

**PENDUGAAN PRODUKTIVITAS TANAMAN PADI
BERDASARKAN NILAI INDEKS VEGETASI PADA MUSIM
TANAM UTAMA (DESEMBER-MARET) MENGGUNAKAN
DATA CITRA *DRONE***

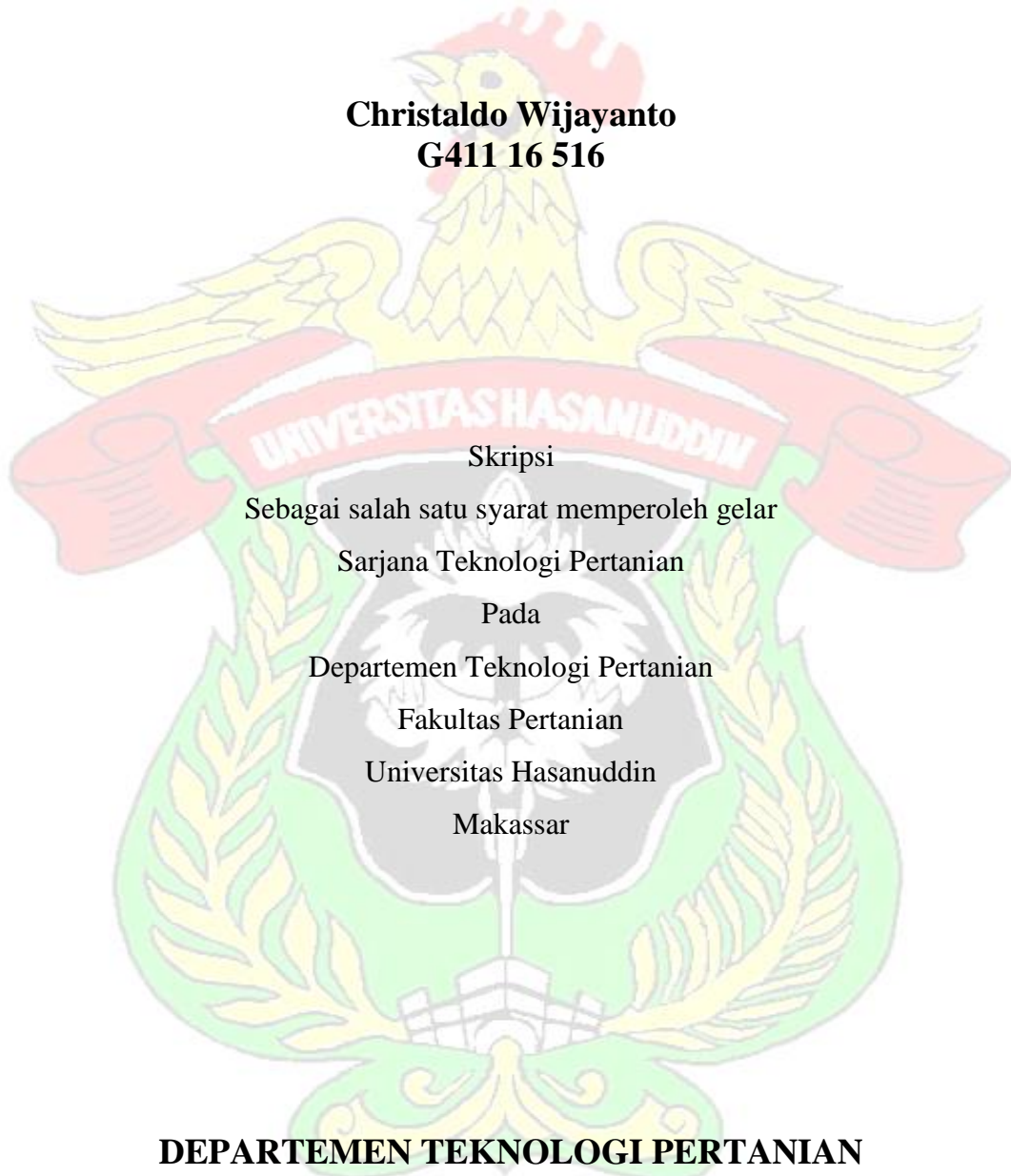
**Christaldo Wijayanto
G411 16 516**



**DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2020**

**PENDUGAAN PRODUKTIVITAS TANAMAN PADI
BERDASARKAN NILAI INDEKS VEGETASI PADA MUSIM
TANAM UTAMA (DESEMBER-MARET) MENGGUNAKAN
DATA CITRA *DRONE***

**Christaldo Wijayanto
G411 16 516**



Skripsi

Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknologi Pertanian

Pada

Departemen Teknologi Pertanian

Fakultas Pertanian

Universitas Hasanuddin

Makassar

DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN

FAKULTAS PERTANIAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2020

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : PENDUGAAN PRODUKTIVITAS TANAMAN PADI
BERDASARKAN NILAI INDEKS VEGETASI PADA
MUSIM TANAM UTAMA (DESEMBER-MARET)
MENGUNAKAN DATA CITRA *DRONE*

Nama : CHRISTALDO WIJAYANTO

NIM : G411 16 516

Disetujui oleh:


Dr. Ir. Daniel Useng, M. Eng. Sc

Ketua


Prof. Dr. Ir. Salengke, M.Sc

Anggota

Disetujui oleh:


Prof. Dr. Ir. Meta Mahendradatta

Ketua Departemen

Tanggal Pengesahan: November 2020

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : CHRISTALDO WIJAYANTO

Nomor Mahasiswa : G411 16 516

Program Studi : Keteknikan Pertanian

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebahagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, November 2020

Yang menyatakan,



CHRISTALDO WIJAYANTO

ABSTRAK

CHRISTALDO WIJAYANTO (G411 16 516). “Pendugaan Produktivitas Tanaman Padi berdasarkan Nilai Indeks Vegetasi pada Musim Tanam Utama (Desember-Maret) menggunakan Data Citra *Drone*” Pembimbing : DANIEL USENG dan SALENGKE

Latar Belakang Beras merupakan salah satu kebutuhan pokok khususnya bagi masyarakat Indonesia. Karena itu, produksi beras di Indonesia diharapkan dapat memenuhi kebutuhan pokok penduduk Indonesia. Pendugaan tingkat produksi padi penting untuk dilakukan guna mengetahui tingkat ketersediaan bahan pangan pada suatu wilayah. Dengan menduga produksi padi, kita akan memiliki informasi sementara (prediksi) mengenai jumlah produksi padi pada suatu wilayah tertentu. Sehingga berdasarkan data produksi tersebut dapat diambil beberapa pertimbangan atau kebijakan untuk impor, ekspor, maupun melakukan penyimpanan terhadap gabah tersebut. **Tujuan** Penelitian ini bertujuan untuk menduga produksi padi pada suatu lahan persawahan berdasarkan indeks vegetasi dari citra *drone*. **Metode** yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengambilan data secara langsung di lapangan. Ada beberapa parameter yang diamati dalam penelitian ini yaitu indeks vegetasi, *ground cover*, dan produktivitas. **Hasil** yang diperoleh dari penelitian ini adalah produktivitas tanaman padi dapat diduga berdasarkan nilai indeks vegetasi. Data citra drone pada 75 HST (memasuki fase pematangan) merupakan data citra yang paling baik untuk digunakan dalam melakukan pendugaan produktivitas tanaman padi. Jenis indeks vegetasi yang baik digunakan dalam pendugaan produktivitas padi pada 75 HST adalah RGBVI (*Red Green Blue Vegetation Index*) dan ExG (*Excess Green*) dengan tingkat error < 1 ton/ha.

Kata kunci : Padi, Indeks Vegetasi, Produktivitas

ABSTRACT

CHRISTALDO WIJAYANTO (G411 16 516). “The Estimation of Rice Productivity based on Vegetation Index in Main Planting Season (December-March) using Drone Imagery Data” Supervisors : DANIEL USENG and SALENGKE

Background Rice paddy (*Oryza sativa* L.) is one of the staple food in Indonesia. As a result, it is expected that the production level of rice paddy can meet the demand of Indonesian people. It is important to estimate the production level of rice paddy, in order to meet the demand. Estimating the rice paddy production will provide the assumption of rice paddy production. Later, this estimation can be used to determine rice paddy import/export policy and its management. The study **Aims** to estimate the rice paddy production in paddy fields based on vegetation index (VI) taken from drone imagery. The **Method** used in this study is field data collection. Parameters observed in this study include vegetation index, ground cover, and productivity. The **Results** of this study show the ability to estimate the productivity level of rice paddy based on the vegetation index value. The best drone imagery in estimating rice paddy production is the imagery at 75 Day After Planting (DAP), during the maturation phase. It is found that the best VI in estimating rice productivity at 75 DAP is the RGBVI (Red Green Blue Vegetation Index) and ExG (Excess Green), which has an error rate of < 1 ton per hectare.

Keywords : Rice, Vegetation Index, Productivity

PERSANTUNAN

Segala puji dan syukur senantiasa penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat, rahmat, dan hikmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini sebagai syarat memperoleh gelar sarjana. Skripsi ini dapat terselesaikan berkat adanya bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak serta doa. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Ayahanda **Demma'dika**, Ibunda **Radmini Julia**, dan Adinda **Dwi Caesaria** yang selalu memberikan kasih sayang, motivasi dan doanya selama ini sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. **Dr. Ir. Daniel Useng, M. Eng. Sc** dan **Prof. Dr. Ir. Salengke, M.Sc.** selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan arahan dengan sabar selama pelaksanaan penelitian hingga penulis menyelesaikan penyusunan skripsi.
3. **Dr. Suhardi, S.TP., MP.** selaku dosen penasihat akademik yang telah memberikan arahan dan nasihat selama proses perkuliahan.
4. **Dr. rer. Nat. Olly Sanny Hutabarat, S.TP., M.Si.** dan **Haerani, S.TP., M.Eng.Sc., Ph.D.** selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran untuk penyempurnaan skripsi ini.
5. **Bapak Zainuddin** yang telah banyak membantu dalam proses pengambilan data di lokasi penelitian Desa Alatenggae, Kec. Bantimurung, Kab. Maros.
6. Teman seperjuangan, **Eka, Mila, Kris,** dan **Burhan** yang selalu memberikan bantuan berupa tenaga dan ide mulai dari survei lokasi hingga penelitian berlangsung.
7. Saudaraku dari PMK Fapertahut Unhas, kanda **Harianto, Liviana, Endang, Alfin, Renaldi,** dan **Andry** yang telah membantu dalam proses penelitian.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas kebaikan mereka. Akhirnya penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat di bidang Ilmu Pengetahuan kedepannya.

