



**ESTIMASI SERAPAN NITROGEN PADA TANAMAN PADI (*Oriza sativa*
L.) MENGGUNAKAN AERIAL REMOTE SENSING**

SKRIPSI

Oleh

**Mahrus Irsyam
NIM 151710201088**

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



**ESTIMASI SERAPAN NITROGEN PADA TANAMAN PADI (*Oriza sativa*
L.) MENGGUNAKAN AERIAL REMOTE SENSING**

SKRIPSI

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

Oleh

Mahrus Irsyam
NIM 151710201088

JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2020

PERSEMBAHAN

Dengan penuh syukur, skripsi ini saya persembahkan sebagai rasa terimakasih saya kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa karena telah memberikan rahmat, hidayah, dan rezekinya.
2. Kedua orang tua saya, Ibunda Tri Riyani dan Ayahanda Bambang Judha Iriantono, yang selalu memberikan doa, dukungan, pengorbanan yang luar biasa sehingga dapat menghantarkan saya hingga titik ini.
3. Adik kandung saya Annisa Nur Fitria Rahma.
4. Semua guru yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu yang telah mendidik dan mengajarkan ilmunya dengan sabar kepada saya.
5. Almamater tercinta Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.
6. dan Pembaca sekalian semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan memberikan kebaikan.

MOTTO

“Barang siapa yang keluar rumah untuk mencari ilmu maka ia berada di jalan
Allah hingga ia pulang”

(HR. Tirmidzi)

“Jika seorang manusia meninggal, terputuslah amalnya, kecuali dari tiga hal:
sedekah jariyah, ilmu yang bermanfaat, atau anak shalih yang berdoa untuknya”

(HR. Muslim)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama: Mahrus Irsyam

NIM : 151710201088

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul: “Estimasi Serapan Nitrogen pada Tanaman Padi (*Oriza sativa* L.) Menggunakan *Aerial Remote Sensing*” adalah benar-benar hasil karya saya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 20 Juni 2020

Yang menyatakan,

Maurus Irsyam

NIM. 151710201088

SKRIPSI

**ESTIMASI SERAPAN NITROGEN PADA TANAMAN PADI (*Oriza sativa*
L.) MENGGUNAKAN AERIAL REMOTE SENSING**

Oleh

Mahrus Irsyam
NIM 151710201088

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Bayu Taruna W. P., S,TP., M.Eng., Ph.D.
Dosen Pembimbing Anggota : Prof. Dr. Indarto, S,TP., DEA.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Estimasi Serapan Nitrogen pada Tanaman Padi (*Oriza sativa* L.) Menggunakan *Aerial Remote Sensing*” telah diuji dan disahkan pada:

Hari :
Tanggal :
Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Bayu Taruna W.P.,S,TP., M. Eng., Ph.D.
NIP. 198410082008121002

Prof. Dr. Indarto, S,TP., DEA.
NIP. 197001011995121001

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota,

Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M.Eng.
NIP. 196312121990031002

Dr. Idah Andriyani, S,TP., M.T.
NIP. 197603212002122001

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Jember

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

RINGKASAN

Estimasi Serapan Nitrogen pada Tanaman Padi (*Oriza sativa* L.) Menggunakan Aerial Remote Sensing; Mahrus Irsyam; 151710201088; 2020; 50 halaman; Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Pupuk merupakan salah satu faktor kesuksesan dalam usaha tani. Pemberian pupuk bertujuan untuk meningkatkan produktivitas padi. Namun pemberian pupuk yang berlebihan dapat meningkatkan resiko pencemaran lingkungan dan berdampak pada tanaman itu sendiri. *Aerial remote sensing* merupakan salah satu teknologi alternatif yang termasuk kedalam pertanian presisi dan berguna untuk mengestimasi kandungan nitrogen pada tanaman padi sehingga pemberian pupuk dapat dilakukan dengan tepat.

Batasan masalah dalam penelitian ini yaitu pengambilan data menggunakan *drone*, satelit dan uji laboratorium. Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui potensi teknologi *aerial remote sensing* dalam menentukan serapan unsur hara nitrogen tanaman padi, mengevaluasi hubungan analisis laboratorium kandungan nitrogen padi dengan indeks vegetasi *drone* dan satelit, dan mengetahui akurasi hasil pengukuran serapan nitrogen pada tanaman padi menggunakan teknologi *aerial remote sensing*.

Pengambilan citra menggunakan *drone* dan satelit dilakukan sebanyak 7 kali. Pengukuran selanjutnya dilakukan di laboratorium untuk mendapatkan hasil serapan nitrogen tanaman padi. Analisis data yang digunakan yaitu analisis non destruktif menggunakan indeks vegetasi. Indeks vegetasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu GNDVI, EVI *green*, dan VARI. Nilai indeks vegetasi dianalisis regresi dengan nilai serapan nitrogen hasil analisis laboratorium untuk mencari model estimasi yang paling baik. Hasil studi menunjukkan bahwa indeks vegetasi GNDVI *drone* dan satelit merupakan model yang baik untuk mengestimasi serapan nitrogen dimana nilai koefisien determinasi GNDVI *drone* sebesar 0,9266 dan

GNDVI satelit sebesar 0,8951. Selanjutnya untuk mengetahui akurasi pengukuran *drone* dan satelit dengan hasil analisis laboratorium dilakukan analisis *Root Mean Square Error* (RMSE). Hasil studi menunjukkan akurasi yang cukup baik dimana nilai RMSE GNDVI *drone* dan RMSE satelit dengan hasil analisis laboratorium sebesar 0,23 dan 0,27.



SUMMARY

Estimation of Nitrogen Uptake in Rice Plants (*Oryza Sativa* L.) Using Aerial Remote Sensing; Mahrus Irsyam; 151710201088; 2020; 50 pages; Department of Agricultural Engineering Faculty of Agricultural Technology University of Jember.

Fertilizer is one of the key factors in agriculture. Fertilization aims to increase paddy productivity. However, over-fertilizing could impact to the plant and increasing environmental pollution. Aerial remote sensing is one of the alternative technologies that is included in precision agriculture and is useful for estimating the nitrogen status of paddy so that the fertilizing could be done appropriately.

The limitation of the problem in this study is data retrieval using a drone, satellite, dan paddy nitrogen laboratory analysis. The purpose of this study is to determine the potential of aerial remote sensing technology in determining nitrogen uptake of paddy, evaluate the relationship between laboratory analysis of the nitrogen status of paddy and vegetation index of drone and satellite, and to determine the accuracy of the results of measurements nitrogen uptake of paddy using aerial remote sensing.

Image captured using drone and satellite performed 7 times. Subsequent measurements were made at the laboratory to obtain the nitrogen uptake of paddy. Analysis of the data used is a non-destructive analysis using vegetation index. Vegetation index used is GNDVI, EVI green, and VARI. Vegetation index values were analyzed regression with nitrogen uptake result from laboratory analysis to find the best estimation model.

The results of the study showed that GNDVI drone and satellite is a good model to estimate nitrogen uptake where the coefficient of determination of GNDVI drone is 0,9266 and GNDVI satellite is 0,8951. Furthermore, to determine the accuracy of drone and satellite measurements with the results of laboratory analysis, Root Mean Square Error (RMSE) analysis was performed. The result of the study showed a fairly good accuracy where the value of RMSE GNDVI drone and RMSE GNDVI satellite with laboratory analysis was 0,23 and 0,27.

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Estimasi Serapan Nitrogen pada Tanaman Padi (*Oriza sativa* L.) Menggunakan *Aerial Remote Sensing*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bayu Taruna Widjaja Putra, S.TP., M.Eng., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah meluangkan tenaga, waktu, pikiran dan perhatian dalam membimbing penulisan skripsi ini;
2. Prof. Dr. Indarto, S.TP., DEA., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan tenaga, waktu, pikiran dan perhatian dalam membimbing penulisan skripsi ini;
3. Dr. Dedy Wirawan Soedibyo, S.TP., M.Si., selaku dosen dan Komisi Bimbingan Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
4. Seluruh dosen pengampu mata kuliah, terimakasih atas ilmu dan pengalaman yang diberikan serta bimbingan selama studi di Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
5. Seluruh staf dan karyawan di lingkungan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember, terimakasih atas bantuan dalam mengurus administrasi dan lainnya;
6. Keluarga saya, Ibunda Tri Riyani dan Ayahanda Bambang Judha Iriantono, serta untuk adik saya Annisa Nur Fitria Rahma;
7. Teman-teman penelitian tim sawah Usamah Abdul Hamid, Fajar Hari Prasetyo, Farhan Mushaf, tim penelitian hidroponik Wahyu Nurkholis H.S dan Rusdiamin serta Nadira Nur Jannah dari tim penelitian jati yang telah membantu saya dalam proses penelitian.

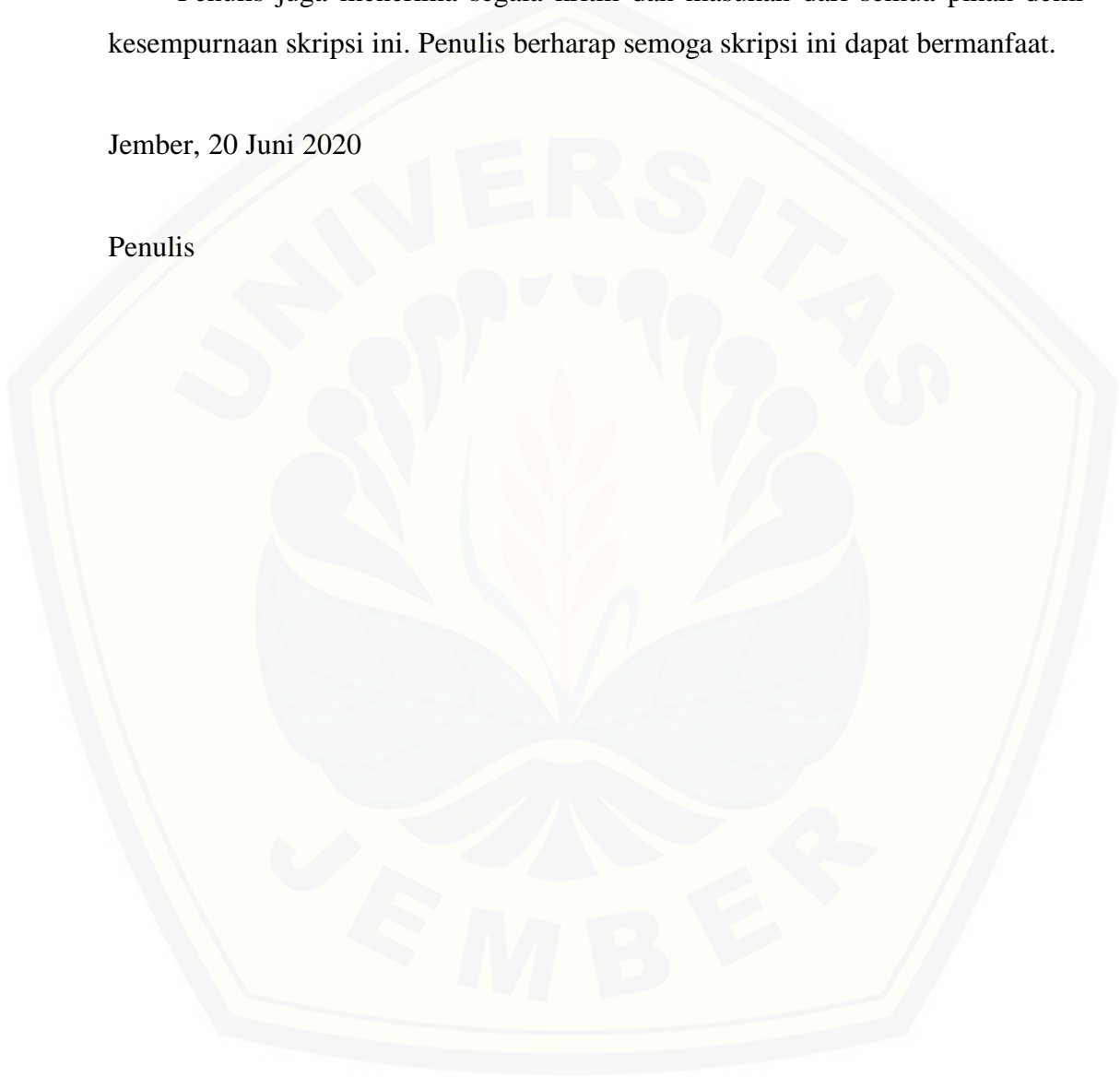
8. Teman-temanku TEP-B 2015 dan teman seangkatan 2015 yang penuh dengan semangat dan kasih sayang, terimakasih atas bantuan, nasihat, dan motivasinya;

