

**PEMANFAATAN FOTO UDARA FORMAT KECIL (FUFK)  
INFRAMERAH BERWARNA UNTUK IDENTIFIKASI USIA TANAM  
DAN KEMASAKAN TANAMAN TEBU (*SACCHARUM OFFICINARUM*)  
DI SEBAGIAN KECAMATAN GAMPING, GODEAN DAN PRAMBANAN**

Luthfan Prima Zul Fahmi  
[luthfanpzf@gmail.com](mailto:luthfanpzf@gmail.com)  
Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada

Barandi Sapta Widartono  
[barandi@geo.ugm.ac.id](mailto:barandi@geo.ugm.ac.id)  
Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada

**ABSTRAK**

Teknologi penginderaan jauh khususnya foto udara format kecil dengan menggunakan wahana udara tanpa awak di Indonesia semakin lama semakin maju, salah satunya untuk kajian bidang perkebunan. Tanaman tebu (*Saccharum officinarum*) merupakan salah satu komoditas perkebunan tanaman pangan yang penting. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk (1) mengetahui proses akuisisi data, (2) mengetahui karakteristik tebu berdasarkan nilai pantulan spektral dan (3) untuk identifikasi kondisi usia tanam dan tingkat kemasakan tanaman tebu.

Metode penelitian yang digunakan yaitu akuisisi data yang dilakukan adalah pemotretan udara tegak dengan menggunakan wahana terbang Bixler 2 yang membawa sensor kamera inframerah dekat Canon IXUS 140. Pengambilan data lapangan kadar zat gula dalam batang tanaman tebu menggunakan alat brixmeter.

Hasil pemotretan udara inframerah dekat dapat dilakukan analisis Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI), faktor kemasakan (FK) dan usia tanam dari tanaman tebu. Secara umum, keseluruhan titik sampel di semua wilayah kajian mempunyai nilai GNDVI yang cukup rendah (mendekati 0) dan nilai FK yang rendah pula (dibawah 25). Hal ini menggambarkan bahwa keseluruhan kebun tebu yang menjadi objek kajian penelitian sudah memasuki fase generatif dengan umur 10-12 bulan dan memasuki masa panen.

Kata kunci: Foto udara format kecil, UAV, Inframerah dekat, Tebu

**ABSTRACT**

*Remote sensing technology especially small format aerial photography (SFAP) using unmanned aerial vehicles (UAV) in Indonesia is increasingly progressing, for example in the study of plantations. Sugarcane plant (*Saccharum officinarum*) is the one of important food crop plantation commodities. Therefore, this study aims: (1) to find out the data acquisition process, (2) to find out the characteristics of sugarcane based on spectral reflection values and (3) to identify the age of planting conditions and the degree of maturity of sugarcane.*

*The research method used is data acquisition carried out is upright aerial photography using the Bixler 2 flying vehicle carrying a near infrared camera sensor Canon IXUS 140. Retrieving field data of sugar content in sugarcane stems using a brix meter.*

*The results of near infrared aerial photography can be analyzed by Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI), maturity factor (FK) and planting age of sugarcane plants. In general, the overall sample points in all study areas have a fairly low GNDVI value (close to 0) and a low FK value (below 25). This illustrates that the entire sugar cane field which is the object of research studies has entered the generative phase with the age of 10-12 months and entering the harvest period.*

*Keywords: Small format aerial photography, UAV, Near Infrared, Sugarcane*

## PENDAHULUAN

Teknologi penginderaan jauh di Indonesia semakin lama semakin berkembang sesuai peruntukannya. Penginderaan Jauh adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang obyek, wilayah, atau gejala dengan cara menganalisis data yang diperoleh dengan menggunakan alat tanpa kontak langsung terhadap obyek, wilayah, atau gejala yang dikaji (Lillesand dan Kiefer, 1997). Tanaman produksi seperti tanaman tebu (*Saccharum officinarum*) merupakan salah satu komoditas perkebunan tanaman pangan yang penting.

Data BPS Daerah Istimewa Yogyakarta (2013) mengatakan produksi tanaman tebu rakyat banyak dibudidayakan di wilayah Kabupaten Sleman dan Bantul, yakni mencapai 16.928 ton pada tahun 2012. Produksi tersebut meningkat sebesar 7,06% dibandingkan dengan produksi tahun sebelumnya yang mencapai 15.812 ton. Oleh karena itu, perlu dilakukan monitoring kondisi tanaman tebu dengan foto udara untuk terus meningkatkan kuantitas produksi.