Makassar, Oktober 2020



Christaldo Wijayanto

RIWAYAT HIDUP



Christaldo Wijayanto lahir di Ujung Pandang pada tanggal 27 November 1997, dari pasangan Bapak Demma'dika dan Ibu Radmini Julia, anak pertama dari dua bersaudara. Jenjang pendidikan formal yang pernah dilalui adalah:

1. Memulai pendidikan di Taman Kanak-Kanak Yayasan Pendidikan Kristen (TK-YPK) Mamasa pada tahun 2003 sampai tahun 2004.
2. Melanjutkan pendidikan di SDN 001 Mamasa, pada tahun 2004 sampai tahun 2010.
3. Melanjutkan pendidikan di jenjang menengah pertama di SMP Negeri 1 Mamasa, pada tahun 2010 sampai tahun 2013.
4. Melanjutkan pendidikan di jenjang menengah atas di SMA Negeri 1 Mamasa, pada tahun 2013 sampai tahun 2016
5. Melanjutkan pendidikan di Universitas Hasanuddin Makassar, Fakultas Pertanian, Departemen Teknologi Pertanian, Program Studi Keteknikan Pertanian pada tahun 2016 sampai tahun 2020.

Selama menempuh pendidikan di dunia perkuliahan, penulis aktif dalam organisasi kampus yaitu sebagai pengurus di Himpunan Mahasiswa Teknologi Pertanian Universitas Hasanuddin (HIMATEPA UH) periode 2017/2018. Selain itu, penulis juga aktif menjadi asisten praktikum di bawah naungan *Agricultural Engineering Study Club* (AESC).

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBARAN PENGESAHAN.....	iii
DEKLARASI.....	iv
ABSTRAK	v
PERSANTUNAN	vii
RIWAYAT HIDUP.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan dan Kegunaan.....	2
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Fase Tumbuh Tanaman Padi.....	3
2.2 Penginderaan Jauh.....	4
2.3 UAV (<i>Unmanned Aerial Vehicles</i>)	5
2.4 Indeks Vegetasi	7
2.4.1 VARI.....	8
2.4.2 TGI.....	8
2.4.3 GLI.....	8
2.4.4 RGBVI.....	9
2.4.5 NGRDI.....	9
2.4.6 ExG	9
2.5 Analisis Korelasi	10
2.6 Analisis Regresi.....	10
3. METODE PENELITIAN.....	12
3.1 Waktu dan Tempat	12
3.2 Alat dan Bahan	12
3.3 Prosedur Penelitian.....	12

3.3.1	Survei Lokasi	12
3.3.2	Pembuatan Peta Dasar	12
3.3.3	Pengambilan Data	12
3.3.4	Analisis Indeks Vegetasi RGB	13
3.3.5	Perhitungan Produktivitas.....	13
3.3.6	Analisis Korelasi dan Analisis Regresi.....	14
3.3.7	Pengujian Akurasi Model Regresi	14
3.3.8	Peta Produktivitas Padi	14
3.4	Diagram Alir	16
4.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	17
4.1	Hubungan Indeks Vegetasi dengan HST	17
4.1.1	Petakan Produktivitas Tinggi.....	17
4.1.2	Petakan Produktivitas Sedang.....	18
4.1.3	Petakan Produktivitas Rendah	18
4.2	Hubungan <i>Ground Cover</i> dengan HST.....	19
4.3	Hubungan Indeks Vegetasi dengan Produktivitas.....	20
4.3.1	Umur Tanaman 35 HST.....	20
4.3.2	Umur Tanaman 46 HST.....	21
4.3.3	Umur Tanaman 59 HST.....	22
4.3.4	Umur Tanaman 67 HST.....	22
4.3.5	Umur Tanaman 75 HST.....	23
4.3.6	Umur Tanaman 81 HST.....	24
4.4	Pengujian Akurasi Model Regresi.....	25
4.4.1	Umur Tanaman 46 HST	25
4.4.2	Umur Tanaman 59 HST.....	27
4.4.3	Umur Tanaman 75 HST.....	29
4.5	Peta Produktivitas Tanaman Padi.....	32
5.	PENUTUP.....	33
5.1	Kesimpulan.....	33
	DAFTAR PUSTAKA	34
	LAMPIRAN.....	36

DAFTAR TABEL

Tabel 2-1. Interpretasi Koefisien Korelasi	10
Tabel 4-1. Pengujian Data Produktivitas Tanaman Padi pada 46 HST	25
Tabel 4-2. Pengujian Data Produktivitas Tanaman Padi pada 59 HST.	27
Tabel 4-3. Pengujian Data Produktivitas Tanaman Padi pada 75 HST.	29