9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis juga menerima segala kritik dan masukan dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 20 Juni 2020

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
PERSEMBAHAN	iii
MOTTO	iv
PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
PENGESAHAN	vii
RINGKASAN/SUMMARY	viii
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Padi	4
2.2 Nitrogen	5
2.3 Remote Sensing	6
2.4 Unmanned Aircraft Vehicle (UAV)	8
2.5 Satelit Sentinel 2	9
2.6 Indeks Vegetasi	10
BAB 3. METODE PENELITIAN	12
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	12
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	12
3.3 Prosedur Penelitian	13
3.3.1 Persiapan Alat dan Perangkat Pendukung	13
3.3.2 Pengambilan Citra Padi Menggunakan <i>Drone</i>	14
3.3.3 Pengolahan Citra <i>Drone</i>	14
3.3.4 Pengambilan Citra Menggunakan Satelit.....	15
3.3.5 Pengolahan Citra Satelit.....	15
3.3.6 Pengambilan Sampel Daun Padi	15
3.3.7 Pengujian Kandungan N Laboratorium	16
3.3.8 Analisis Data	16
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Gambaran Umum Penelitian	17
4.2 Hasil Pengambilan Citra <i>Drone</i> dan Satelit	17

4.3 Indeks Vegetasi yang Paling Efektif untuk Mengestimasi Serapan Nitrogen Padi	19
4.3.1 Perbandingan Indeks Vegetasi <i>Drone</i> dengan Uji Laboratorium N Padi.....	19
4.3.2 Perbandingan Indeks Vegetasi Satelit dengan Uji Laboratorium N Padi.....	21
4.4 Model Estimasi Kandungan Nitrogen pada Tanaman Padi menggunakan GNDVI	23
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	25
5.1 Kesimpulan	25
5.2 Saran	25
DAFTAR PUSTAKA	26
LAMPIRAN	29

DAFTAR TABEL

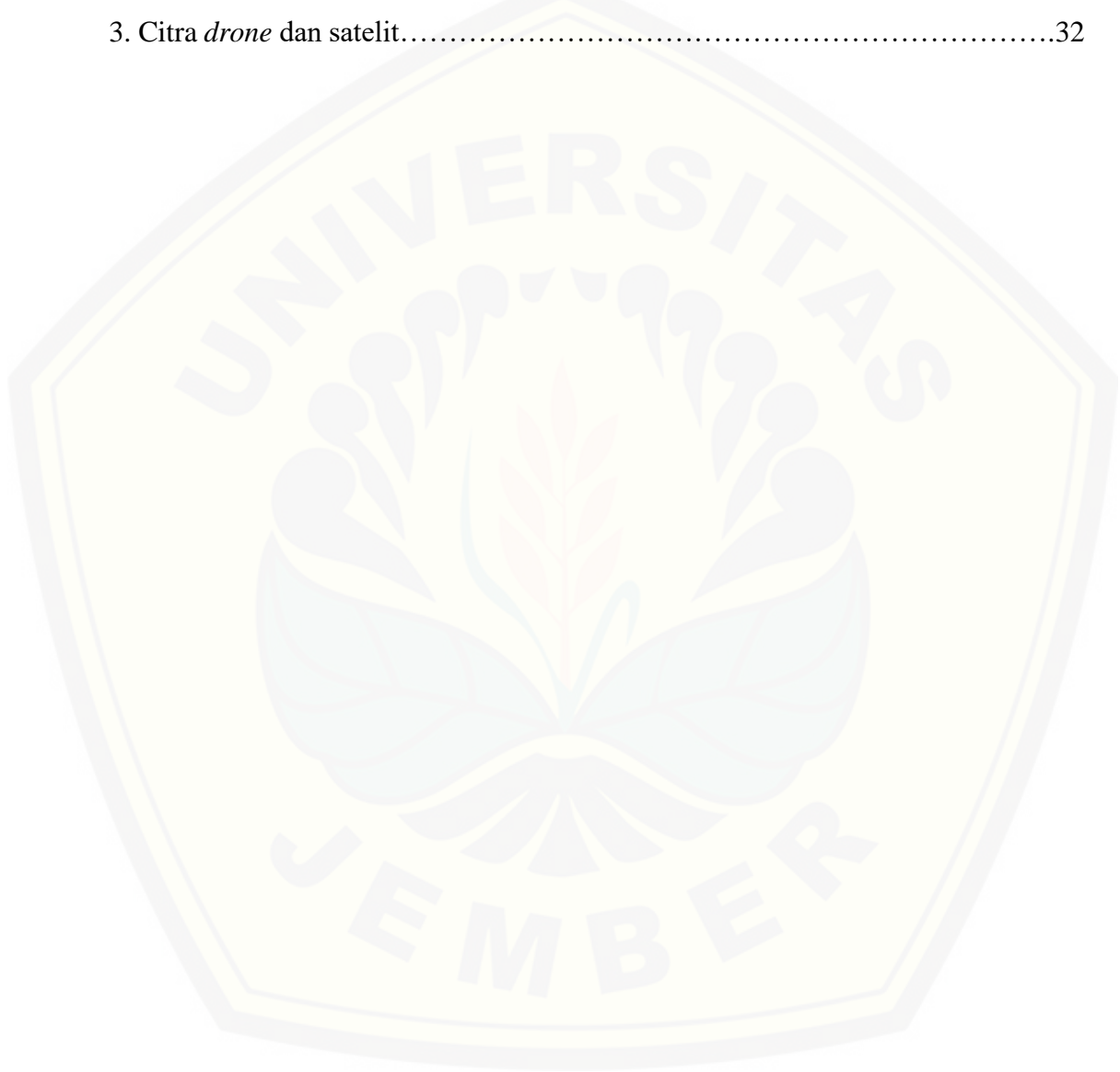
	Halaman
2.1 Taksonomi padi.....	4
2.2 Perbandingan UAV dengan <i>platform</i> udara yang dikendalikan manusia (<i>manned airborne</i>) dan satelit.....	9
2.3 Karakteristik citra sentinel-2.....	10
2.4 Pembagian kelas berdasarkan nilai NDVI.....	11
3.1 Indeks vegetasi.....	15
4.1 Rekomendasi pupuk N, P, dan K pada lahan sawah spesifik lokasi (Kecamatan Sumbersari) Provinsi Jawa Timur.....	17
4.2 Nilai rata-rata indeks vegetasi GNDVI, EVI <i>green</i> , dan VARI	19
4.3 Nilai koefisien determinasi antara indeks vegetasi drone dengan uji laboratorium serapan nitrogen	20
4.4 Nilai koefisien determinasi antara indeks vegetasi satelit dengan uji laboratorium serapan nitrogen	22
4.5 Estimasi serapan nitrogen padi menggunakan indeks vegetasi GNDVI <i>drone</i> dan satelit.....	24
4.6 Hasil perhitungan RMSE.....	25

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Tahapan dalam <i>remote sensing</i> (Sumber: Llie dan Vasile, 2011).....	6
2.2 Rentang warna NDVI.....	11
3.1 Peta lokasi penelitian.....	12
3.2 Diagram alir penelitian.....	13
3.3 Peta terbang <i>drone</i>	14
4.1 Hasil pengolahan citra <i>drone</i> dan <i>satelit</i>	18
4.2 Hasil pengolahan citra <i>drone</i> dan satelit menjadi citra indeks vegetasi.....	18
4.3 Hubungan indeks vegetasi GNDVI, EVI green, dan VARI <i>drone</i> dengan serapan nitrogen.....	21
4.4 Hubungan indeks vegetasi GNDVI, EVI green, dan VARI satelit dengan serapan nitrogen.....	23
4.5 Perbandingan serapan nitrogen dengan indeks vegetasi GNDVI.....	24

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Indeks vegetasi <i>drone</i> dan satelit.....	29
2. Data hasil perhitungan indeks vegetasi.....	30
3. Citra <i>drone</i> dan satelit.....	32



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Padi adalah salah satu kebutuhan pangan yang penting bagi hampir 50% jumlah populasi di dunia dan tumbuh sekitar 115 juta hektar di seluruh dunia. (Kögel-Knabner *et al.*, 2010). Produksi padi di Indonesia terjadi secara fluktuatif dimana total produksi padi pada tahun 2013 sebesar 71.279.709 ton turun menjadi 69.056.126 ton di tahun 2014, sedangkan di tahun 2015 mengalami kenaikan sebesar 6.341.715 ton dengan total produksi padi nasional sebesar 75.397.841 ton (Badan Pusat Statistik, 2017). Hal tersebut dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti hama dan penyakit tanaman, bencana alam, hingga manajemen pemberian pupuk yang kurang maksimal.

Nitrogen merupakan faktor kunci kesuksesan dalam usaha tani padi yang apabila penggunaannya tidak tepat dapat mencemari lingkungan. Pemberian pupuk N secara berlebihan dapat meningkatkan resiko terjadinya peningkatan pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh hilangnya N ke air tanah atau atmosfer. Selain itu dapat terjadi peningkatan kandungan nitrat dalam tanah dan emisi gas rumah kaca (Huang *et al.*, 2015). Menurut Wahid (2003), strategi pengelolaan hara N yang optimal bertujuan agar pemupukan dilakukan sesuai dengan kebutuhan tanaman sehingga dapat mengurangi kehilangan N dan meningkatkan serapan N oleh tanaman. Selain itu, pemberian pupuk yang tepat dapat menurunkan biaya penggunaan pupuk, namun dengan takaran pupuk yang lebih rendah, hasil relatif sama, tanaman lebih sehat, serta mengurangi hara yang terlarut dalam air dan penimbunan N dalam air atau bahan makanan yang sangat berbahaya bagi kesehatan manusia.

Dosis pemberian pupuk nitrogen yang diberikan kepada petani biasanya berbentuk paket pupuk yang telah ditetapkan menurut rekomendasi nasional. Namun, paket pemberian pupuk ini dikhawatirkan belum menjawab kebutuhan pupuk tanaman yang sebenarnya dimana paket ini bisa kelebihan atau kurang dari yang dibutuhkan tanaman (Endrizal dan Bohioe, 2004). Upaya dalam meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk tersebut dapat dilakukan dengan cara

mengestimasi penyerapan pupuk N oleh tanaman menggunakan teknologi *remote sensing*. Estimasi penyerapan nitrogen pada tanaman padi menggunakan teknologi *remote sensing* memiliki keuntungan antara lain, dapat mencakup area yang luas, tidak bersifat merusak, dan informasi mengenai kondisi tanaman yang didapatkan bersifat *near real-time* (Mahajan *et al.*, 2016). Selain itu petani tidak perlu menggunakan alat ukur yang harus ditempatkan di ladang pertanian dan melakukan kontak langsung dengan komoditas yang ditanam.