Tanaman tebu merupakan salah satu komoditas perkebunan yang penting dan berpengaruh terhadap hajat hidup orang banyak. Dalam pertumbuhannya hingga siap dijadikan bahan baku produksi gula, tanaman tebu melewati 4 fase pertumbuhan yang antara lain:

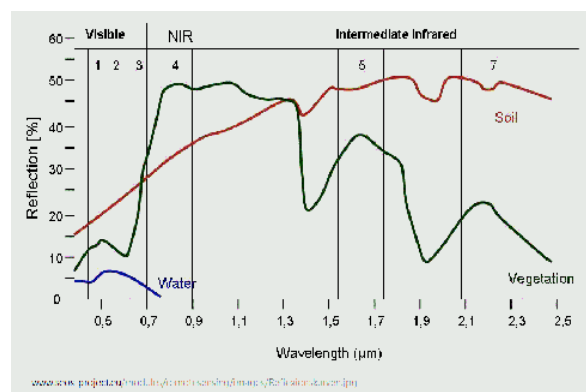
1. Fase Perkecambahan (0 – 1 Bulan)
2. Fase Pertunasan atau Fase Pertumbuhan Cepat (1 – 3 bulan)
3. Fase Pemanjangan Batang (3 – 9 bulan)
4. Fase Kemasakan/Fase Generatif Maksimal (10-12 bulan)

Tingginya anggaran untuk melakukan suatu misi pemotretan foto udara format standar (23 cm x 23 cm) menuntut perlunya inovasi teknologi untuk menekan anggaran dalam suatu misi pemotretan udara, yaitu berkembangnya foto udara format kecil. Pemotretan foto udara format kecil ini disesuaikan dengan keperluan studi tertentu seperti luas wilayah pemotretan, tema studi pemotretan udara, dan lain-lain.

Pemotretan udara format kecil pada umumnya dilakukan dengan menggunakan wahana berupa pesawat yang kecil, misal *microlite* (Warner et al, 1996). Seiring berjalannya waktu, wahana FUFK dengan jenis *remote control/UAV* sangat populer digunakan untuk berbagai keperluan, salah

satunya sebagai pilihan yang cocok untuk pemotretan udara dengan membawa sensor kamera digital. Dengan adanya wahana udara UAV ini kebutuhan akuisisi data foto udara dapat terpenuhi dengan cepat.

Khusus untuk bidang kajian perkebunan, objek vegetasi mempunyai ciri khas dalam merespon gelombang elektromagnetik. Hal ini dikarenakan objek vegetasi memiliki nilai pantulan yang kuat pada band hijau dan inframerah dekat.



Gambar 1. Kurva Pantulan Spektral objek air, vegetasi dan tanah

Tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Mengetahui proses akuisisi data penginderaan jauh foto udara format kecil inframerah dekat dengan wahana udara pesawat tanpa awak untuk bidang perkebunan tebu.
2. Mengetahui karakteristik dari tanaman tebu berdasarkan nilai pantulan spektral sebagai upaya monitoring kondisi pertumbuhan tanaman tebu.
3. Mengetahui kemampuan dari FUFK inframerah dekat untuk identifikasi kondisi usia tanam dan tingkat kemasakan tanaman tebu.

## METODE PENELITIAN

Metode dibagi menjadi tiga tahapan, yaitu tahap akuisisi data, tahap pengolahan foto udara inframerah dekat, tahap identifikasi usia tanam dan tingkat kemasakan tanaman tebu.

Wahana yang digunakan dalam penelitian ini adalah wahana UAV *fixed wing* model *Bixler 2* yang membawa sensor kamera *NIR-modified* untuk melakukan pemotretan udara.

Secara keseluruhan, tahap akuisisi data meliputi tahap pra akuisisi data, akuisisi data dan pasca akuisisi data. Tahap pra akuisisi data dibagi menjadi 3 bagian yaitu perancangan

sistem kamera dan wahana, survey pendahuluan dan perencanaan jalur terbang.

