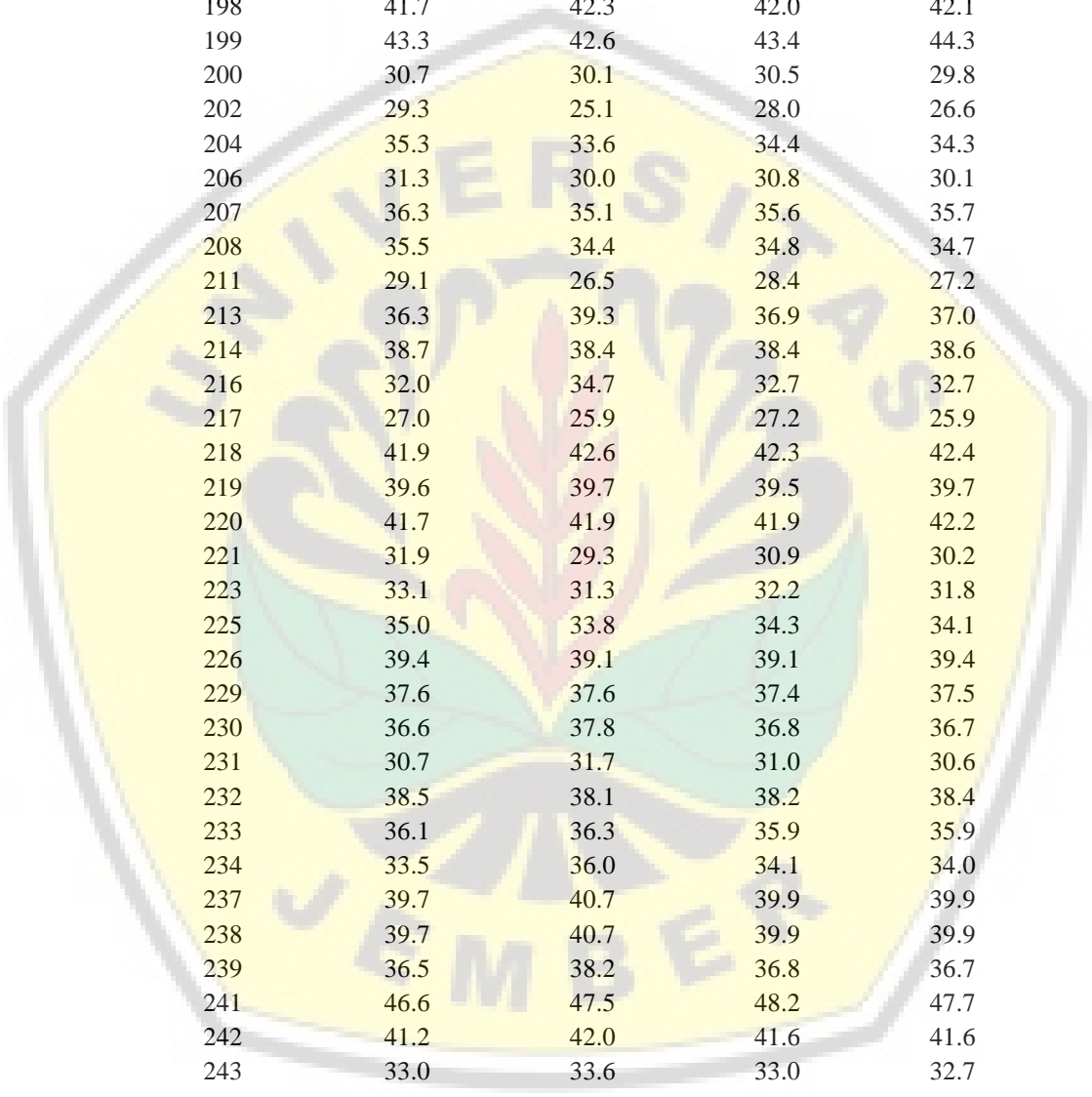
No	r	g	b	NDVI RGB	BRAVI	BRAVISR	VARI
3	0.267735	0.446224	0.286041	0.46453	0.0005413	0.0035903	0.41711
55	0.270833	0.442708	0.286458	0.45833	0.0005248	0.0035438	0.40244
60	0.254593	0.451444	0.293963	0.49081	0.0005980	0.0037825	0.47771
69	0.259446	0.448363	0.292191	0.48111	0.0005756	0.0037076	0.45455
77	0.259080	0.438257	0.302663	0.48184	0.0005642	0.0036950	0.45399
85	0.272076	0.443914	0.284010	0.45585	0.0005218	0.0035297	0.39779
86	0.298246	0.471178	0.230576	0.40351	0.0004648	0.0032537	0.32093
88	0.250000	0.456186	0.293814	0.50000	0.0006208	0.0038585	0.50000
101	0.294118	0.470588	0.235294	0.41176	0.0004778	0.0032985	0.33333
103	0.262735	0.439678	0.297587	0.47453	0.0005518	0.0036467	0.43709
105	0.266169	0.452736	0.281095	0.46766	0.0005553	0.0036212	0.42614
107	0.267647	0.450000	0.282353	0.46471	0.0005464	0.0035974	0.41892
109	0.262338	0.451948	0.285714	0.47532	0.0005688	0.0036725	0.44242
110	0.264103	0.438462	0.297436	0.47179	0.0005448	0.0036257	0.43038
116	0.318436	0.469274	0.212291	0.36313	0.0003975	0.0030472	0.26214