Remote sensing merupakan salah satu teknologi yang digunakan dalam pertanian presisi. Pertanian presisi menggabungkan teknologi dan sistem informasi yang berpotensi untuk mendapatkan hasil yang sama atau lebih besar dari tingkat input yang diberikan. Pertanian presisi juga bertujuan untuk mengurangi dampak lingkungan karena kegiatan pertanian seperti pemupukan. Permasalahan akibat pemberian pupuk yang kurang tepat adalah kerusakan tanah dan tanaman itu sendiri. Oleh sebab itu, dibutuhkan suatu teknologi untuk memperkirakan konsumsi unsur hara nitrogen (N) yang diserap oleh tanaman padi menggunakan *aerial remote sensing*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana potensi penerapan teknologi *aerial remote sensing* dalam penentuan jumlah unsur hara nitrogen pada tanaman padi?
2. Indeks vegetasi apakah yang baik dalam mengestimasi serapan nitrogen pada tanaman padi?
3. Bagaimana keakuratan *drone* dan satelit jika dibandingkan dengan analisis laboratorium dalam mengestimasi serapan nitrogen pada tanaman padi?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini yaitu pengambilan data menggunakan drone dan satelit. Sebagai pembanding dilakukan analisis laboratorium kandungan nitrogen padi. Selanjutnya dicari indeks vegetasi yang paling efektif untuk mengestimasi kandungan nitrogen padi.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui potensi penerapan teknologi *aerial remote sensing* dalam menentukan jumlah unsur hara nitrogen tanaman padi.
2. Mencari indeks vegetasi yang paling baik untuk mengestimasi serapan nitrogen tanaman padi berdasarkan nilai koefisien determinasi tertinggi.
3. Mengetahui akurasi hasil pengukuran serapan nitrogen pada tanaman padi antara penggunaan teknologi satelit dan *drone* dengan hasil analisis laboratorium.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu:

1. Bagi IPTEK, sebagai informasi untuk penelitian sejenis.
2. Bagi pemerintah, sebagai informasi untuk tindak lanjut pengambilan kebijakan dalam penerapan teknologi *aerial remote sensing* untuk menentukan jumlah unsur hara yang diserap tanaman padi.
3. Bagi masyarakat, sebagai referensi pemberian pupuk tanaman padi.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Padi

Padi merupakan tanaman yang memiliki kemampuan beradaptasi hampir di semua lingkungan dari dataran rendah hingga dataran tinggi (2000 m dpl), daerah tropis hingga subtropis kecuali benua antartika, daerah basah (rawa-rawa) hingga daerah kering (padang pasir). Padi termasuk jenis rumput yang memiliki rumpun kuat dan beranakan banyak yang keluar dari ruas daunnya (Utama, 2015). Padi memiliki umur yang beragam, mulai dari yang berumur genjah hingga berumur dalam. Varietas padi yang berumur genjah dapat dipanen kurang dari 90 hari, sedangkan varietas padi yang berumur dalam dapat dipanen lebih dari 6 bulan. Taksonomi padi menurut Tjitrosoepomo (1994), yaitu sebagai berikut

Tabel 2.1 Taksonomi padi

Kindom	Plantae
Divisi	Spermatophyta
Sub divisi	Angiospermae
Class	Monocotyledonae
Ordo	Poales
Familia	Poaceae
Genus	Oryza
Species	Oryza sativa L.

Sumber: Tjitrosoepomo, 1994.

Tanaman padi membutuhkan banyak hara N dibanding dengan hara P dan K. Menurut Lingga dan Marsono (2003), nitrogen berfungsi untuk merangsang pertumbuhan tanaman secara keseluruhan khususnya batang, daun, dan cabang, pembentukan hijau daun yang bermanfaat untuk fotosintesis. Fosfor berfungsi untuk merangsang pertumbuhan akar, membantu asimilasi dan pernapasan, mempercepat pembungaan, pembentukan biji dan buah. Sedangkan kalium berfungsi untuk membantu pembentukan protein dan karbohidrat, dan memperkuat tubuh tanaman agar tidak mudah gugur.

Tanaman padi memiliki tiga fase pertumbuhan yaitu fase vegetatif (awal pertumbuhan hingga pembentukan bakal malai), fase reproduktif (primordia hingga pembungaan), dan fase pematangan (pembungaan hingga pematangan gabah). Tiga fase pertumbuhan tanaman tersebut diuraikan menjadi 10 tahapan pertumbuhan dan

didentifikasi menurut skala 0-9 dimana setiap angka pada skala berkaitan dengan tahapan pertumbuhan padi (Makarim dan Suhartik, 2007). Tahap 0 merupakan tahap perkecambahan hingga kecambah muncul ke permukaan. Tahap 1 merupakan proses pertunasan. Tahap 2 merupakan proses pembentukan anakan. Tahap 3 merupakan proses pemanjangan batang. Tahap 0-3 terjadi pada saat padi berada pada fase vegetatif. Tahap 4-6 terjadi pada saat padi berada pada fase reproduksi dimana tahap 4 terjadi pembentukan malai sampai bunting. Tahap 5 merupakan proses keluarnya bunga atau malai. Tahap 6 merupakan proses pembungaan. Fase ke tiga yaitu fase pematangan dimana fase ini merupakan fase akhir dari perkembangan pertumbuhan padi yang memiliki 3 tahap mulai dari tahap 7-9. Fase 7 merupakan tahap gabah matang susu. Tahap 8 merupakan gabah matang adonan (*dough rain*). Tahap 9 merupakan gabah matang penuh.

2.2 Nitrogen

Nitrogen merupakan salah satu unsur hara yang memiliki peran penting dalam memacu pertumbuhan tanaman pada saat fase vegetatif. Nitrogen dibutuhkan pada tahap pertumbuhan vegetatif dalam jumlah yang relatif besar. Pada tahap ini nitrogen dibutuhkan untuk membentuk tunas atau perkembangan batang dan daun. Tanaman yang kekurangan nitrogen pertumbuhannya lambat dan kerdil, selain itu daun menjadi kuning atau hijau kekuningan dan akarnya kering. Apabila tanaman kelebihan nitrogen, maka dapat menyebabkan tanaman lemas dan mudah rebah (Buckman dan Brady, 1992). Menurut Syekhfani (1997), nitrogen memiliki peran dalam penyusunan komponen penting organ tanaman, selain itu nitrogen berperan dalam menyusun klorofil dan senyawa organik penting lainnya yang terlibat dalam proses fotosintesis.

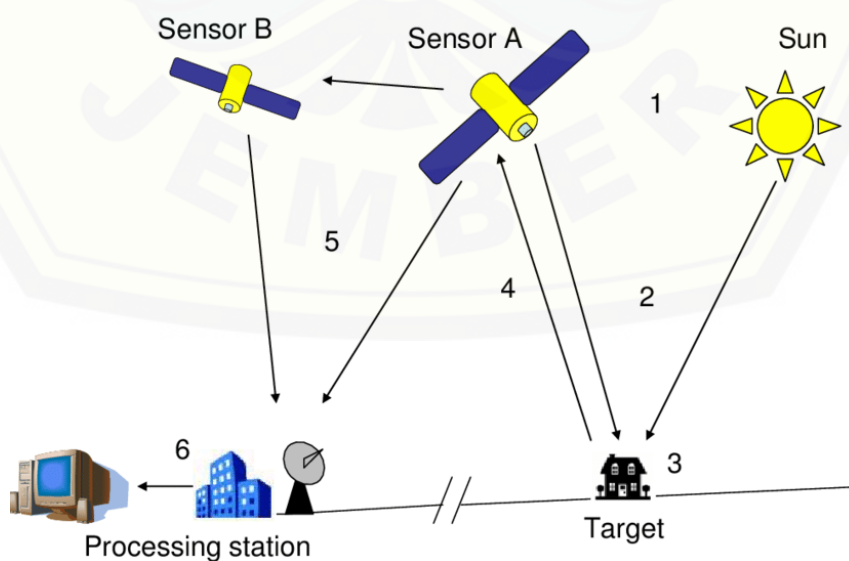
Menurut Jipelos (1989), pada praktik pemupukan tanaman hanya menyerap sekitar 22% hingga 65% nitrogen sedangkan efisiensi serapan nitrogen hanya mencapai 45% pada lahan sawah beririgasi dan sisanya sebesar 55% tidak dimanfaatkan oleh tanaman. Rata-rata kadar nitrogen yang terdapat di dalam jaringan tanaman berkisar antara 2-4% berat kering (Tisdale *et al.*, 1990). Efisiensi serapan pupuk N (urea) di daerah tropika oleh tanaman padi sawah

relatif rendah 30-50%. Sebanyak 50% pupuk yang diberikan tidak diserap oleh tanaman padi (Nguu dan De Datta, 1979). Rendahnya efisiensi penyerapan pupuk tersebut dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti denitrifikasi, pencucian, terbawa oleh aliran permukaan, dan volatilisasi.

2.3 Remote Sensing

Remote sensing atau penginderaan jauh merupakan teknologi yang berkembang dengan pesat dengan didorongnya perkembangan sensor pencitraan yang dapat meningkatkan kinerja dari infrastruktur informasi, termasuk pengolahan, penyimpanan, dan komunikasi. Tujuan dari setiap teknologi penginderaan jauh adalah untuk menyediakan pengamatan beberapa parameter fisik pada waktu atau periode tertentu. Luas fisik didefinisikan secara luas sebagai bentuk bumi termasuk obyek buatan manusia, tumbuhan, parameter atmosfer dan yang ada disekitarnya (Toth dan Józkw, 2016). *Remote sensing* merupakan ilmu multi disiplin yang menggabungkan beberapa ilmu seperti elektronika dan telekomunikasi, astronomi, fotografi, dan ilmu komputer. Beberapa teknologi tersebut terintegrasi menjadi sebuah bentuk sistem *remote sensing*.

Terdapat beberapa tahapan dalam proses *remote sensing* yang ditunjukkan pada Gambar 2.1, dimana setiap tahapan memiliki peran penting dalam kesuksesan *remote sensing*.



Gambar 2.1 Tahapan dalam *remote sensing* (Sumber: Llie dan Vasile, 2011).

1. Tahap 1, merupakan sumber energi sebagai penyedia energi elektromagnetik yang dipancarkan ke target. Pancaran energi tersebut berasal dari matahari.
2. Tahap 2, gelombang elektromagnetik yang berjalan dari sumber energi ke target. Gelombang elektromagnetik tersebut berinteraksi dan berjalan melalui atmosfer.
3. Tahap 3, di tahap ini terjadi interaksi antara energi elektromagnetik dengan target atau permukaan bumi yang menghasilkan pantulan atau pancaran dari target yang selanjutnya akan dipantulkan kembali ke atmosfer.
4. Tahap 4, pantulan atau pancaran energi elektromagnetik menuju ke atmosfer dan ditangkap oleh sensor sebagai data input sensor.
5. Tahap 5, penangkapan data oleh sensor berupa energi elektromagnetik yang selanjutnya ditransmisikan ke stasiun pengolahan data secara langsung atau melalui satelit lain.
6. Tahap 6, proses pengolahan data, analisis dan interpretasi data.

Remote sensing memanfaatkan pancaran (*emission*) maupun nilai gelombang elektromagnetik yang dipantulkan (*reflection*) dari objek yang diamati yang selanjutnya akan ditangkap dan direkam oleh sensor (Bakara, 2014). Terdapat empat komponen dasar dalam *remote sensing*, yaitu objek, sumber tenaga, alur transmisi, dan sensor. Empat komponen dasar tersebut saling terintegrasi dalam mengukur dan mencatat informasi dari objek yang diamati. Sumber tenaga berfungsi sebagai penghubung yang membawa data objek ke sensor. Sedangkan sensor berupa alat yang berfungsi untuk merekam dan mencatat pancara gelombang elektromagnetik yang dipantulkan oleh objek yang selanjutnya dikirimkan ke stasiun penerima untuk diproses menjadi data dengan format tertentu yang dapat digunakan.