Modifikasi sensor Canon IXUS 140 dilakukan dengan memperlebar julat spectrum gelombang hingga mencapai inframerah dekat pada panjang gelombang 0,79-0,86  $\mu\text{m}$ . Hal ini dikarenakan sensor yang akan digunakan bertujuan untuk menyerap informasi berdasarkan pantulan objek vegetasi pada gelombang inframerah dekat. Setelah dilakukan proses modifikasi akan mempunyai kemampuan merekam objek pada saluran *Near Infrared*, *Green* dan *Blue*.

Kemudian kamera yang digunakan juga dipasang *Canon Hack Development Kit* (CHDK) agar kamera dapat melakukan perekaman secara otomatis setiap selang waktu yang ditentukan. Penentuan setelan kamera yang digunakan ini disesuaikan dengan rencana terbang yang sudah dibuat sebelumnya untuk mendapatkan hasil foto yang baik (tidak *overexposure* maupun *underexposure*).

Perakitan wahana udara Bixler 2 meliputi perancangan wahana sesuai dengan kebutuhan pemetaan, seperti pemasangan komponen elektronik pada pesawat hingga persiapan mounting kamera pada badan pesawat untuk mendapatkan foto udara vertikal.

Tahap berikutnya adalah tahap survey pendahuluan. Tahapan ini memastikan kondisi perkebunan tebu yang memenuhi persyaratan sebagai objek penelitian. Serta menentukan cakupan daerah kajian secara umum untuk selanjutnya dibuat perencanaan jalur terbang. Serta menentukan tempat untuk *take off* serta *landing* dan sebagai Ground Control Station serta penentuan titik GCP.

Perencanaan jalur terbang dimaksudkan untuk memperkirakan luas cakupan efektif foto udara berupa besaran prosentase pertampalan dan jumlah jalur terbang. Waktu pemotretan pada hari pelaksanaan lapangan sebaiknya berada di kisaran pukul 09.00 atau 15.00 WIB. Hal ini bertujuan untuk menghindari intensitas cahaya matahari yang berlebihan pada saat siang hari. Selain itu, merencanakan ketinggian terbang yang diinginkan.

Tahapan akuisisi data dilakukan setelah tahapan pra-akuisisi data sudah terlaksana dengan sistematis dan baik. Selain itu pengambilan data kadar gula tanaman tebu di

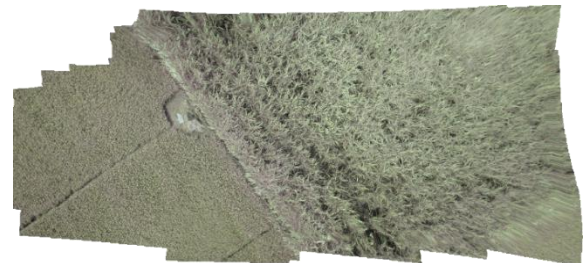
lapangan dengan menggunakan alat ukur brixmeter juga dilakukan.

Tahap pasca akuisisi data meliputi pengolahan foto udara mentah hasil akuisisi data untuk memperbaiki hasil dan untuk persiapan tahap pemrosesan dan analisis digital.

Foto udara yang dihasilkan dari tahap akuisisi data mengalami gangguan atau distorsi dan perlu dilakukan koreksi lensa dan koreksi geometric. Koreksi geometrik dilakukan untuk membentuk foto udara tegak atau orthofoto.

Foto Pengolahan data untuk pembuatan mosaik orthofoto menggunakan perangkat lunak *Agisoft Photoscan*. Sebelumnya, foto udara di sortir terlebih dahulu dan dipilih yang distorsi/noisenya tidak terlalu tinggi (tegak dengan titik nadir) serta memiliki bagian yang saling bertampalan endlap maupun sidelap antara satu foto dengan foto lain.

Proses pengolahan data pada perangkat lunak *Agisoft Photoscan* dilakukan secara otomatis, hanya cukup mengikuti menu workflow yang terdiri dari: *align photo*, *build geometry* dan *build texture*. Hasil dari proses pengolahan mosaik foto kemudian dapat disimpan dalam bentuk file gambar, berikut ini adalah contoh hasil mosaik foto udara:



Gambar 2. Contoh mosaik foto udara

Tahap kedua setelah akuisisi data adalah tahap pengolahan foto udara inframerah dekat. Pemetaan kondisi tanaman tebu dihasilkan dari interpretasi visual foto udara inframerah dekat serta hasil pengolahan digital citra tersebut. Variabel yang dapat dihasilkan adalah persebaran tanaman tebu membedakannya dengan objek yang lainnya.