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1. Bagian-bagian Sistem Penginderaan Jauh	4
Gambar 3-1. Peta Lokasi Penelitian.....	15
Gambar 3-2. Diagram Alir Penelitian	16
Gambar 4-1. Hubungan Indeks Vegetasi dengan HST pada Petakan Produktivitas tinggi	17
Gambar 4-2. Hubungan Indeks Vegetasi dengan HST pada Petakan Produktivitas sedang	18
Gambar 4-3. Hubungan Indeks Vegetasi dengan HST pada Petakan Produktivitas rendah.....	19
Gambar 4-4. Hubungan <i>Ground Cover</i> dengan HST	19
Gambar 4-5. Hubungan antara Indeks Vegetasi dengan Produktivitas pada 35 HST	20
Gambar 4-6. Hubungan antara Indeks Vegetasi dengan Produktivitas pada 46 HST	21
Gambar 4-7. Hubungan antara Indeks Vegetasi dengan Produktivitas pada 59 HST	22
Gambar 4-8. Hubungan antara Indeks Vegetasi dengan Produktivitas pada 67 HST	23
Gambar 4-9. Hubungan antara Indeks Vegetasi dengan Produktivitas pada 75 HST	24
Gambar 4-10. Hubungan antara Indeks Vegetasi dengan Produktivitas pada 81 HST	24
Gambar 4-11. Hubungan antara Pendugaan Produktivitas dan Produktivitas Hasil Observasi pada 46 HST	26
Gambar 4-12. Hubungan antara Pendugaan Produktivitas dan Produktivitas Hasil Observasi pada 59 HST	28
Gambar 4-13. Hubungan antara Pendugaan Produktivitas dan Produktivitas Hasil Observasi pada 75 HST	30
Gambar 4-14. Peta Produktivitas Tanaman Padi (75 HST).....	32

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Produktivitas Petakan Sawah yang Diamati.....	36
Lampiran 2. Tabel Nilai Indeks Vegetasi	37
Lampiran 3. Tabel Persentase <i>Ground Cover</i>	40
Lampiran 4. Dokumentasi.....	42

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beras merupakan salah satu kebutuhan pokok khususnya bagi masyarakat Indonesia. Karena itu, produksi beras di Indonesia diharapkan dapat memenuhi kebutuhan pokok penduduk Indonesia. Berdasarkan data dari Kementerian Pertanian (2020) produksi padi di Indonesia cenderung mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Pada tahun 2014 produksi padi mencapai angka 70.846.465 ton dan pada tahun 2018 mengalami peningkatan sebesar 12.190.685 ton menjadi 83.037.150 ton. Sulawesi Selatan yang merupakan salah satu daerah penghasil beras di Indonesia juga mengalami peningkatan produksi dari tahun 2014 sebesar 5,426,097 ton menjadi 6,196,737 ton pada tahun 2018.

Pendugaan tingkat produksi padi penting dilakukan untuk mengetahui tingkat ketersediaan bahan pangan pada suatu wilayah. Dengan menduga produksi padi, kita akan memiliki informasi sementara (prediksi) mengenai jumlah produksi padi pada suatu wilayah. Berdasarkan data produksi tersebut dapat diambil beberapa pertimbangan atau kebijakan untuk impor, ekspor, maupun penyimpanan untuk cadangan.

Pendugaan produksi padi dapat dilakukan dengan cara manual maupun dengan memanfaatkan teknologi penginderaan. Dengan memanfaatkan teknologi penginderaan, pendugaan produksi akan jauh lebih mudah untuk dilakukan jika dibandingkan dengan cara manual. Salah satu teknologi yang dapat digunakan dalam pendugaan produksi dengan penginderaan adalah teknologi *drone*. Data citra yang diperoleh dari *drone* dapat dianalisa untuk mendapatkan indeks vegetasi dan perkiraan produktivitas tanaman padi. Ada banyak metode indeks vegetasi yang dapat digunakan dalam pendugaan produktivitas, tergantung pada sumber data yang digunakan yang meliputi kamera RGB, kamera NIR, atau citra satelit.

Berdasarkan uraian yang telah dipaparkan sebelumnya, maka dilakukanlah penelitian Pendugaan Produktivitas Tanaman Padi berdasarkan Nilai Indeks Vegetasi pada Musim Tanam Utama (Desember-Maret) menggunakan Data Citra *Drone* agar dapat diperoleh informasi sementara (pendugaan) produksi padi.

1.2 Tujuan dan Kegunaan

Tujuan dari penelitian yang dilakukan yaitu untuk menentukan indeks vegetasi dan umur tanaman yang optimal dalam pendugaan produktivitas tanaman padi pada musim tanam utama (Desember-Maret).

Kegunaan dari penelitian ini yaitu sebagai sumber informasi kepada petani dan seluruh pihak yang terlibat dalam bidang pertanian dalam memprediksi produktivitas padi berdasarkan indeks vegetasi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fase Tumbuh Tanaman Padi

Pertumbuhan tanaman ditunjukkan oleh penambahan ukuran dan berat kering yang tidak dapat balik. Pertambahan ukuran dan berat kering dari suatu organisme mencerminkan bertambahnya protoplasma, yang mungkin terjadi karena ukuran sel maupun jumlahnya bertambah. Pertambahan ukuran sel mempunyai batas yang diakibatkan hubungan antara volume dan luas permukaan (volume suatu ruang bertambah lebih cepat dari permukaannya). Proses pembelahan sel menentukan dasar untuk pertumbuhan, akan tetapi pembelahan sel adalah proses-proses yang diatur secara biokimia dan tidaklah perlu diatur langsung oleh hubungan antara volume dan luasan permukaannya (Wibowo, 2010).

Pada pertanaman padi terdapat tiga fase pertumbuhan, yaitu fase vegetatif (0-60 hari), fase generatif (60-90 hari), dan fase pemasakan (90-120 hari). Kebutuhan air pada ketiga fase tersebut bervariasi yaitu pada fase pembentukan anakan aktif, anakan maksimum, inisiasi pembentukan malai, fase bunting dan fase pembungaan (BBPADI, 2020).