120	0.265625	0.447917	0.286458	0.46875	0.0005514	0.0036213	0.42683
126	0.256757	0.478378	0.264865	0.48649	0.0006150	0.0037811	0.47126
129	0.272727	0.473829	0.253444	0.45455	0.0005543	0.0035580	0.40782
130	0.254854	0.456311	0.288835	0.49029	0.0006022	0.0037858	0.47701
133	0.260341	0.442822	0.296837	0.47932	0.0005653	0.0036856	0.44910
135	0.267898	0.434180	0.297921	0.46420	0.0005239	0.0035666	0.41143
137	0.277533	0.416300	0.306167	0.44493	0.0004563	0.0034054	0.35795
139	0.264840	0.442922	0.292237	0.47032	0.0005480	0.0036237	0.42857
142	0.262069	0.450575	0.287356	0.47586	0.0005682	0.0036742	0.44324
149	0.282407	0.432870	0.284722	0.43519	0.0004664	0.0033823	0.34946
150	0.268868	0.431604	0.299528	0.46226	0.0005162	0.0035487	0.40588
154	0.249315	0.471233	0.279452	0.50137	0.0006368	0.0038870	0.50311
155	0.213115	0.513661	0.273224	0.57377	0.0007866	0.0045561	0.66265
156	0.250000	0.456311	0.293689	0.50000	0.0006209	0.0038587	0.50000
157	0.245570	0.463291	0.291139	0.50886	0.0006445	0.0039371	0.52121
158	0.283286	0.467422	0.249292	0.43343	0.0005109	0.0034209	0.36723
159	0.248571	0.480000	0.271429	0.50286	0.0006459	0.0039058	0.50625
160	0.227564	0.500000	0.272436	0.54487	0.0007322	0.0042714	0.59859
161	0.275943	0.429245	0.294811	0.44811	0.0004850	0.0034537	0.37356
162	0.273183	0.426065	0.300752	0.45363	0.0004905	0.0034816	0.38365
164	0.263959	0.444162	0.291878	0.47208	0.0005530	0.0036378	0.43293
168	0.268765	0.445521	0.285714	0.46247	0.0005364	0.0035755	0.41243
171	0.244253	0.482759	0.272989	0.51149	0.0006636	0.0039760	0.52532
172	0.268473	0.443350	0.288177	0.46305	0.0005347	0.0035758	0.41279
174	0.273504	0.490028	0.236467	0.45299	0.0005657	0.0035571	0.41081
176	0.258706	0.450249	0.291045	0.48259	0.0005807	0.0037211	0.45833
179	0.261084	0.438424	0.300493	0.47783	0.0005566	0.0036672	0.44444
181	0.258065	0.454094	0.287841	0.48387	0.0005875	0.0037360	0.46199
182	0.261391	0.450839	0.287770	0.47722	0.0005711	0.0036841	0.44633
183	0.274463	0.439141	0.286396	0.45107	0.0005060	0.0034911	0.38547
186	0.307305	0.438287	0.254408	0.38539	0.0003858	0.0031193	0.26667
187	0.252125	0.475921	0.271955	0.49575	0.0006300	0.0038481	0.49068
188	0.257218	0.451444	0.291339	0.48556	0.0005878	0.0037443	0.46541
189	0.243386	0.447090	0.309524	0.51323	0.0006377	0.0039479	0.53472
190	0.256684	0.459893	0.283422	0.48663	0.0005989	0.0037638	0.46914
191	0.266129	0.430108	0.303763	0.46774	0.0005247	0.0035818	0.41781
192	0.275362	0.425121	0.299517	0.44928	0.0004804	0.0034523	0.37349
194	0.285354	0.441919	0.272727	0.42929	0.0004697	0.0033636	0.34444
198	0.248649	0.467568	0.283784	0.50270	0.0006364	0.0038936	0.50625
199	0.243455	0.450262	0.306283	0.51309	0.0006407	0.0039521	0.53378
200	0.283208	0.436090	0.280702	0.43358	0.0004686	0.0033788	0.34857
202	0.287736	0.408019	0.304245	0.42453	0.0004000	0.0032656	0.30723
204	0.268949	0.432763	0.298289	0.46210	0.0005177	0.0035500	0.40606
206	0.281421	0.431694	0.286885	0.43716	0.0004682	0.0033918	0.35256
207	0.265550	0.437799	0.296651	0.46890	0.0005382	0.0036049	0.42353
208	0.268235	0.437647	0.294118	0.46353	0.0005276	0.0035688	0.41143
211	0.288330	0.418764	0.292906	0.42334	0.0004191	0.0032845	0.31492
213	0.265672	0.495522	0.238806	0.46866	0.0005958	0.0036627	0.44000