Pengolahan data mosaik orthofoto yang sudah dihasilkan sebelumnya, dilakukan dengan metode NDVI dengan software ArcGIS 10.3. Algoritma NDVI yang dipakai sedikit dilakukan modifikasi yang dikarenakan keterbatasan saluran kamera yang ada. Saluran yang digunakan adalah saluran Near Infrared dan Green. Dari hasil algoritma Green Normalized Difference Vegetation Index

(GNDVI) tersebut akan didapatkan nilai -1 hingga +1 yang berarti semakin besar nilai pada setiap piksel, maka dalam piksel tersebut mengandung objek vegetasi dengan kondisi yang baik. Rumus perhitungan GNDVI seperti berikut:

$$GNDVI = \frac{(NIR - Green)}{(NIR + Green)}$$

Formula GNDVI dipilih karena dapat mendeteksi zat klorofil dalam daun dengan baik. Hal ini dikarenakan GNDVI digunakan untuk meningkatkan tingkat sensitivitas sensor dalam merekam kerapatan obyek vegetasi yang tinggi, dimana band hijau menggantikan band merah (Jones & Vaughan, 2010). Pergantian band merah menjadi band hijau dikarenakan pada kamera inframerah bewarna, spektrum inframerah dekat masuk ke dalam band merah. Sehingga kamera tersebut mempunyai susunan band NGB (*Near Infrared, Green, Blue*).

Untuk mengetahui apakah tebu yang ditanam di suatu kebun itu sudah waktunya untuk ditebang atau belum, dapat dilakukan analisa kemasakan pada tanaman tebu yang digunakan adalah faktor kemasakan (FK). Mochtar (1994) menyebut angka FK ideal tebu layak untuk ditebang adalah dibawah 25. Adapun formula perhitungan FK dilakukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$FK = \frac{Brix\ bawah - Brix\ atas}{Brix\ bawah} \times 100$$

Hasil yang diperoleh dari proses pengolahan GNDVI yang sudah dilakukan sebelumnya, akan dikolerasikan dengan umur tanaman dan tingkat kemasakan dari tanaman tebu. Sehingga dapat didapatkan persebaran tanaman tebu di sekitar wilayah kajian beserta informasi umur dan tingkat kemasakan tanaman tebu.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah awal dari pelaksanaan penelitian ini ada mempersiapkan sistem wahana dan kamera foto udara. Wahana foto udara yang digunakan dalam penelitian ini adalah pesawat jenis fixed wing dengan model Bixler 2. Kelebihan dari wahana fixed wing adalah dapat menempuh jarak yang jauh dan daya tahan baterai cukup lama. Wahana ini dapat

terbang dengan jarak tempuh sekitar 20-30 km tergantung pada kapasitas baterai yang digunakan. Dengan model yang sangat aerodinamis yang menyerupai model pesawat terbang seperti umumnya, wahana foto udara ini mempunyai tingkat drag/hambatan angin dari depan yang kecil sehingga lebih efisien dalam terbang.



Gambar 3. Wahana udara Bixler 2 modifikasi

Wahana udara Bixler 2 dimodifikasi sedemikian rupa untuk keperluan kegiatan pemotretan udara. Salah satunya dengan mencari titik center of gravity dari wahana udara Bixler dengan menempatkan kamera di bagian depan wahana. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan tingkat kestabilan wahana saat terbang.

Kamera digital yang digunakan adalah kamera tipe saku dengan merek Canon IXUS 140. Kamera Canon IXUS 140 menggunakan sensor Charge Coupled Device (CCD) yang mampu mendeteksi gelombang RGB. Untuk mendapatkan data gelombang NIR pada kamera, perlu dilakukan modifikasi sensor dan penambahan filter pada sensor.