Data yang didapatkan dari *remote sensing* berupa citra seperti foto udara, citra satelit, citra radar, data analog dan numerik lainnya. Menurut Indarto (2016), hakikat dari gambar digital yaitu gambar yang terdiri dari sejumlah besar titik warna atau intensitas yang berlambang bilangan. Titik tersebut memiliki ukuran yang kecil dan merupakan elemen inti dari suatu gambar. Titik ini dapat disebut sebagai *pixel* atau *picture elements*.

Pencitraan dalam *remote sensing* dapat dilakukan melalui dua *platform* yaitu *ground-based measurement platform* dan *aerial platform*.

a. *Ground-based measurement platform*

Platform jenis ini memiliki kemampuan untuk menghasilkan citra dengan resolusi yang cukup tinggi. Contoh *platform* yang digunakan yaitu dengan menempatkan sensor pada kendaraan darat seperti truk dan mobil. Penggunaan sistem ini dapat digunakan untuk menganalisis hal yang diamati oleh sensor secara lebih dekat.

b. *Aerial platform*

Aerial platform terdiri dari dua jenis yaitu *platform* pesawat udara dan *platform* satelit. Pesawat bersifat fleksibel dimana *platform* ini dapat digunakan tanpa terhalang cuaca dan waktu. Pesawat dapat memungkinkan penggunanya untuk melakukan pengambilan citra dengan sangat halus dengan tingkat ketelitian 20 cm bahkan lebih. Namun, penggunaan pesawat memiliki kekurangan dimana biaya pengambilan citra yang mahal dan hanya dapat digunakan sesaat. Sedangkan satelit dapat digunakan untuk pengambilan citra secara kontinyu. Satelit merupakan *platform* yang ideal dalam *remote sensing* karena memiliki kemampuan dalam memberikan informasi permukaan bumi secara global (jenis orbit polar) dan dapat memberikan informasi secara kontinyu (jenis orbit *geo-stationair*).

2.4 *Unmanned Aircraft Vehicle (UAV)*

Unmanned Aircraft System (UAS) atau sistem pesawat tak berawak yang dikenal dengan istilah lain sebagai *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* atau kendaraan udara tak berawak dan *Remotely Piloted Aircraft System (RPAS)* atau pesawat yang dikendalikan dengan sistem jarak jauh. UAV telah berkembang yang dikombinasikan dengan teknologi *remote sensing* sebagai alat yang berguna untuk mendapatkan data spasial tentang lahan, sumber daya, dan lingkungan. UAV memiliki resolusi dan frekuensi tinggi serta memiliki keuntungan yang lebih besar daripada pesawat berawak. UAV dapat digunakan disegala kondisi dengan tingkat resiko tinggi tanpa membahayakan kehidupan manusia (Ma *et al.*, 2013). Citra

fotogrametri yang diambil dari UAV memungkinkan untuk mendapatkan data secara mudah dan cepat. Penerapan UAV untuk melakukan pengukuran terhadap tanaman, menentukan karakteristik dan melihat kondisi tanaman dapat dilakukan secara akurat (Candiago *et al.*, 2015).

Perbandingan antara UAV dengan *platform* udara yang dikendalikan manusia (*manned airborne*) dan satelit disajikan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Perbandingan UAV dengan *platform* udara yang dikendalikan manusia (*manned airborne*) dan satelit

<i>Platform</i>	Resolusi spasial	Bidang pandang	Kegunaan	Massa muatan	Biaya akuisisi data
UAV	0,5 – 10 cm	50 – 500 m	Sangat baik/mudah	Dapat dibatasi	Sangat murah
Helikopter	5 – 50 cm	0,2 – 2 km	Dibutuhkan pilot khusus	Hampir terbatas	Murah
Pesawat	0,1 – 2 m	0,5 – 5 km	Dibutuhkan pilot khusus	Tidak terbatas	Mahal
Satelit	1 – 25 m	10 – 50 km	-	-	Sangat mahal, khususnya untuk citra stereo beresolusi tinggi

Sumber: Candiago *et al.*, 2015.

Pemanfaatan UAV umumnya digunakan untuk kepentingan militer. Namun saat ini UAV sudah dikembangkan dan digunakan untuk kepentingan manusia seperti survei udara, pemetaan, pertanian, dan sebagainya. UAV memiliki banyak kelebihan dimana biaya pemanfaatan pesawat tak berawak lebih sedikit dibandingkan dengan pesawat berawak. Selain itu tingkat resiko yang dimiliki juga rendah, terutama jika digunakan untuk memantau daerah konflik. UAV memiliki bentuk yang lebih kecil dibandingkan dengan pesawat berawak, sehingga memudahkan untuk melakukan pemantauan di daerah yang sulit untuk dijangkau..

2.5 Satelit Sentinel 2

Sentinel 2 merupakan satelit yang memiliki misi pencitraan multispektral dengan cakupan luas dan beresolusi tinggi. Sentinel 2 membawa 13 band spectral yang terdiri dari 4 band dengan pencitraan beresolusi spasial 10 m, 6 band dengan resolusi spasial 20 m, dan 3 band dengan resolusi spasial 60 m. Satelit ini memiliki lebar petak orbit sebesar 290 km (Copernicus, Tanpa Tahun).

Menurut Putri *et al.*, (2018), satelit sentinel 2 mengamati informasi terrestrial untuk mendukung layanan berupa informasi pemantauan hutan, mendekteksi perubahan tutupan lahan, dan manajemen bencana alam. Satelit Sentinel 2 memiliki 2 jenis satelit yang identik yaitu Sentinel 2A yang diluncurkan pada tanggal 23 Juni 2015 dan Sentinel 2B pada tanggal 7 Maret 2017. Satelit ini memiliki resolusi temporal hingga 5 hari yang mengitari daerah ekuator. *Level* produk Sentinel-2 yang tersedia adalah *level* 1C, dimana produk telah terkoreksi secara geometrik dan radiometrik (*surface reflectance*). Satelit sentinel 2 memiliki karakteristik *band* seperti pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Karakteristik citra sentinel-2

Band	Panjang gelombang (μm)	Resolusi spasial
Band 1 – Coastal Aerosol	0,443	60
Band 2 – Blue	0,490	10
Band 3 – Green	0,560	10
Band 4 – Red	0,665	10
Band 5 – Vegetation Red Edge	0,705	20
Band 6 – Vegetation Red Edge	0,740	20
Band 7 – Vegetation Red Edge	0,783	20
Band 8 – NIR	0,842	10
Band 8A – Vegetation Red Edge	0,865	20
Band 9 – Water Vapour	0,945	60
Band 10 – SWIR – Cirrus	1,375	60
Band 11 – SWIR	1,610	20
Band 12 – SWIR	2,190	20

Sumber: Copernicus, Tanpa Tahun.

2.6 Indeks Vegetasi

Indeks vegetasi merupakan ukuran optik yang digunakan untuk mengetahui keadaan vegetasi. Besaran nilai indeks vegetasi diperoleh dari pengolahan sinyal digital beberapa kanal (Sudiana dan Diasmara, 2008). Pemantauan vegetasi dapat dilakukan dengan membandingkan antara tingkat kecerahan kanal cahaya merah (*red*) dan kanal cahaya inframerah dekat (*near infrared*). Menurut Arhatin dan Wahyuningrum (2013), nilai indeks vegetasi akan semakin besar apabila gambaran di daerah yang diamati terdapat vegetasi dengan tingkat kehijauan tinggi seperti hutan rapat dan lebat. Sebaliknya nilai indeks vegetasi akan semakin kecil apabila

daerah yang menjadi objek pemantauan memiliki tingkat kehijauan vegetasi yang rendah atau lahan dengan vegetasi yang jarang maupun bukan objek vegetasi.

Menurut Drisy, *et al.* (2018), salah satu indeks vegetasi yang paling umum digunakan dalam memantau kesehatan tanaman *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Indeks ini umumnya digunakan pada data penginderaan jauh satelit. NDVI memiliki rentang nilai dari -1 hingga $+1$. Semakin tinggi nilai NDVI menunjukkan kesehatan dan kerapatan tanaman yang semakin baik. Rentang nilai dan pembagian nilai NDVI dapat dilihat pada Gambar 2.2 dan Tabel 2.4



Gambar 2.2 Rentang warna NDVI

Tabel 2.4 Pembagian kelas berdasarkan nilai NDVI

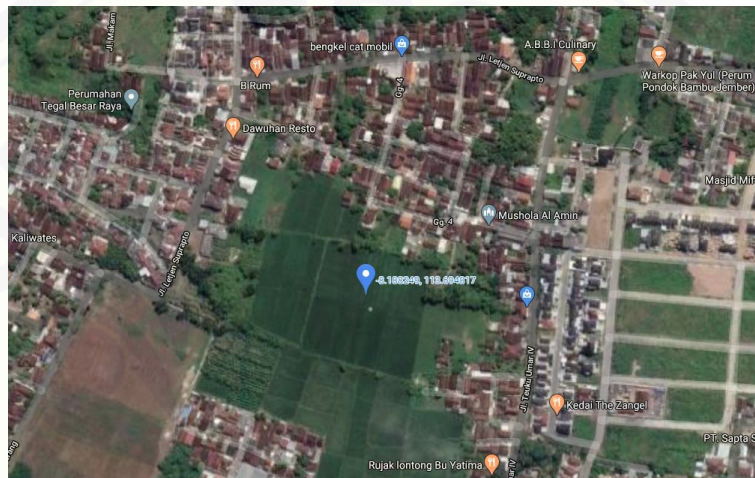
Indikasi	Nilai NDVI
Benda tak bernyawa atau benda mati seperti jalan, bangunan, tanah, atau tanaman yang mati	<0
Tanaman tidak sehat	$0 - >0,33$
Tanaman sehat	$0,33 - >0,66$
Tanaman sangat sehat	$- >0,66$

Sumber: DroneDeploy, 2017.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Desember 2017 sampai Agustus 2018. Penelitian dilakukan di lahan sawah yang terletak di titik koordinat -8.18750000 LS dan 113.69089448 BT, Kecamatan Summersari, Kabupaten Jember yang ditunjukkan pada Gambar 3.1 dan di Laboratorium *Precision Agriculture and Geoinformatics* Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.



Gambar 3.1 Peta lokasi penelitian

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

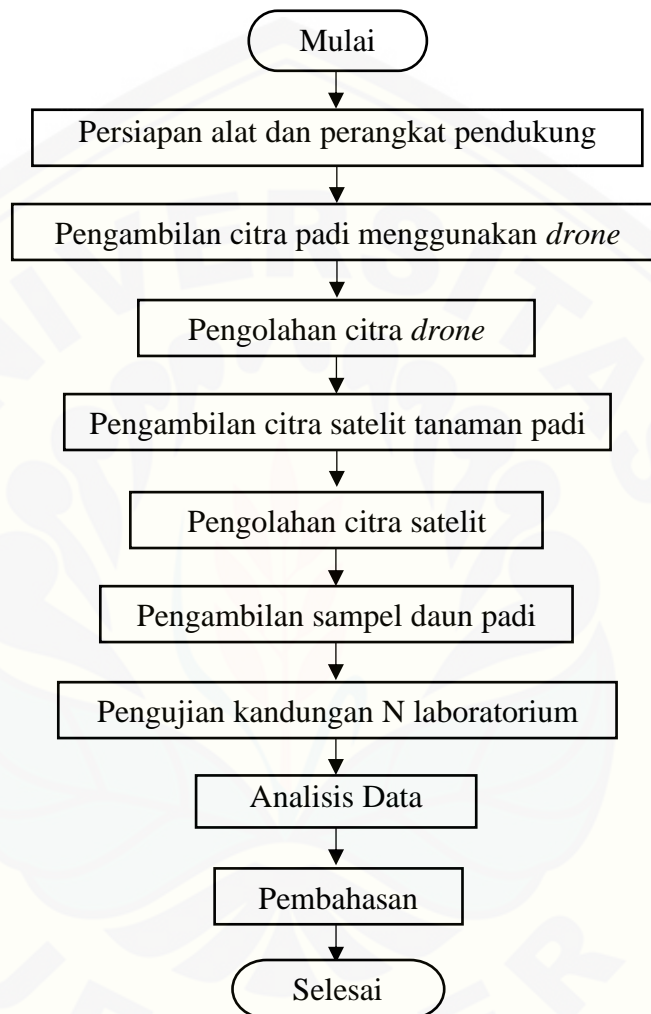
Alat yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut.