Ground cover akan meningkat seiring dengan pertumbuhan tanaman. Peningkatan *ground cover* akan sangat terlihat ketika tanaman memasuki masa vegetatif. *Ground cover* menggambarkan persentase tutupan vegetasi pada lahan penanaman. Semakin tinggi persentase *ground cover* yang diperoleh maka semakin subur tanaman tersebut (Vitasari, 2017).

Fase pertumbuhan tanaman padi dapat diklasifikasikan ke dalam 5 tahapan sebagai berikut (Wibowo, 2010):

1. Fase vegetatif cepat, pertumbuhan pada fase vegetatif ini dimulai dari pertumbuhan bibit sampai munculnya jumlah anakan maksimum. Pada waktu benih disebar sampai dapat munculnya anakan pertumbuhan padi tersebut cepat.
2. Fase vegetatif lambat, fase vegetatif lambat dimulai dari munculnya jumlah anakan maksimum tanaman padi sampai keluarnya primordia (bakal malai). Bakal malai tanaman padi keluar pada umur sekitar 50 hari setelah tanam.
3. Fase reproduktif tanaman padi dimulai dari keluarnya primordia sampai berbunga. Tinggi dan berat jerami bertambah dengan cepat. Fase reproduksi

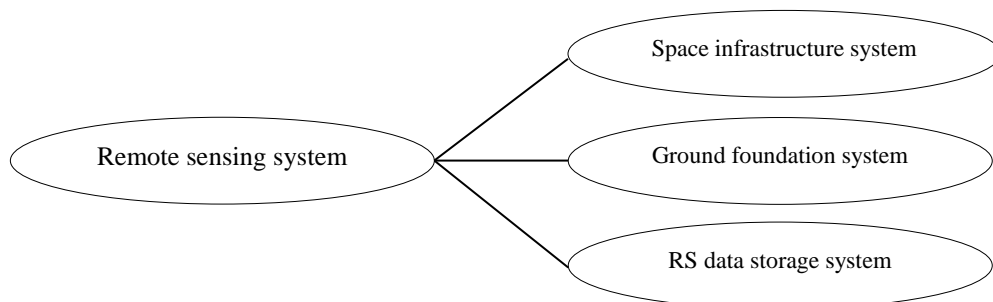
tanaman padi dibagi menjadi empat macam fase yaitu fase pertumbuhan primordia, fase pemanjangan tunas, fase munculnya *heading*, fase munculnya bunga tanaman padi.

4. Fase generatif, fase generatif mulai dari keluarnya bunga tanaman padi yang kemudian akan menghasilkan bulir padi.
5. Fase pemasakan, fase pemasakan tanaman padi ketika terbentuknya bulir padi yang berisi sampai berwarna kuning-kekuningan dan berat malai bertambah dengan cepat sedangkan berat jerami semakin menurun. Fase pemasakan tersebut merupakan tanda tanaman padinya siap dipanen.

2.2 Penginderaan Jauh

Penggunaan teknologi penginderaan jauh merupakan salah satu metode yang banyak digunakan untuk memetakan dan mengetahui kondisi suatu wilayah menggunakan metode klasifikasi. Klasifikasi dirancang untuk menurunkan informasi tematik dengan cara mengelompokkan fenomena berdasarkan kriteria. Informasi tematik dari hasil klasifikasi citra perlu dinilai akurasi isi informasinya sehingga diperlukan uji akurasi untuk menentukan apakah data tersebut dapat digunakan atau tidak. Salah satu yang mempengaruhi akurasi dari hasil klasifikasi adalah resolusi spasial citra yang digunakan (Hendrawan dkk, 2018).

Sistem penginderaan jauh didasarkan pada teknologi RS, yang meliputi akuisisi data, transmisi, pemrosesan dan sistem penyimpanan. Sistem ini terdiri atas lima bagian: platform pembawa, sensor jarak jauh, sistem kontrol dan penentuan posisi, transmisi data dan *preprocessing* data. Selain itu, para ilmuwan membagi sistem ini menjadi tiga bagian, yaitu, sistem pondasi spasial, sistem basis tanah dan sistem penyimpanan data penginderaan jauh (Yin, 2018).



Gambar 2-1. Bagian-bagian Sistem Penginderaan Jauh [Sumber: Yin, 2018].

Informasi penginderaan jauh tentang pertumbuhan, kekuatan, dan dinamika mereka dari vegetasi darat dapat memberikan wawasan yang sangat berguna untuk aplikasi dalam pemantauan lingkungan, konservasi keanekaragaman hayati, pertanian, kehutanan, infrastruktur hijau perkotaan, dan bidang terkait lainnya. Khususnya, jenis-jenis informasi yang diterapkan pada pertanian ini tidak hanya memberikan dasar objektif (tergantung pada resolusi) untuk pengelolaan makro dan mikro produksi pertanian tetapi juga dalam banyak kesempatan informasi yang diperlukan untuk estimasi hasil panen tanaman. Aplikasi yang terakhir ini telah dikembangkan menjadi kategori disiplin yang terkenal, pertanian presisi, yang dapat dilacak kembali ke tiga dekade lalu. Namun, penerapan penginderaan jauh dan berbagai indeks vegetasi yang diekstraksi dari teknik ini sangat bergantung pada instrumen dan platform untuk menentukan solusi mana yang terbaik untuk menyelesaikan masalah tertentu (Xue, 2017).