Modifikasi sensor dilakukan dengan melepas filter hot mirror bawaan dari kamera. Proses pelepasan *filter hot mirror* ini dilakukan dengan hati-hati agar sensor kamera tidak tergores serta perlu cepat atau di dalam ruangan tertutup agar debu tidak masuk kedalam sensor kamera. Setelah *filter hot mirror* terlepas, kemudian menempatkan *filter blue* yang sudah dipotong dengan ukuran yang sama dengan filter hot mirror sebelumnya. *Filter blue* didapatkan dari sebuah kelompok studi bernama Public Lab Infragram yang berfokus pada kajian pemanfaatan kamera digital untuk identifikasi objek vegetasi.



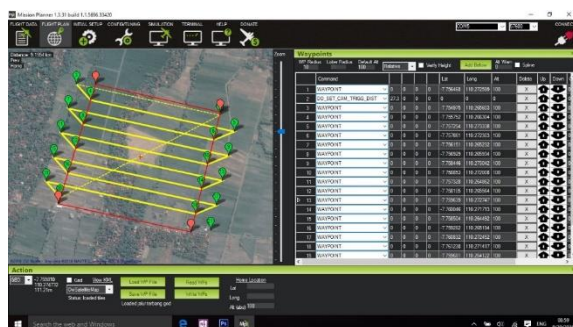


Gambar 4. Proses modifikasi kamera dengan melepas bagian hot mirror dan memasang filter blue

Fungsi standar dari kamera saku hanya untuk mengambil gambar/video yang bersifat *click and go*. Sedangkan dalam pemotretan udara perlu diterapkan pengaturan manual seperti ISO, shutter speed, interval timer dan parameter lainnya yang disesuaikan dengan kondisi di lapangan untuk mendapatkan hasil foto yang fokus, tajam serta mempunyai tingkat *exposure* yang baik. Untuk itu dalam melakukan perekaman foto udara, diperlukan update firmware CHDK pada kamera Canon IXUS 140.

Tahapan survey pendahuluan dilakukan sebelum melakukan pembuatan jalur terbang. Survey pendahuluan meliputi cek kondisi dilapangan, mencari lokasi yang akan menjadi titik ground control station (GCS). Lokasi ground control station pada wilayah kajian Gamping berada di lapangan sepakbola yang berada di sebelah barat dari perkebunan tebu. Wilayah kajian Godean mempunyai titik GCS di lapangan sepak bola disebelah timur perkebunan tebu. Sedangkan wilayah kajian Prambanan berada di lahan tebu yang sudah dipanen di sekitar objek kajian.

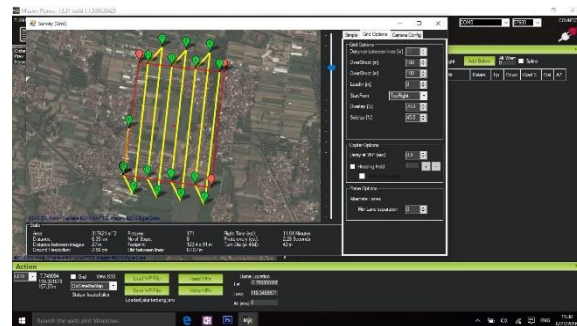
Perencanaan Jalur Terbang dilakukan dengan software Mission Planner. Dalam software mission planner dapat diatur ketinggian terbang, jumlah lajur terbang wahana, besaran sidelap dan endlap. Serta dapat diketahui jarak tempuh terbang, ground resolution, jumlah foto yang dihasilkan dan lain-lain.



Gambar 5. Jalur terbang wilayah kajian Godean

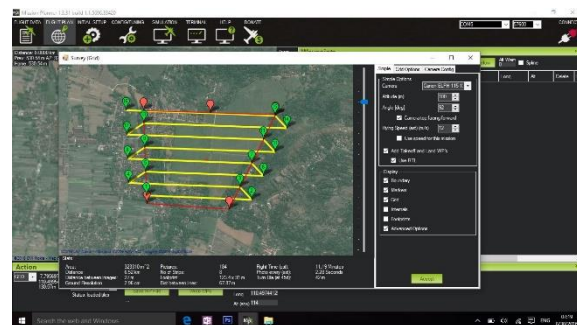
Wilayah kajian Godean mempunyai kondisi lapangan di persawahan dan tanah datar. Jalur terbang yang dibuat mempunyai 9 lajur dengan pengaturan sidelap 45% dan endlap 70%, dengan ketinggian terbang 100 meter diatas permukaan tanah. Pengaturan Sidelap 45% bertujuan untuk mengurangi resiko timbulnya area yang tidak terfoto antara

2 lajur terbang. Sedangkan pengaturan endlap 70% bertujuan untuk menghasilkan tampalan yang cukup besar antara dua foto yang berurutan di dalam satu lajur.