1. *Drone*, digunakan untuk mengambil citra tanaman padi. *Drone* yang digunakan yaitu DJI Phantom 3 Professional.
2. *Software Pix4D Fields*, digunakan untuk membuat *orthophoto* dari citra *drone*.
3. *Software QGIS 2.18.26*, digunakan untuk menggabungkan *band R*, *band G* dan *band B* dari citra sentinel 2A menjadi *natural image* dan citra *orthophoto drone* untuk mengkonversi ke dalam indeks vegetasi.
4. *Software Microsoft Excel*, berfungsi untuk pengolahan data.

Bahan yang digunakan dalam penelitian yaitu tanaman padi, citra *drone*, dan citra satelit.

3.3 Prosedur Penelitian

Tahapan penelitian disajikan dalam bentuk diagram alir yang dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram alir penelitian

3.3.1 Persiapan Alat dan Perangkat Pendukung

Persiapan alat dan perangkat pendukung yaitu menyiapkan *drone* dan menginstal aplikasi olah citra

1. *Drone*, persiapan yang dilakukan yaitu:
 - a. menyiapkan *drone* (membuka pengaman gimbal, memasang baling-baling, memasang baterai, kemudian menghidupkan *drone*),

- b. menyiapkan *remote control* (memasang *handphone* kemudian menghidupkan *remote control*),
 - c. menghubungkan *remote control* dengan aplikasi pada *handphone*,
 - d. melakukan kalibrasi *drone* dengan memutar drone 360° ke arah kiri hingga lampu indikator berwarna hijau.
2. Memasang aplikasi olah citra
- Aplikasi olah citra yang dipasang dalam komputer yaitu Pix4D *Field* dan QGIS 2.18.26.

3.3.2 Pengambilan Citra Padi Menggunakan *Drone*

Pengambilan citra tanaman padi menggunakan *drone* dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

- a. membuat peta terbang *drone* hingga menutupi 10 petak sawah. Peta terbang *drone* dapat dilihat pada Gambar 3.3,



Gambar 3.3 Peta terbang *drone*

- b. mengatur ketinggian terbang *drone* setinggi 50 meter,
 - c. mengunggah misi terbang yang telah diatur ke *drone*.
- ### 3.3.3 Pengolahan Citra *Drone*

Citra *drone* diolah menggunakan *software* Pix4D *Fields* dimana dilakukan pembentukan citra *orthophoto*. Kemudian citra tersebut ditransformasi menjadi

citra indeks vegetasi menggunakan *tool band calculator* pada *software* QGIS 2.18.26. Indeks vegetasi yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.1.

3.3.4 Pengambilan Citra Menggunakan Satelit

Pengambilan data citra satelit sentinel 2 dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

- melakukan pendaftaran akun ke *web* <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>,
- mengatur lokasi dan tanggal pengambilan data,
- mengunduh data citra satelit sentinel 2 dari bulan Desember 2018 hingga Maret 2019.

3.3.5 Pengolahan Citra Satelit

Citra satelit yang diunduh, kemudian diolah menggunakan *software* QGIS 2.18.26 untuk menghilangkan pengaruh atmosfer yang ikut dalam menghamburkan sinyal sebelum perekaman oleh sensor satelit sentinel 2A. Selanjutnya dilakukan komposit band RGB untuk mendapatkan citra *true color*. Selanjutnya citra *true color* ditransformasi ke dalam indeks vegetasi menggunakan *tool band calculator* pada *software* QGIS 2.18.26. Indeks vegetasi yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Indeks vegetasi

No	Indeks Vegetasi	Formula
1	<i>Normalized Difference Vegetation Index-Green</i> (NDVI _{green})	$\text{NDVI Green} = \frac{G - R}{G + R}$
2	<i>Enhanced Vegetation Index-Green</i> (EVI _{green})	$\text{EVI green} = \frac{2.5 * (G - R)}{(G + 6 * R - 7.5 * B + 1)}$
3	<i>Visible Atmospherically Resistant Index</i> (VARI)	$\text{VARI} = \frac{G - R}{G + R - B}$

Sumber: Putra dan Soni, 2017

3.3.6 Pengambilan Sampel Daun Padi

Pengambilan sampel daun dilakukan di 10 petak sawah. Setiap petak sawah diambil sebanyak 20 rumpun tanaman padi dimana masing-masing rumpun diambil 1 sampel daun.

3.3.7 Pengujian Kandungan N Laboratorium

Pengujian kandungan nitrogen dilakukan di laboratorium Pusat Penelitian Kopi dan Kakao (PUSLITKOKA) Indonesia yang terletak di Jenggawah, Jember menggunakan metode Kjeldahl. Analisis menggunakan metode tersebut disesuaikan dengan standar yang sudah ditetapkan di PUSLITKOKA.

Metode kjeldahl digunakan untuk mengetahui kandungan nitrogen dalam sampel organik maupun sampel anorganik. Tahapan dalam metode ini terdiri dari 3 proses diantaranya proses destruksi, proses destilasi dan proses titrasi.

3.3.8 Analisis Data

Data citra *drone* dan citra satelit kemudian dianalisis menggunakan tiga macam indeks vegetasi yang disajikan pada Tabel 3.1. Nilai spektral citra *drone* dan satelit yang telah ditransformasi ke indeks vegetasi digunakan sebagai data untuk mendapatkan nilai estimasi unsur hara nitrogen. Data analisis laboratorium dianalisis regresi terhadap indeks vegetasi menggunakan *software Microsoft excel*. Kemudian dilakukan analisis *root mean square error* (RMSE) untuk mengetahui tingkat kesalahan (*error*) pengukuran dalam mengestimasi serapan nitrogen tanaman padi. Jika estimasi regresi sempurna maka akan sedikit kesalahan. Nilai RMSE yang semakin mendekati nilai nol menunjukkan model semakin andal dalam memberikan prediksi (Pratama *et al.*, 2019). Penghitungan RMSE dilakukan sesuai dengan rumus berikut.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left[\frac{H_{t_i} - H_{a_i}}{H_{a_i}} \right]^2}{n}} \times 100\% \text{ (Zubaedah dan Munir, 2007).}$$

Keterangan:

RMSE = Root Mean Square Error

H_{t_i} = Nilai dugaan

H_{a_i} = Nilai aktual

n = jumlah pengamatan

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Penelitian

Lahan penelitian merupakan sawah yang berada di Jalan Teuku Umar, Kecamatan Sumpalsari, Kabupaten Jember. Luas keseluruhan lahan adalah 1,15 ha dimana lahan termasuk dalam kategori sawah irigasi. Sawah tersebut ditanami padi berjenis ciherang. Dalam budidayanya, petani memberikan pupuk sebanyak 450 Kg nitrogen. Pemberian pupuk tersebut diatas standar per kecamatan yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Pertanian Nomor 40/Permentan/OT.140/04/2007 Tahun 2007. Rekomendasi pemupukan kecamatan Sumpalsari Kabupaten Jember dapat dilihat pada tabel 4.1.

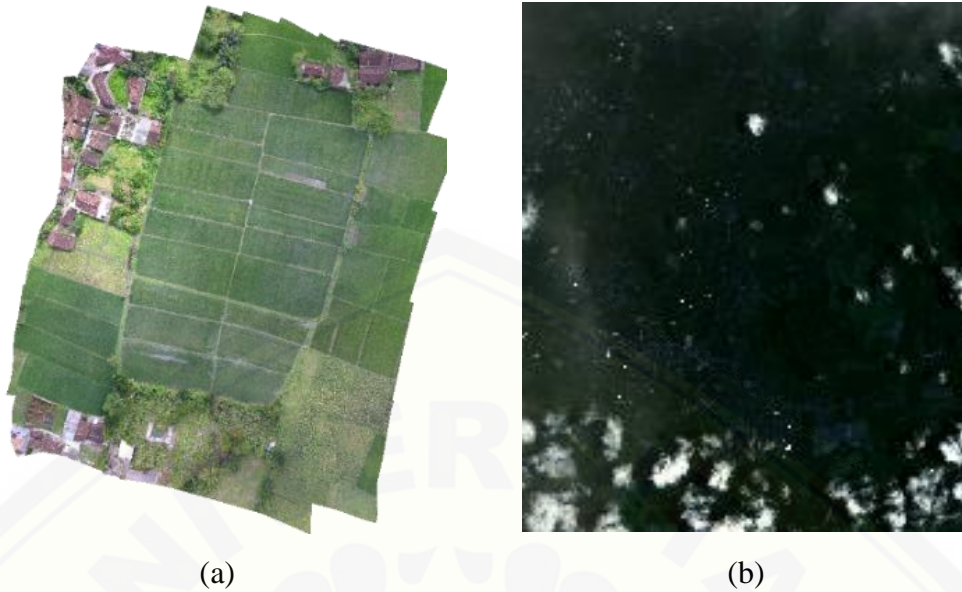
Tabel 4.1 Rekomendasi pupuk N, P, dan K pada lahan sawah spesifik lokasi (Kecamatan Sumpalsari) Provinsi Jawa Timur

Provinsi/ Kabupaten	Kecamatan	Acuan Rekomendasi Pupuk (Kg/ha)								
		Tanpa Bahan Organik			Dengan 5 ton jerami/ha			Dengan 2 ton pupuk kandang/ha		
		Urea	SP-36	KCL	Urea	SP-36	KCL	Urea	SP-36	KCL
Jawa Timur/ Jember	Sumpalsari	300	75	50	280	75	0	275	25	30

Sumber: Peraturan Menteri Pertanian Nomor 40/Permentan/OT.140/04/2007 Tahun 2007. *Rekomendasi Pemupukan N, P, Dan K Pada Padi Sawah Spesifik Lokasi*. 11 April 2007. Jakarta.

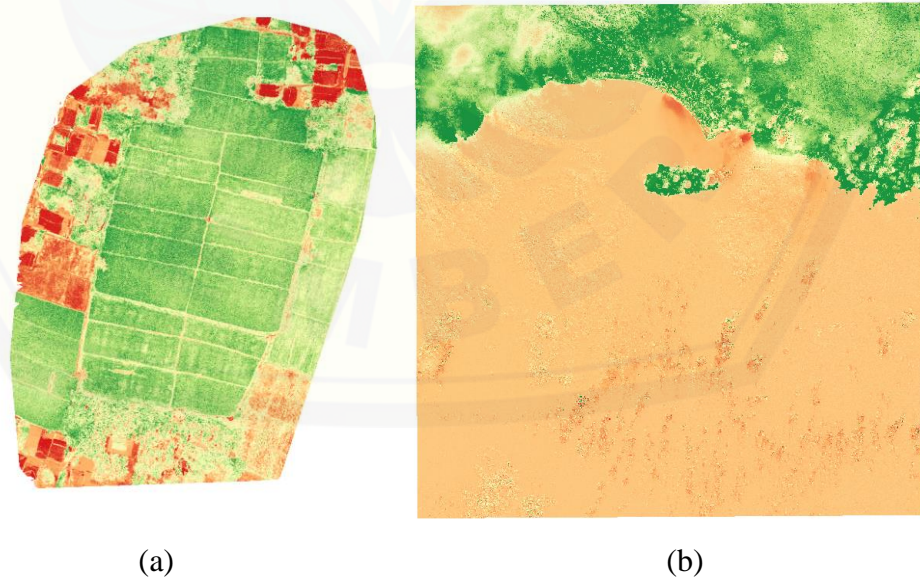
4.2 Hasil Pengambilan Citra *Drone* dan Satelit

Pengambilan data berupa citra didapatkan dari *drone* dan satelit. Citra yang didapatkan dari *drone* berupa potongan gambar yang beresolusi sebesar 3000 px kali 4000 px yang selanjutnya diolah menggunakan *software* Pix4D Field untuk mendapatkan citra *orthophoto* seperti pada Gambar 4.1 (a). Citra satelit yang diunduh terdiri dari 12 *band* dimana hanya 3 *band* saja yaitu *band* 2, *band* 3, dan *band* 4 yang dikomposit menggunakan *software* QGIS. Hasil komposit *band* tersebut berupa citra *true color* yang ditunjukkan pada Gambar 4.1 (b). Gambar 4.1 merupakan hasil pengolahan citra *drone* dan satelit.