2.3 UAV (*Unmanned Aerial Vehicles*)

Kendaraan udara tak berawak (UAV) disebut sebagai pesawat terbang yang diterbangkan dari jarak jauh, yang dapat dikendalikan dari lokasi yang jauh, atau terbang sepenuhnya secara otomatis sesuai dengan jalur penerbangan yang telah direncanakan sebelumnya. Sejak penemuannya, UAV digunakan untuk keperluan militer. Sampai saat ini, berbagai aplikasi telah muncul, menunjukkan prospek pasar yang baik untuk UAV komersial dalam waktu dekat (Han, 2009).

Untuk tujuan aplikasi penginderaan jauh, stabilitas dan jangkauan penerbangan adalah pertimbangan penting dalam pengembangan *drone*. *Drone* dengan sayap tetap dan putar memiliki kinerja yang berbeda dalam hal stabilitas dan jangkauan. Ketika cakupan lapangan besar, *drone* sayap tetap mungkin lebih disukai, sedangkan *drone* sayap putar mungkin lebih cocok untuk mencapai pengukuran resolusi spasial tinggi. *Drone* bersayap tetap yang berukuran besar membutuhkan landasan pacu untuk lepas landas dan mendarat, sedangkan yang lebih kecil dapat diluncurkan secara manual atau dengan menggunakan landasan yang lebih sederhana (Tang, 2015).

Drone sudah digunakan di beberapa bidang seperti bidang meteorologi, pertanian presisi, penelitian satwa liar, kehutanan, manajemen lahan, inspeksi infrastruktur, pemantauan lalu lintas, keadaan darurat epidemi, manajemen bencana alam, dan

pencarian dan penyelamatan hutan belantara. *Drone* dapat membawa berbagai instrumen penginderaan, termasuk cahaya tampak, inframerah-dekat (NIR), inframerah gelombang pendek (SWIR), inframerah termal (TIR), radar, dan sensor lidar. Sensor optik *drone-borne*, termasuk cahaya tampak, NIR, dan SWIR, juga merekam data sebagai pita multispektral atau hiperspektral. Karena kemajuan dalam teknologi sensor, sensor yang semakin kecil, lebih ringan, dan lebih murah telah tersedia untuk aplikasi penginderaan jauh drone (Tang, 2015).

Dua jenis UAV telah digunakan untuk manajemen pertanian: helikopter dan pesawat. Kedua platform udara tersebut memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan. Helikopter tak berawak memiliki sistem penerbangan yang lebih kompleks, menawarkan kapasitas ketinggian terbang yang lebih rendah (kemampuan untuk mempertahankan posisi stabil dalam penerbangan) atau penerbangan dengan kecepatan rendah. Selain itu, juga dapat terbang ke segala arah di lapangan dan tidak memiliki persyaratan khusus untuk lepas landas dan mendarat, dimana sangat pas untuk digunakan pada bidang pertanian. Baru-baru ini, diterbitkan helikopter Ueno Pheno, helikopter berbasis gas dengan muatan 1,5 kg dapat terbang selama 30 menit (Gago, 2015).

Untuk aplikasi pertanian, penggunaan data penginderaan jauh multispektral telah meningkatkan minat dari para peneliti di seluruh dunia. Pinter et al. (2003) telah meneliti pendekatan penginderaan jauh yang telah dikembangkan untuk pengelolaan air, nutrisi, dan hama pada tanaman pertanian. Selain itu, ia juga membahas penggunaan kamera inframerah termal yang dapat mengukur suhu tanaman. Kamera inframerah termal mampu menilai status air dari jarak jauh dan memprediksi hasil panen. Untuk mengimplementasikan teknologi ini pada platform UAV, upaya dilakukan oleh Berni et al. (2009) untuk menyelidiki penggunaan kamera termal dan kamera visual multispektral 6-band yang dipasang pada helikopter. Implementasinya digunakan untuk mendeteksi tekanan air dan mengukur parameter biofisik tanaman. Namun, karena ukuran dan berat UAV kecil, sistem termal yang digunakan lebih kecil (Han, 2009).

Di antara platform UAV, ada opsi sayap tetap dan baling-baling yang tersedia. Ada kompromi menggunakan platform UAV ini dalam kaitannya dengan bobot muatan dengan waktu terbang. Secara umum, waktu terbang yang lebih lama yang

dicapai oleh sistem sayap tetap menuntut beban berat yang lebih ringan. Misalnya, kamera terlihat kecil berdefinisi tinggi dengan berat kurang dari 300 gram karena muatan sayap tetap UAV memungkinkannya terbang sekitar dua jam menggunakan baterai yang saat ini tersedia. Sebaliknya, UAV baling-baling bertenaga baterai dengan kapasitas muatan yang lebih tinggi telah mengurangi waktu terbang yang saat ini sekitar 15 hingga 25 menit lamanya. Dengan menggunakan UAV ini, resolusi data spasial dan temporal yang lebih tinggi dapat dicapai, yang memungkinkan aplikasi pertanian presisi ke resolusi submeter per piksel. Ini memungkinkan penelitian dan aplikasi praktis yang diterapkan untuk pertumbuhan dan penilaian dinamis, penginderaan status air tanaman untuk aplikasi penjadwalan irigasi, pemodelan evapotranspirasi, dan sebagainya (Xue, 2017).