214	0.257979	0.449468	0.292553	0.48404	0.0005826	0.0037302	0.46154
216	0.279133	0.474255	0.246612	0.44173	0.0005325	0.0034773	0.38503
217	0.295039	0.428198	0.276762	0.40992	0.0004116	0.0032298	0.29825
218	0.247978	0.469003	0.283019	0.50404	0.0006401	0.0039055	0.50932
219	0.255208	0.455729	0.289063	0.48958	0.0006002	0.0037798	0.47531
220	0.248619	0.461326	0.290055	0.50276	0.0006310	0.0038867	0.50658
221	0.279412	0.421569	0.299020	0.44118	0.0004585	0.0033949	0.35366
223	0.275689	0.428571	0.295739	0.44862	0.0004849	0.0034555	0.37423
225	0.269755	0.435967	0.294278	0.46049	0.0005193	0.0035457	0.40397
226	0.255875	0.451697	0.292428	0.48825	0.0005933	0.0037641	0.47170
229	0.261421	0.451777	0.286802	0.47716	0.0005721	0.0036850	0.44643
230	0.264631	0.465649	0.269720	0.47074	0.0005752	0.0036583	0.43646
231	0.283422	0.451872	0.264706	0.43316	0.0004910	0.0034013	0.35795
232	0.258575	0.448549	0.292876	0.48285	0.0005792	0.0037203	0.45860
233	0.266150	0.452196	0.281654	0.46770	0.0005547	0.0036207	0.42604
234	0.274457	0.475543	0.250000	0.45109	0.0005499	0.0035371	0.40217
237	0.255014	0.469914	0.275072	0.48997	0.0006145	0.0037996	0.47771
238	0.255014	0.469914	0.275072	0.48997	0.0006145	0.0037996	0.47771
239	0.265060	0.472892	0.262048	0.46988	0.0005805	0.0036593	0.43671
241	0.232975	0.487455	0.279570	0.53405	0.0007080	0.0041695	0.57724
242	0.250000	0.469780	0.280220	0.50000	0.0006331	0.0038750	0.50000
243	0.275964	0.451039	0.272997	0.44807	0.0005169	0.0034913	0.38562
246	0.268012	0.458213	0.273775	0.46398	0.0005548	0.0036039	0.42038
248	0.263923	0.435835	0.300242	0.47215	0.0005418	0.0036231	0.43030
250	0.267905	0.453581	0.278515	0.46419	0.0005498	0.0035992	0.41916
251	0.268156	0.446927	0.284916	0.46369	0.0005406	0.0035859	0.41558
252	0.256724	0.435208	0.308068	0.48655	0.0005695	0.0037226	0.46497
253	0.258675	0.441640	0.299685	0.48265	0.0005703	0.0037070	0.45669
256	0.238245	0.476489	0.285266	0.52351	0.0006824	0.0040709	0.55474
257	0.259804	0.441176	0.299020	0.48039	0.0005653	0.0036902	0.45122
258	0.273481	0.472376	0.254144	0.45304	0.0005502	0.0035471	0.40449
259	0.242812	0.488818	0.268371	0.51438	0.0006722	0.0040026	0.53103
260	0.256614	0.447090	0.296296	0.48677	0.0005851	0.0037461	0.46753
261	0.250000	0.451087	0.298913	0.50000	0.0006155	0.0038509	0.50000
262	0.266332	0.434673	0.298995	0.46734	0.0005307	0.0035884	0.41875
263	0.263789	0.438849	0.297362	0.47242	0.0005466	0.0036307	0.43195
264	0.273183	0.426065	0.300752	0.45363	0.0004905	0.0034816	0.38365
266	0.254286	0.462857	0.282857	0.49143	0.0006108	0.0038027	0.48026
267	0.258824	0.458824	0.282353	0.48235	0.0005897	0.0037316	0.45946
268	0.261194	0.440299	0.298507	0.47761	0.0005587	0.0036692	0.44444
271	0.268949	0.427873	0.303178	0.46210	0.0005101	0.0035399	0.40373
272	0.279805	0.416058	0.304136	0.44039	0.0004469	0.0033774	0.34783
274	0.258427	0.469101	0.272472	0.48315	0.0006012	0.0037490	0.46296
277	0.256684	0.449198	0.294118	0.48663	0.0005873	0.0037485	0.46753
Maks	0.318436	0.513661	0.309524	0.57377	0.0007866	0.0045561	0.66265
Min	0.213115	0.408019	0.212291	0.36313	0.0003858	0.0030472	0.26214
Rata – rata	0.264473	0.451635	0.283891	0.47105	0.0005577	0.0036498	0.43417
STDEV	0.015238	0.019298	0.018035	0.03048	0.0000692	0.0002242	0.06568