Gambar 4.1 Hasil pengolahan citra; (a) Hasil *orthophoto* citra *drone*; (b) Hasil komposit *band* citra satelit

Selanjutnya citra *drone* dan satelit diolah menjadi citra indeks vegetasi menggunakan *Software* QGIS. Menurut Arhatin dan Wahyuningrum (2013), indeks vegetasi merupakan suatu algoritma untuk menonjolkan aspek vegetasi misalnya kerapatan vegetasi, biomassa, konsentrasi klorofil, dan sebagainya. Hasil pengolahan citra tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Hasil pengolahan citra *drone* dan satelit menjadi citra indeks vegetasi; (a) Hasil citra indeks vegetasi citra *drone*; (b) Hasil citra indeks vegetasi satelit

Hasil pengolahan citra kemudian diekstrak untuk mengetahui nilai indeks vegetasi dari masing-masing citra. Nilai rata-rata indeks vegetasi dari masing-masing metode dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Nilai rata-rata indeks vegetasi GNDVI, EVI *green*, dan VARI

HST	GNDVI		EVI <i>green</i>		VARI	
	<i>Drone</i>	Satelit	<i>Drone</i>	Satelit	<i>Drone</i>	Satelit
13	0,0017	0,0966	-0,0623	-0,0306	0,0116	-0,1756
23	0,0419	-0,0481	-0,5257	-0,1026	0,0806	-0,5570
33	0,1184	0,0145	0,3218	0,0036	0,2219	-0,9145
43	0,1702	-0,0476	-1,7527	0,1933	0,2965	-0,8012
53	0,1663	0,0136	0,3698	0,0048	0,2181	-0,8950
63	0,0711	-0,0463	0,1292	-0,0252	0,0917	-0,9270
73	0,0277	0,0643	0,0862	0,0175	0,0420	0,0969

4.3 Indeks Vegetasi yang Paling Efektif untuk Mengestimasi Serapan Nitrogen Padi

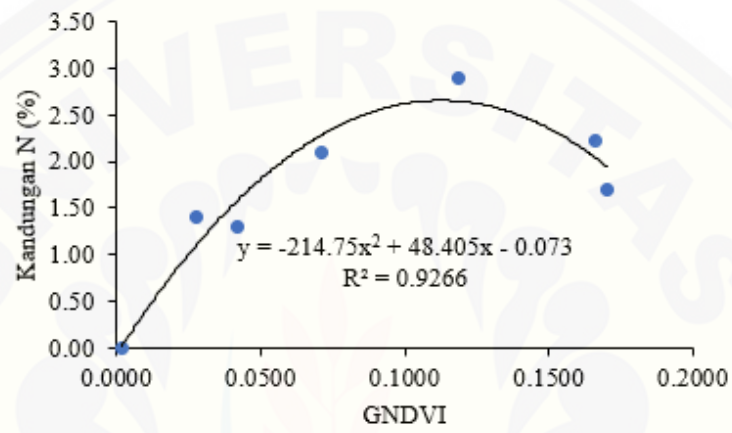
Hasil citra yang didapatkan menggunakan drone dan satelit kemudian dilakukan konversi citra RGB menjadi citra indeks vegetasi. Konversi citra tersebut menggunakan aplikasi QGis 2.18.26 dimana terdapat 3 indeks vegetasi yang digunakan diantaranya *Normalized Difference Vegetation Index-Green* (NDVI_{green} atau GNDVI), *Enhanced Vegetation Index-Green* (EVI *green*), dan *Visible Atmospherically Resistant Index* (VARI). Penentuan indeks vegetasi yang paling efektif didasarkan pada nilai koefisien determinasi (R^2) yang paling tinggi. Indeks vegetasi dengan nilai koefisien determinasi yang paling tinggi digunakan untuk menentukan model estimasi serapan nitrogen.

4.3.1 Perbandingan Indeks Vegetasi *Drone* dengan Uji Laboratorium N Padi

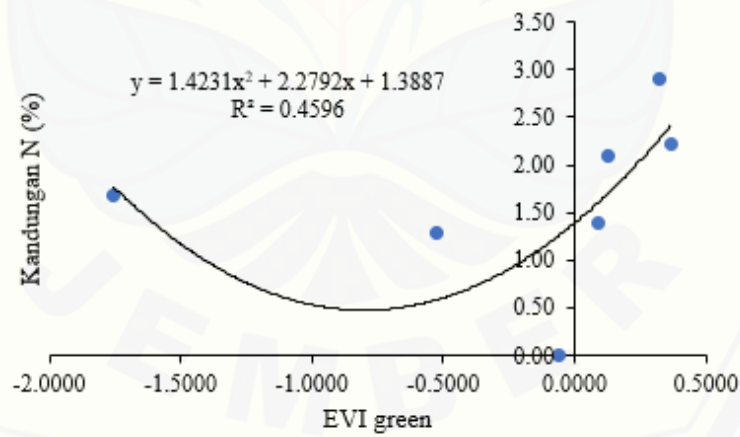
Hasil ekstraksi nilai indeks vegetasi kemudian dikorelasikan dengan hasil uji laboratorium nitrogen padi. Nilai koefisien determinasi dari masing-masing indeks vegetasi disajikan pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Nilai koefisien determinasi antara indeks vegetasi drone dengan uji laboratorium serapan nitrogen

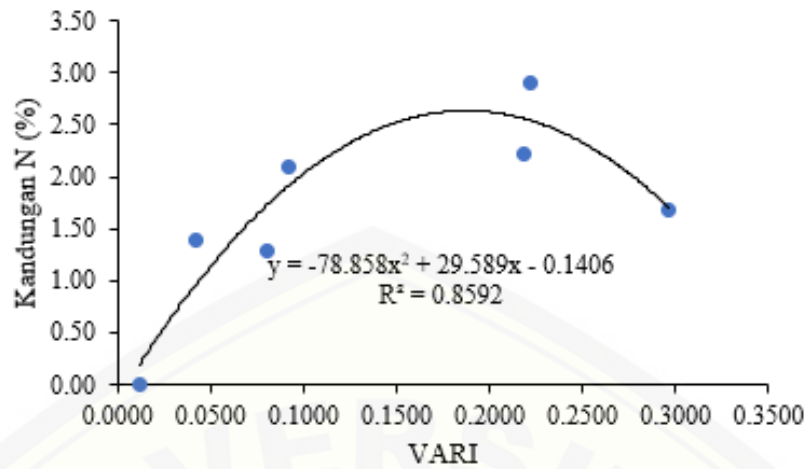
No	Indeks Vegetasi	Nilai Koefisien Determinasi
1	$GNDVI = \frac{G - R}{G + R}$	0,9266
2	$EVI\ green = \frac{2,5 \times (G - R)}{G - 6 \times R - 7,5 \times B + 1}$	0,4596
3	$VARI = \frac{G - R}{G + R - B}$	0,8592



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.3 Hubungan indeks vegetasi GNDVI, EVI green, dan VARI drone dengan serapan nitrogen; (a) Grafik GNDVI dengan kandungan nitrogen terukur; (b) Grafik EVI *green* dengan kandungan nitrogen terukur; (c) Grafik VARI dengan kandungan nitrogen terukur

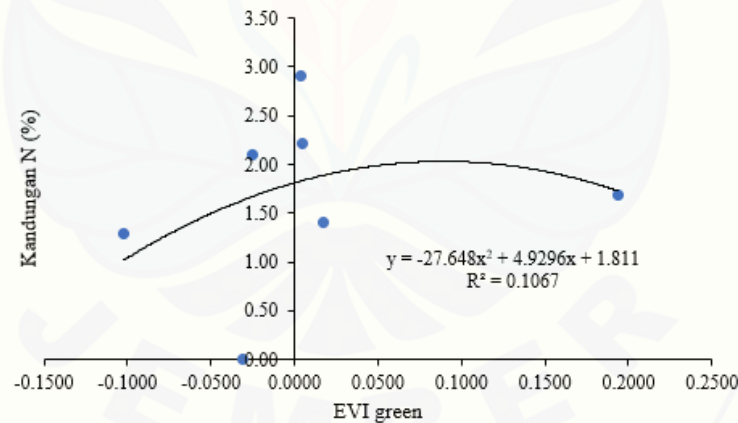
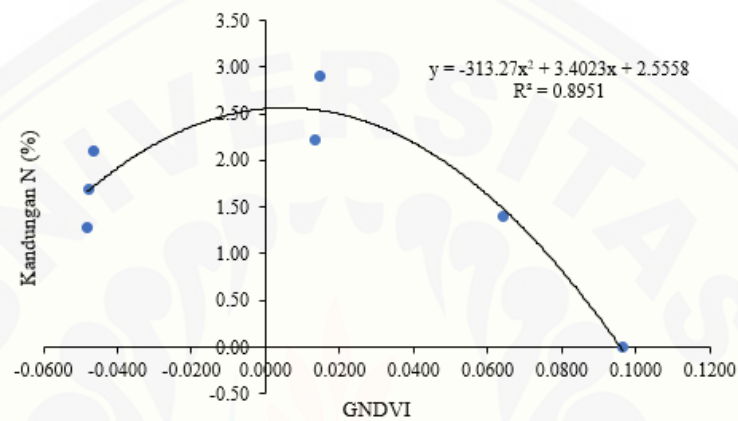
Berdasarkan data pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.3 diketahui bahwa nilai koefisien determinasi hubungan antara indeks vegetasi dan hasil uji laboratorium kandungan nitrogen padi yang tertinggi yaitu pada indeks vegetasi GNDVI. Nilai koefisien determinasi indeks vegetasi GNDVI yang diperoleh sebesar 0,9266 diikuti dengan VARI dengan nilai sebesar 0,8592 dan EVI green sebesar 0,4596. Nilai *R square* (R^2) yang diperoleh indeks vegetasi GNDVI sebesar 0,9266 dengan persamaan $y = -214,75x^2 + 48,405x - 0,073$ yang berarti bahwa 92,66% nilai kandungan nitrogen yang didapatkan menggunakan *drone* dapat dijelaskan oleh indeks vegetasi GNDVI.