2.4 Indeks Vegetasi

Indeks vegetasi atau *vegetation index* dianalisa berdasarkan nilai-nilai kecerahan digital, dilakukan untuk percobaan mengukur biomassa atau vegetatif. Sebuah indeks vegetasi terbentuk dari kombinasi dari beberapa nilai spektral dengan menambahkan, dibagi atau dikalikan dengan cara yang dirancang untuk menghasilkan nilai tunggal yang menunjukkan jumlah atau kekuatan vegetasi dalam pixel. Indeks vegetasi adalah besaran nilai kehijauan vegetasi yang diperoleh dari pengolahan sinyal digital data nilai kecerahan (*brightness*) beberapa kanal data sensor satelit. Gelombang vegetasi diperoleh dari energi yang dipancarkan oleh vegetasi pada citra penginderaan jauh untuk menunjukkan ukuran kehidupan dan jumlah dari suatu tanaman. Nilai indeks vegetasi yang tinggi memberikan gambaran bahwa di area yang diamati terdapat vegetasi yang mempunyai tingkat kehijauan tinggi. Sebaliknya nilai indeks vegetasi yang rendah merupakan indikator bahwa lahan yang menjadi objek pemantauan mempunyai tingkat kehijauan rendah atau lahan dengan vegetasi sangat jarang (Vitasari, 2017).

Nilai indeks vegetasi merupakan salah satu parameter hasil ekstraksi data penginderaan jauh yang digunakan sebagai parameter fisis vegetasi. Nilai indeks vegetasi ini dapat mencerminkan tingkat kehijauan dari kondisi vigor vegetasi dan penerapannya dapat melengkapi informasi tentang dinamika vegetasi dalam skala global. Oleh karena itu, data indeks vegetasi tersebut dapat dimanfaatkan untuk tujuan

pemantauan kondisi lahan bervegetasi pada suatu wilayah yang cukup luas. Penggunaan secara operasional dan global dari data indeks vegetasi harus dapat diperbandingkan antar waktu ke waktu dan antar lokasi ke lokasi. Tidak hanya dalam hal cara perhitungannya yang sama tetapi juga dalam hal nilai hasil indeks vegetasi yang diekstraksinya (Prasasli, 2004).

Indeks vegetasi digunakan untuk menggabungkan atau menyaring beberapa set data spektral menjadi nilai tunggal untuk setiap titik pada gambar. Indeks vegetasi dapat dinyatakan sebagai rumus matematika. *Output* dari indeks diberi warna dari skala warna dan digunakan untuk menghasilkan gambar berwarna dari suatu bidang. Pandangan sekilas pada gambar yang dihasilkan dapat dengan cepat menunjukkan wilayah bidang di mana indeks memberikan nilai rendah dan daerah di mana nilai tinggi diperoleh (McKinnon, 2017).

Indeks vegetasi RGB dapat dihitung berdasarkan reflektansi warna merah (R_R), warna hijau (R_G), dan warna biru (R_B). Beberapa contoh jenis indeks vegetasi RGB dapat dijabarkan sebagai berikut:

2.4.1 VARI

Visible Atmospheric Resistant Index (VARI), dikembangkan di *University of Nebraska* dengan rumus sebagai berikut (McKinnon, 2017):

$$\text{VARI} = \frac{R_G - R_R}{R_G + R_R - R_B} \quad (1)$$

2.4.2 TGI

Triangular Greenness Index (TGI), dibuat untuk mengestimasi klorofil daun tanaman dan relatif tidak sensitif terhadap ukuran daun. TGI dapat ditentukan dengan menggunakan pencitraan spektrum tampak dengan rumus sebagai berikut (McKinnon, 2017):

$$\text{TGI} = R_G - 0.39 \times R_R - 0.61 \times R_B \quad (2)$$

2.4.3 GLI

Green Leaf Index (GLI), dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut (Lussem et al., 2018):

$$\text{GLI} = \frac{2 \times R_G - R_R - R_B}{2 \times R_G + R_R + R_B} \quad (3)$$

2.4.4 RGBVI

Red Green Blue Vegetation Index (RGBVI), dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut (Lussem et al., 2018):

$$\text{RGBVI} = \frac{(R_G \times R_G) - (R_R \times R_B)}{(R_G \times R_G) + (R_R \times R_B)} \quad (4)$$

2.4.5 NGRDI

Normalized Green Red Difference Index (NGRDI), dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut (Lussem et al., 2018):

$$\text{NGRDI} = \frac{(R_G - R_R)}{(R_G + R_R)} \quad (5)$$

2.4.6 ExG

Excess Green (ExG), dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut (David, 2016):

$$\text{ExG} = 2R_G - R_R - R_B \quad (6)$$

Penginderaan jauh dari vegetasi terutama dilakukan dengan memperoleh informasi reflektansi gelombang elektromagnetik dari kanopi menggunakan sensor pasif. Telah diketahui dengan baik bahwa pantulan spektrum cahaya dari tanaman berubah sesuai dengan jenis tanaman, kadar air di dalam jaringan, dan faktor intrinsik lainnya. Perpindahan dari vegetasi ke spektrum elektromagnetik (reflektansi spektral atau karakteristik emisi vegetasi) ditentukan oleh karakteristik kimia dan morfologi dari permukaan organ atau daun. Aplikasi utama untuk penginderaan jauh vegetasi didasarkan pada spektrum cahaya berikut: (i) wilayah ultraviolet (UV), yang bergerak dari 10 hingga 380 nm; (ii) spektrum yang terlihat, yang terdiri dari daerah gelombang biru (450-495 nm), hijau (495–570 nm), dan merah (620-750 nm); dan (iii) pita inframerah dekat dan pertengahan (850–1700 nm). Tingkat emisivitas permukaan daun (setara dengan absorptivitas dalam gelombang termal) dari tanaman hijau yang tumbuh penuh tanpa tekanan biotik atau abiotik umumnya berkisar antara 0,96-0,99 dan lebih sering antara 0,97 dan 0,98. Untuk tanaman kering, tingkat emisivitas umumnya memiliki rentang yang lebih besar dari 0,88 hingga 0,94 (Xue, 2017).