Lampiran 7. Hasil estimasi SPAD

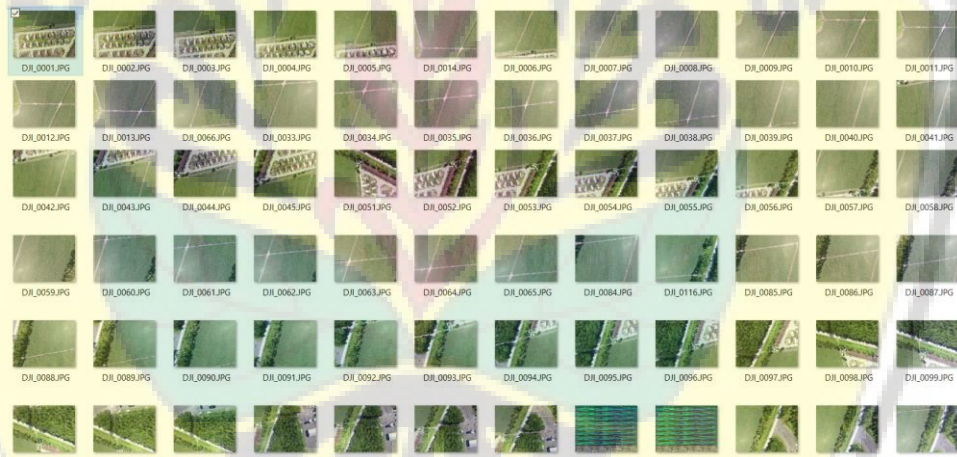
No	Est NDVI RGB	Est BRAVI	Est BRAVI - SR	Est VARI
3	35.6	35.4	35.3	35.2
55	34.7	34.2	34.2	34.0
60	39.8	39.5	39.6	39.9
69	38.3	37.9	37.9	38.1
77	38.4	37.0	37.6	38.0
85	34.3	33.9	33.9	33.7
86	26.0	29.8	27.7	27.7
88	41.2	41.2	41.3	41.6
101	27.3	30.7	28.7	28.6
103	37.2	36.1	36.5	36.7
105	36.1	36.4	35.9	35.9
107	35.7	35.7	35.4	35.3
109	37.3	37.4	37.1	37.1
110	36.8	35.6	36.0	36.2
116	19.6	24.9	23.1	23.1
120	36.3	36.1	35.9	35.9
126	39.1	40.7	39.5	39.4
129	34.1	36.3	34.5	34.4
130	39.7	39.8	39.6	39.8
133	38.0	37.1	37.4	37.7
135	35.6	34.1	34.7	34.7
137	32.5	29.2	31.1	30.6
139	36.6	35.8	36.0	36.1
142	37.4	37.3	37.1	37.2
149	31.0	29.9	30.6	29.9
150	35.3	33.5	34.3	34.3
154	41.5	42.3	41.9	41.9
155	52.9	53.2	56.9	54.3
156	41.2	41.2	41.3	41.6
157	42.6	42.9	43.0	43.3
158	30.7	33.1	31.5	31.3
159	41.7	43.0	42.3	42.1
160	48.3	49.3	50.5	49.3
161	33.0	31.3	32.2	31.8
162	33.9	31.7	32.8	32.6
164	36.8	36.2	36.3	36.4
168	35.3	35.0	34.9	34.8
171	43.1	44.3	43.9	43.6
172	35.4	34.9	34.9	34.8
174	33.8	37.1	34.5	34.7
176	38.5	38.2	38.2	38.4
179	37.7	36.5	37.0	37.3
181	38.7	38.7	38.5	38.7
182	37.6	37.5	37.4	37.5
183	33.5	32.8	33.0	32.7
186	23.1	24.0	24.7	23.4