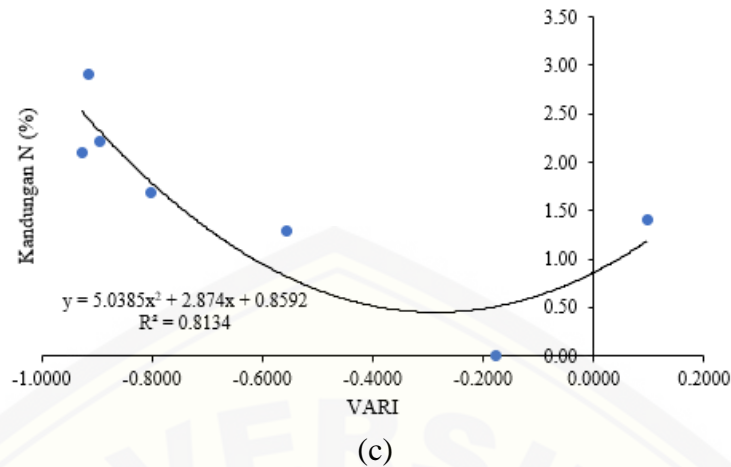
4.3.2 Perbandingan Indeks Vegetasi Satelit dengan Uji Laboratorium N Padi

Citra *true color* satelit dikonversi menjadi citra indeks vegetasi menggunakan aplikasi QGIS untuk kemudian dikorelasikan dengan hasil uji laboratorium nitrogen padi. Adapun nilai koefisien determinasi pada setiap indeks vegetasi ditampilkan pada Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Nilai koefisien determinasi antara indeks vegetasi satelit dengan uji laboratorium serapan nitrogen

No	Indeks Vegetasi	Nilai Koefisien Determinasi
1	$GNDVI = \frac{G - R}{G + R}$	0,8951
2	$EVI\ green = \frac{2,5 \times (G - R)}{G - 6 \times R - 7,5 \times B + 1}$	0,1067
3	$VARI = \frac{G - R}{G + R - B}$	0,8134





Gambar 4.4 Hubungan indeks vegetasi GNDVI, EVI green, dan VARI satelit dengan serapan nitrogen; (a) Grafik GNDVI dengan kandungan nitrogen terukur; (b) Grafik EVI *green* dengan kandungan nitrogen terukur; (c) Grafik VARI dengan kandungan nitrogen terukur

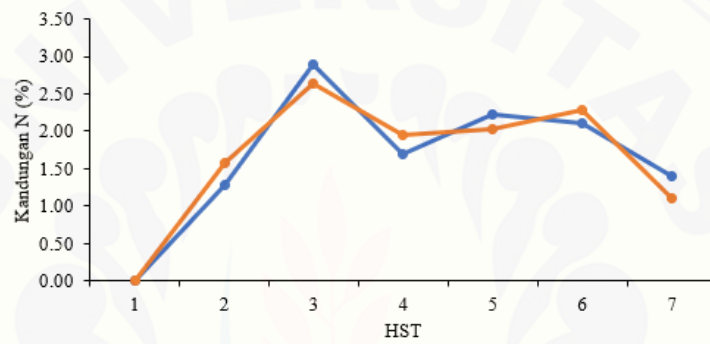
Data yang terdapat pada Tabel 4.4 dan Gambar 4.4 menunjukkan bahwa nilai koefisien determinasi paling tinggi terdapat pada indeks vegetasi GNDVI dengan persamaan $y = -313,27x^2 + 3,4023x + 2,5558$ dan nilai koefisien determinasi sebesar $R^2=0,8951$ yang berarti 89,51% kandungan nitrogen dapat dijelaskan oleh indeks vegetasi GNDVI. Hal tersebut mendekati nilai indeks vegetasi GNDVI pada pengukuran menggunakan *drone*. Melalui hasil analisa yang telah dilakukan pada indeks vegetasi *drone* dan satelit, maka dapat diketahui bahwa indeks vegetasi yang baik digunakan untuk mengestimasi kandungan nitrogen pada tanaman padi adalah GNDVI. Sehingga melalui estimasi kandungan nitrogen tersebut, diharapkan pemberian pupuk dapat dilakukan secara lebih efisien.

4.4 Model Estimasi Kandungan Nitrogen pada Tanaman Padi menggunakan GNDVI

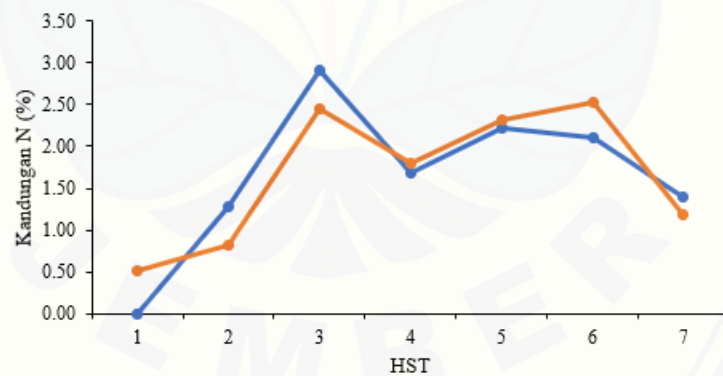
Estimasi nitrogen tanaman padi dilakukan menggunakan indeks vegetasi GNDVI. Persamaan regresi yang didapatkan selanjutnya digunakan untuk menghitung serapan nitrogen. Persamaan regresi yang didapatkan dari indeks vegetasi GNDVI *drone* yaitu $y = -214,75x^2 + 48,405x - 0,073$ sedangkan indeks vegetasi GNDVI satelit yaitu $y = -313,27x^2 + 3,4023x + 2,5558$. Hasil estimasi serapan nitrogen padi menggunakan indeks vegetasi GNDVI *drone* dan satelit dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan Gambar 4.5.

Tabel 4.5 Estimasi serapan nitrogen padi menggunakan indeks vegetasi GNDVI *drone* dan satelit

Indeks vegetasi	HST	Serapan N			
		<i>Drone</i>		Satelit	
		Terukur	Estimasi	Terukur	Estimasi
GNDVI	13	0,00	0,01	0,00	-0,04
	23	1,29	1,58	1,29	1,67
	33	2,90	2,65	2,90	2,54
	43	1,69	1,95	1,69	1,68
	53	2,22	2,04	2,22	2,54
	63	2,10	2,28	2,10	1,73
	73	1,40	1,10	1,40	1,48



(a)



(b)

Gambar 4.5 Perbandingan serapan nitrogen dengan indeks vegetasi GNDVI; (a) Hasil estimasi nitrogen menggunakan *drone*; (b) Hasil estimasi nitrogen menggunakan satelit

Hubungan yang ditunjukkan pada model hubungan GNDVI dengan unsur hara nitrogen memiliki hubungan yang cukup kuat. Gholizadeh *et al.*, (2015) melalui penelitiannya mendapatkan nilai koefisien korelasi yang baik pada indeks

vegetasi GNDVI dibandingkan dengan NDVI dimana 0,72 untuk GNDVI dan 0,49 untuk NDVI. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Gitelson *et al.*, (1996), bahwa GNDVI memiliki kemampuan yang lebih baik dalam mengidentifikasi kandungan klorofil serta berhubungan baik dengan N.

Selanjutnya untuk mengevaluasi akurasi nilai R^2 yang didapatkan dari masing-masing indeks vegetasi pada *platform drone* dan satelit, maka dilakukan perhitungan *root mean square error* (RMSE). Hasil perhitungan RMSE dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.6 Hasil perhitungan RMSE

<i>Platform</i>	Indeks vegetasi	RMSE
<i>Drone</i>	GNDVI	0,23
	EVI <i>green</i>	0,62
	VARI	0,32
Satelit	GNDVI	0,27
	EVI <i>green</i>	0,80
	VARI	0,37

Berdasarkan Tabel 4.5, nilai RMSE terkecil ditunjukkan pada indeks vegetasi GNDVI *drone* sebesar 0,23 dan GNDVI satelit sebesar 0,27. Nilai RMSE yang semakin mendekati nilai nol menunjukkan model semakin andal dalam memberikan prediksi (Merta *et al.*, 2019). Hal tersebut berarti bahwa model GNDVI *drone* dan satelit memiliki tingkat kesalahan yang relatif rendah dibandingkan dengan indeks vegetasi lainnya, sehingga estimasi serapan nitrogen dapat diterapkan menggunakan model indeks vegetasi GNDVI *drone* dan satelit.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian yang telah dilakukan ini yaitu sebagai berikut:

1. Teknologi *aerial remote sensing* memiliki potensi yang baik dan dapat dijadikan alternatif untuk menentukan jumlah unsur hara nitrogen yang diserap oleh tanaman padi. *Platform* yang baik digunakan yaitu *drone* dimana *drone* memiliki kualitas citra yang lebih baik dari pada satelit dan pengukuran menggunakan *drone* dapat dilakukan kapan saja.
2. Indeks vegetasi GNDVI *drone* dan satelit sentinel 2A memiliki nilai koefisien determinasi yang paling baik dibandingkan indeks vegetasi EVI *green* dan VARI. Nilai koefisien determinasi indeks vegetasi GNDVI *drone* sebesar 0,9266 sedangkan GNDVI satelit sebesar 0,8951.
3. Estimasi serapan nitrogen menggunakan indeks vegetasi GNDVI *drone* dan satelit memiliki akurasi yang cukup baik jika dibandingkan dengan hasil analisis laboratorium. Nilai RMSE indeks vegetasi GNDVI *drone* sebesar 0,23 dan GNDVI satelit sebesar 0,27 dimana semakin kecil nilai RMSE maka kesalahan pengukuran semakin kecil.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu diharapkan adanya penelitian lebih lanjut tentang estimasi serapan unsur hara nitrogen tanaman padi yang jenisnya berbeda dan menggunakan indeks vegetasi yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Arhatin, R. E., dan P.I. Wahyuningrum. 2013. Algoritma indeks vegetasi mangrove menggunakan satelit landsat ETM+ (*vegetation index algorithm for mangrove derived from landsat ETM+*). *Buletin PSP* 21(2): 215-228.
- Badan Pusat Statistik. 2017. Produksi Padi Menurut Provinsi (ton) 1993-2015. <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/865> [Diakses pada 21 September 2019].
- Bakara, J. 2014. Sistem Manajemen Data Citra Satelit Penginderaan Jauh Resolusi Tinggi untuk Kebutuhan Nasional. *Prosiding Seminar Nasional Penginderaan Jauh 2014. Bidang Kebijakan Kedirgantaraan Nasional LAPAN*: 751-761.
- Buckman H. O. dan Brady. 1992. *Ilmu Tanah*. Terjemahan oleh Soegiman. Jakarta: PT Bhatara Karya Aksara Jakarta.
- Candiago, S., F. Remondino, M. D. Giglio, M. Dubbini, dan M. Gattelli. 2015. Evaluating Multispectral Images and Vegetation Indices for Precision Farming Applications from UAV Images. *Remote Sensing* 7(4): 4026-4047.
- Copernicus. Tanpa Tahun. Sentinel-2 Overview. https://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-2_overview. [Diakses pada 8 Mei 2018].
- Drisya, J., S. Kumar, dan T. Roshni. 2018. Spatiotemporal Variability of Soil Moisture and Drought Estimation Using a Distributed Hydrological Model. *Integrating Disaster Science and Management*: 451 – 460.
- DroneDeploy. 2017. Identifying Crop Variability with Drone. <https://medium.com/aerial-acuity/identifying-crop-variability-whats-the-difference-between-ndvi-false-ndvi-and-vari-plant-health-98c380381a33> [Diakses pada 12 Mei 2020].
- Endrizal dan J. Bobihoe. 2004. Efisiensi penggunaan pupuk nitrogen dengan penggunaan pupuk organik pada tanaman padi sawah. *Jurnal pengkajian dan pengembangan teknologi pertanian*. 7(2): 118-124.
- Gholizadeh, H., S. M. Robeson, A. F. Rahman. 2015. Comparing the performance of multispectral vegetation indices and machine learning algorithms for remote estimation of chlorophyll content: a case study in the Sundarbans mangrove forest. *International journal of remote sensing* 36(12): 3114-3133.
- Gitelson, A. A., Y. J. Kaufman, dan M. N. Merzlyak. 1996. Use of a Green Channel in Remote Sensing of Global Vegetation from EOS-MODIS. *Remote Sensing of Environment* 58(3): 289-298.