Kualitas cahaya merupakan mutu cahaya yang diterima atau yang sampai pada permukaan bumi yang dinyatakan dengan panjang gelombang (cahaya mempunyai sifat elektromagnetik). Cahaya tampak mempunyai panjang gelombang antara 400 hingga 760 nm yang terdiri atas berbagai panjang gelombang, yang berpengaruh

langsung pada aktivitas pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Panjang gelombang di luar cahaya tampak mempunyai pengaruh spesifik terhadap pertumbuhan tanaman atau terhadap iklim mikro, seperti suhu tanah. Spektrum merah sebagian besar diserap klorofil untuk fotosintesis serta mempengaruhi fotoperiodisme. Spektrum hijau dan kuning memiliki pengaruh yang lemah terhadap fotosintesis maupun aktivitas pembentukan sel. Spektrum biru merupakan yang terkuat penyerapannya oleh klorofil serta terkuat pengaruhnya pada fotosintesis dan pembentukan organ, khususnya pada spektrum violet-datar biru (Utami, 2018).

2.5 Analisis Korelasi

Dalam analisis korelasi, kita mengestimasi atau menduga koefisien korelasi sampel, terutama koefisien korelasi *Pearson Product Moment*. Koefisien korelasi sampel, dinotasikan r , berkisar antara -1 dan +1 dan mengkuantifikasi arah dan kekuatan asosiasi linear antara dua variabel. Korelasi antara dua variabel dapat menjadi positif (yaitu, tingkat yang lebih tinggi dari satu variabel yang terkait dengan tingkat yang lebih tinggi dari yang lain) atau negatif (yaitu, tingkat yang lebih tinggi dari satu variabel yang terkait dengan tingkat yang lebih rendah dari yang lain). Tanda koefisien korelasi menunjukkan arah asosiasi. Besarnya koefisien korelasi menunjukkan kekuatan dari asosiasi. Sebagai contoh nilai korelasi (r) sebesar 0,9 menunjukkan hubungan positif dan kuat antara dua variabel, sedangkan korelasi (r) sebesar -0,2 (negatif 0,2) menyatakan hubungan yang negatif dan lemah. Untuk korelasi mendekati nol menunjukkan tidak ada hubungan linear antara dua variabel kontinu. Perlu diperhatikan bahwa mungkin ada hubungan non-linear (David 2018).

Tabel 2-1. Interpretasi Koefisien Korelasi [Sumber: Kuncoro, 2017]

Interval koefisien	Tingkat hubungan
0,80 – 1,000	Sangat kuat
0,60 – 0,799	Kuat
0,40 – 0,599	Cukup kuat
0,20 – 0,399	Rendah
0,00 – 0,199	Sangat rendah

2.6 Analisis Regresi

Tujuan utama dari analisis regresi adalah untuk memberikan dasar-dasar prakiraan atau pendugaan dalam analisis peragam atau analisis kovarian. Analisis regresi sebagai

alat untuk melakukan prediksi atau estimasi atau pendugaan yang sangat berguna bagi para pembuat keputusan. Variabel tak bebas Y adalah variabel yang diramalkan dan variabel bebas X yang telah ditetapkan sebagai peramal yang disebut prediktor. Untuk membuat prakiraan/dugaan hubungan antara variabel X dengan variabel Y, maka variabel X dan variabel Y tersebut harus mempunyai hubungan yang kuat. Kuat tidaknya hubungan antara variabel bebas X dan variabel tak bebas Y didasarkan pada analisis korelasi. Jadi antara analisis korelasi dan analisis regresi mempunyai kaitan yang sangat erat. Bentuk hubungan yang paling sederhana antara variabel X dengan variabel Y adalah berbentuk garis lurus atau berbentuk hubungan linier yang disebut dengan regresi linier sederhana atau sering disebut regresi linier saja dengan persamaan matematikanya adalah sebagai berikut (David, 2018):

$$Y=a+bx \quad (7)$$

keterangan:

Y = subyek dalam variabel dependen yang diprediksikan

a = parameter intercept

b = parameter koefisien regresi variabel bebas

x = subyek pada variabel independen yang mempunyai nilai tertentu

Koefisien determinasi digunakan untuk melihat persentase (%) besarnya kontribusi (pengaruh) variabel X1, X2, terhadap variabel Y. Rumus koefisien determinasi yang digunakan (Pratomo, 2015):

$$Kd=R^2 \times 100\% \quad (8)$$

keterangan:

Kd = koefisien determinasi

R² = kuadrat korelasi

Nilai dari hasil pengurangan 100% dengan nilai determinasi merupakan nilai sisa yang mengindikasikan besarnya faktor lain yang ikut mempengaruhi variabel dependen (Pratomo, 2015).