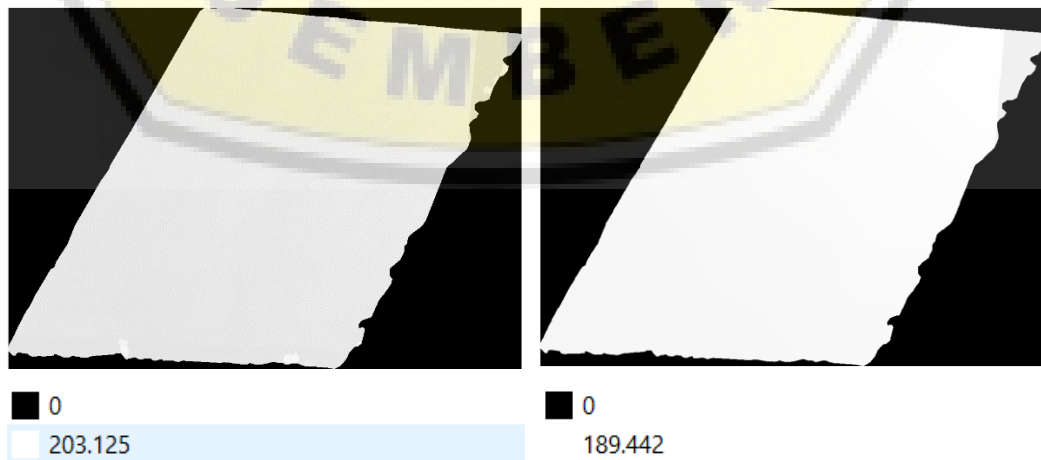
187	40.6	41.8	41.0	40.9
188	39.0	38.8	38.7	38.9
189	43.3	42.4	43.3	44.4
190	39.1	39.6	39.1	39.2
191	36.1	34.1	35.1	35.2
192	33.2	30.9	32.2	31.8
194	30.1	30.1	30.2	29.5
198	41.7	42.3	42.0	42.1
199	43.3	42.6	43.4	44.3
200	30.7	30.1	30.5	29.8
202	29.3	25.1	28.0	26.6
204	35.3	33.6	34.4	34.3
206	31.3	30.0	30.8	30.1
207	36.3	35.1	35.6	35.7
208	35.5	34.4	34.8	34.7
211	29.1	26.5	28.4	27.2
213	36.3	39.3	36.9	37.0
214	38.7	38.4	38.4	38.6
216	32.0	34.7	32.7	32.7
217	27.0	25.9	27.2	25.9
218	41.9	42.6	42.3	42.4
219	39.6	39.7	39.5	39.7
220	41.7	41.9	41.9	42.2
221	31.9	29.3	30.9	30.2
223	33.1	31.3	32.2	31.8
225	35.0	33.8	34.3	34.1
226	39.4	39.1	39.1	39.4
229	37.6	37.6	37.4	37.5
230	36.6	37.8	36.8	36.7
231	30.7	31.7	31.0	30.6
232	38.5	38.1	38.2	38.4
233	36.1	36.3	35.9	35.9
234	33.5	36.0	34.1	34.0
237	39.7	40.7	39.9	39.9
238	39.7	40.7	39.9	39.9
239	36.5	38.2	36.8	36.7
241	46.6	47.5	48.2	47.7
242	41.2	42.0	41.6	41.6
243	33.0	33.6	33.0	32.7
246	35.5	36.3	35.6	35.4
248	36.8	35.4	36.0	36.2
250	35.6	36.0	35.5	35.3
251	35.5	35.3	35.2	35.1
252	39.1	37.4	38.2	38.9
253	38.5	37.5	37.9	38.3
256	45.0	45.6	46.0	45.9
257	38.1	37.1	37.5	37.8
258	33.8	36.0	34.3	34.2

259	43.5	44.9	44.5	44.1
260	39.2	38.6	38.7	39.1
261	41.2	40.8	41.1	41.6
262	36.1	34.6	35.2	35.3
263	36.9	35.7	36.2	36.3
264	33.9	31.7	32.8	32.6
266	39.9	40.4	40.0	40.1
267	38.5	38.9	38.4	38.5
268	37.7	36.6	37.0	37.3
271	35.3	33.1	34.1	34.1
272	31.8	28.5	30.5	29.8
274	38.6	39.7	38.8	38.8
277	39.1	38.7	38.8	39.1
Maks	52.9	31.5	32.7	32.5
Min	19.6	47.2	47.6	47.0
Rata – rata	36.7	36.5	36.3	36.2