- Huang, S. Y. Miao, G. Zhao, F. Yuan, X. Ma, C. Tan, W. Yu, M. L. Gnyp, V. I. S. Lenz-Wiedemann, U. Rascher, dan G. Bareth. 2015. Satellite Remote Sensing-Based In-Season Diagnosis of Rice Nitrogen Status in Northeast China. *Remote Sensing* 7(8): 10646-10667.
- Indarto. 2016. *Penginderaan Jauh Metode Analisis dan Interpretasi Citra Satelit*. Yogyakarta: ANDI.
- Jipelos, M. J. 1989. Uptake of nitrogen from urea fertilizer for rice and oil palm – The Malaysian Experience. *Proceedings of the Symposium: Nutrient Management for Food Crop Production in Tropical Farming Systems*. 187-204.
- Kögel-Knabner, I., W. Amelung, Z. Cao, S. Fiedler, P. Frenzel, R. Jahn, K. Kalbitz, A. Kölbl, dan M. Schloter. 2010. Biogeochemistry of paddy soils. *Geoderma*. 157: 1-14.
- Lingga, P. dan Marsono. 2003. *Petunjuk Penggunaan Pupuk*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Llie, G. dan G. Vasile. 2011. *Spaceborne SAR Tomography: Application in Urban Environment*. France: Grenoble Institute of Technology.
- Ma, L., M. Li, L. Tong, Y. Wang, dan L. Cheng. 2013. Using Unmanned Aerial Vehicle for Remote Sensing Application. *2013 21st International Conference on Geoinformatics*: 1–5.
- Mahajan, G. R., R. N. Pandey, R. N. Sahoo, V. K. Gupta, S. C. Datta, dan D. Kumar. 2016. Monitoring Nitrogen, Phosphorus and Sulphur in Hybrid Rice (*Oryza Sativa* L.) Using Hyperspectral Remote Sensing. *Precision Agriculture* 18(5): 736-761.
- Makarim, A. K. dan E. Suhartatik. 2007. Morfologi dan fisiologi tanaman padi.
- Nguu, N. V. dan S.K. De Datta. 1979. Increasing Efficiency of Fertilizer Nitrogen in Wetland Rice by Manipulation of Plant Density and Plant Geometry. *Field Crops Research* 2: 19-34.
- Peraturan Menteri Pertanian Nomor 40/Permentan/OT.140/04/2007 Tahun 2007. *Rekomendasi Pemupukan N, P, dan K pada Padi Sawah Spesifik Lokasi*. 11 April 2007. Jakarta.
- 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 Aquatic Sciences* 5(2): 192–202.

- Putra, B. T. W. dan P. Soni. 2017. 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.
- Putri, D. R., A. Sukmono, dan B. Sudarsono. 2018. Analisis komninsi citra sentinel-1a dan citra sentinel-2a untuk klasifikasi tutupan lahan (studi kasus: Kabupaten Demak, Jawa Tengah). *Jurnal Geodesi Undip* 7(2): 85-96.
- Sudiana, D. dan E. Diasmara. 2008. Analisis indeks vegetasi menggunakan data satelit NOAA/AVHRR dan TERRA/AQUA-MODIS. *Seminar on Intelligent Technology and Its Applications*: 423-428.
- Syekhfani. 1997. *Hara Air Tanah dan Tanaman*. Malang: Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang.
- Tisdale S. M., W. L. Nelson, dan J. D. Beaton. 1990. *Soil Fertility and Fertilizers*. New York: Macmillan Publishing Company.
- Tjitrosoepomo, G. 1994. *Morfologi Tumbuhan*. Yogyakarta: University Press.
- Toth, C. dan G. Józków. 2016. Remote sensing platforms and sensors: A Survey. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 115: 22-36.
- Utama, M. Z. H. 2015. *Budidaya Padi Pada Lahan Marjinal*. Yogyakarta: CV. Andi Offset.
- Wahid, A. S. 2003. Peningkatan efisiensi pupuk nitrogen pada padi sawah dengan metode bagan warna daun. *Litbang Pertanian* 22(1999): 156-161.
- Zubaedah, Y. dan R. Munir. 2007. Aktifitas Pemupukan Fosfor (P) Pada Lahan Sawah dengan Kandungan P-Sedang. *Journal Solum* 4(1): 1-4.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Indeks vegetasi *drone* dan satelit

Indeks vegetasi	Rumus	Tools	Sumber
Normalized Difference Vegetation Index-Green (GNDVI)	$GNDVI = \frac{g - r}{g + r}$	<i>Drone</i> dan satelit	Putra dan Soni (2017)
Enhanced Vegetation Index-Green	$EVI\ green = \frac{2,5 \times (g - r)}{g + 6 \times r - 7,5 \times b + 1}$	<i>Drone</i> dan satelit	Putra dan Soni (2017)
Visible Atmosphericly Resistant Index	$VARI = \frac{g - r}{g + r - b}$	<i>Drone</i> dan satelit	Putra dan Soni (2017)

Lampiran 2. Data Hasil Perhitungan Indeks Vegetasi

Tabel 1. Hasil perhitungan indeks vegetasi GNDVI

Plot	HST							
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
A	-0.016	-0.009	0.023	0.106	0.177	0.198	0.105	0.031
B	-0.011	-0.003	0.046	0.107	0.181	0.182	0.093	0.027
C	-0.003	0.009	0.055	0.130	0.182	0.184	0.081	0.027
D	-0.008	0.016	0.050	0.112	0.182	0.180	0.065	0.030
E	-0.009	-0.004	0.050	0.124	0.221	0.252	0.063	0.050
F	-0.004	0.008	0.056	0.119	0.171	0.130	0.059	0.042
G	-0.001	0.004	0.026	0.155	0.142	0.125	0.059	0.023
H	-0.006	0.001	0.037	0.109	0.153	0.133	0.053	0.021
I	-0.002	-0.001	0.044	0.119	0.144	0.134	0.057	0.018
J	0.001	-0.005	0.033	0.104	0.148	0.146	0.075	0.007
Rata-rata	-0.006	0.002	0.042	0.118	0.170	0.166	0.071	0.028

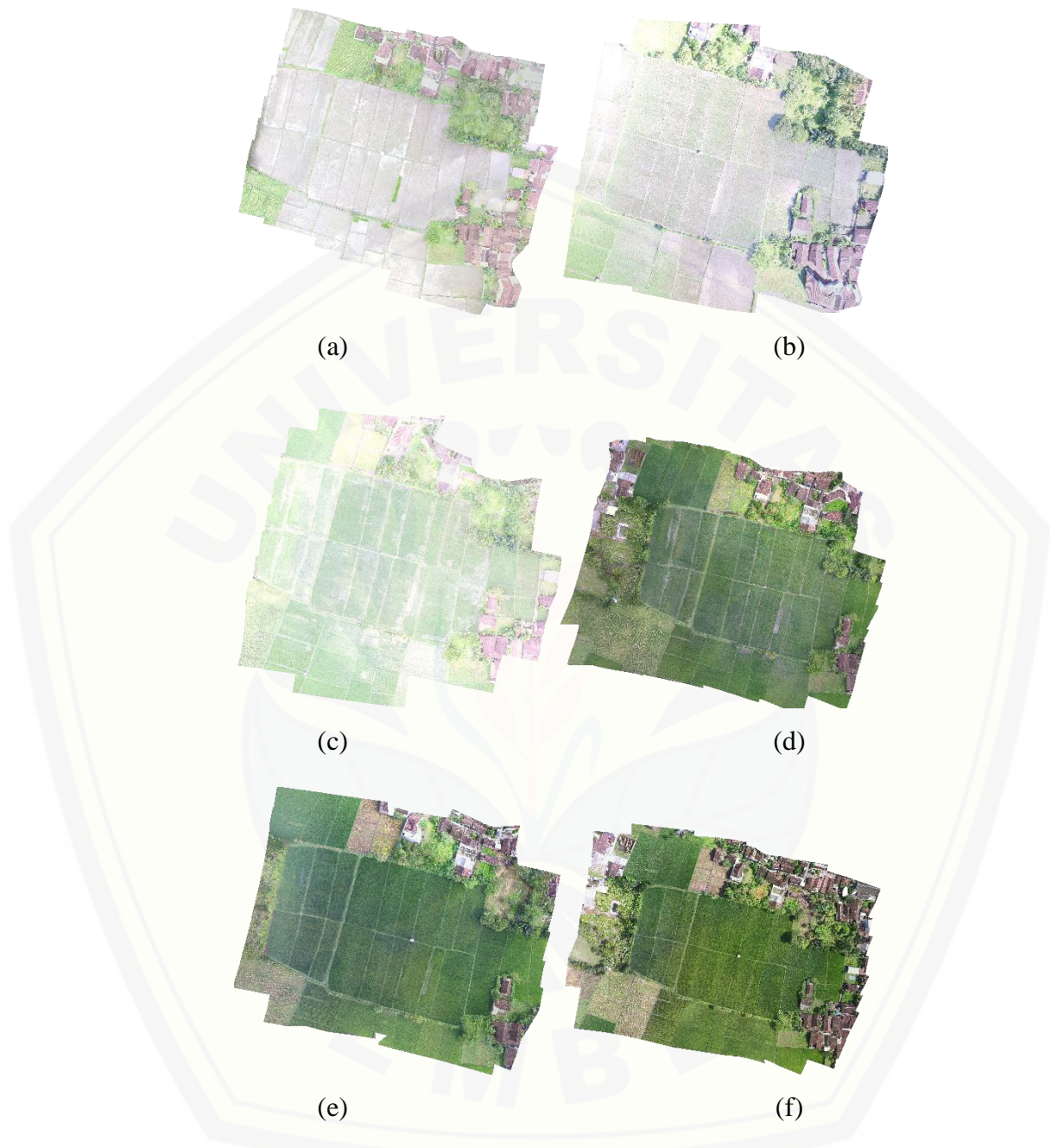
Tabel 2. Hasil perhitungan indeks vegetasi EVI green

Plot	HST							
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
A	0.186	0.146	-0.340	1.593	-8.100	0.472	0.339	0.130
B	0.148	0.110	-0.735	1.725	-0.081	0.372	0.164	0.086
C	0.062	-0.327	-0.860	1.649	-2.697	0.419	0.185	0.089
D	0.106	-0.454	-0.581	1.503	0.777	0.353	0.102	0.108
E	0.131	0.064	-0.588	-1.224	0.413	0.557	0.091	0.183
F	0.059	-0.156	-0.713	0.773	-1.977	0.357	0.092	0.124
G	0.015	-0.100	-0.270	-1.038	-1.084	0.260	0.087	0.052
H	0.060	0.039	-0.365	0.309	-2.415	0.245	0.071	0.038
I	0.032	0.005	-0.434	-1.418	-3.366	0.389	0.073	0.038
J	-0.002	0.051	-0.371	-0.654	1.002	0.273	0.087	0.015
Rata-rata	0.080	-0.062	-0.526	0.322	-1.753	0.370	0.129	0.086

Tabel 3. Hasil perhitungan indeks vegetasi VARI

Plot	HST							
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
A	-0.031	-0.009	0.043	0.181	0.303	0.267	0.148	0.049
B	-0.023	-0.006	0.086	0.179	0.292	0.231	0.119	0.042
C	-0.005	0.018	0.105	0.214	0.327	0.245	0.114	0.041
D	-0.015	0.031	0.096	0.188	0.305	0.233	0.084	0.048
E	-0.017	-0.009	0.095	0.220	0.398	0.308	0.078	0.077
F	-0.008	0.101	0.107	0.205	0.313	0.182	0.077	0.063
G	-0.003	0.008	0.050	0.261	0.267	0.165	0.073	0.033
H	-0.011	-0.006	0.073	0.373	0.277	0.174	0.066	0.031
I	-0.004	-0.002	0.085	0.213	0.251	0.185	0.069	0.026
J	0.002	-0.010	0.065	0.184	0.231	0.191	0.089	0.010
Rata-rata	-0.012	0.012	0.081	0.222	0.297	0.218	0.092	0.042

Lampiran 3. Citra Sawah



Gambar 1. (a) Citra *drone* 13 HST; (b) Citra *drone* 23 HST; (c) Citra *drone* 33 HST; (d) Citra *drone* 43 HST; (e) Citra *drone* 53 HST; (f) Citra *drone* 63 HST;