Lampiran 8. Hasil pengambilan data *low altitude remote sensing*

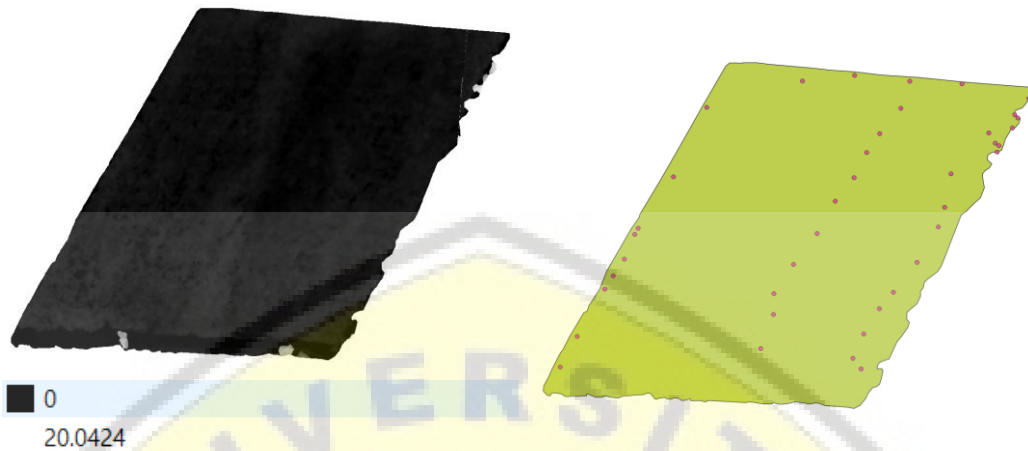


Lampiran 9. Hasil pengolahan data drone



Digital Surface Model (DSM)

Digital Terrain Model (DTM)



Digital Canopy Model (DCM)

Titik Pengukuran

Lampiran 10. Data pengukuran tinggi tanaman dan performa tanaman

No	SPAD	TT	DCM	TTxSPAD	DCMxSPAD
121	40.2	149	121	5304	4325
122	38.9	140	176	5068	6378
123	36.3	150	129	5850	5044
124	40.3	141	134	5682	5410
125	37.8	124	134	4328	4677
126	42.7	135	165	5765	7065
127	33.4	166	166	7055	7040
128	38.1	144	133	5515	5090
129	38.9	175	156	6808	6082
130	35.8	169	182	6050	6505
131	19.9	159	114	3832	2753
132	38.6	180	92	6948	3558
133	36.5	140	43	5110	1561
134	40.8	170	46	7395	2011
135	33.7	158	103	5325	3480
136	47.8	158	34	7552	1626
137	33.2	140	72	4648	2378
138	37.7	135	132	5063	4934
139	37.8	155	96	5859	3637
140	28.0	128	213	4979	8303
141	44.7	140	140	6258	6272
142	36.2	140	165	5068	5960
143	38.3	117	90	5090	3932
144	47.6	120	166	5112	7082
145	29.9	120	213	4512	8014

146	43.2	138	211	4899	7502
147	39.1	138	133	5396	5196
148	27.3	136	195	5440	7805
149	30.6	120	156	3672	4778
150	37.0	140	225	5180	8340
151	44.5	140	225	6230	10005
152	37.3	140	225	5222	8382
153	24.0	117	12	4657	471
154	43.0	120	74	5160	3168
155	54.4	120	1618	6528	88025
156	45.1	138	1	6224	43
157	42.4	138	1726	5851	73169
158	35.8	136	1726	4869	61779
159	44.0	120	105	5280	4639
160	49.8	140	78	6972	3887
Maks	54.4	180	1726	7552	88025
Min	19.9	117	1	3672	43
Rata - rata	38.3	141	248	5544	10258
Rentang	34.5	63	1725	3880	87982

Lampiran 11. Perhitungan jumlah sampel.

$$n = \frac{N}{1 + (N * e^2)}$$

$$n = \frac{280}{1 + (280 * 0.05^2)}$$

$$n = \frac{280}{1,61852}$$

$$n = 172,9975533 >>> 173$$