Gambar 6. Jalur terbang wilayah Gamping

Wilayah kajian Gamping berada didekat permukiman dengan kontur tanah relatif datar. Rincian jalur terbang ini menghasilkan 8 lajur terbang dengan 16 titik checkpoint. Jarak yang ditempuh wahana sejauh 6.35 kilometer, jarak antar foto 27 meter. *Ground resolution* yang dihasilkan sebesar 2,96 cm dan jumlah foto yang dihasilkan sebanyak 171 foto dengan jarak interval waktu setiap 2.3 detik.



Gambar 7. Jalur terbang wilayah Prambanan

Wilayah kajian Prambanan ini memiliki kondisi geografis yang berbeda dengan dua wilayah kajian yang lainnya. Objek kajian berada di kaki Pegunungan Baturagung sehingga area terbang yang tersedia cukup sempit karena adanya perbedaan elevasi yang signifikan antara perkebunan tebu yang relatif datar dan lereng pegunungan yang curam disebelah timur objek kajian.

Berdasarkan pembuatan jalur terbang yang dibuat, didapatkan jarak tempuh wahana sejauh 6,52 km, dengan jumlah lajur terbang 8 dan foto yang dihasilkan sebanyak 184 foto. Jarak antar foto sebesar 27 meter dengan *ground resolution* 2,96 cm.

Tahapan Akuisisi data dilakukan setelah semua tahap pra akuisisi data dijalankan dengan baik. Pada penelitian ini, terdapat dua

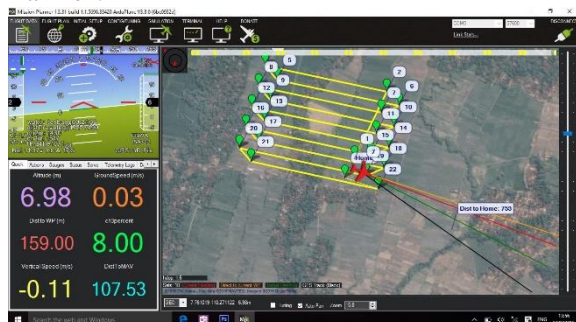
jenis akusisi data yaitu data foto udara dan data objek vegetasi tebu lapangan.

Sebelum melakukan penerbangan, perlu dilakukan beberapa tahapan di lapangan. Beberapa poin yang perlu diperhatikan dalam tahap penerbangan ada pengecekan terhadap ceklist penerbangan. Pastikan semua dalam kondisi baik seperti persentase baterai, ketersediaan memori kamera, bagian wahana udara yang berjalan sebagaimana fungsinya dan lain-lain. Kondisi lingkungan di sekitar lokasi take off juga perlu diperhatikan. Pengamatan angin dengan anemometer diperlukan untuk mengetahui arah angin dan kecepatan angin. Kecepatan angin yang masih dalam kondisi baik untuk take off sebesar 0,1-2 m/s.



Gambar 8. Pengukuran kecepatan angin dengan anemometer

Pengamatan Ground Control Station (GCS) berupa pengamatan informasi keadaan wahana pada saat melakukan akuisisi data, seperti halnya informasi mode pengendalian wahana (full auto, FBW-A, atau manual), flight duration, persentase baterai, kondisi sinyal, heading, airspeed sensor, ketinggian terbang, jarak wahana menuju waypoint berikutnya, jarak wahana dari lokasi take-off dan informasi lain tentang kondisi wahana secara real-time melalui software Mission Planner.



Gambar 9. Pengamatan wahana dengan softare Mission Planner

Proses pengecekan kesiapan wahana udara sesuai dengan ceklist persiapan take off diantaranya seperti memeriksa koneksi antara receiver dan transmitter voltase baterai, titik keseimbangan (*center of gravity*) dari wahana udara, memeriksa fungsi manuver wahana udara (*aileron*, *elevator* dan *rudder*), pengaturan mode terbang dan lain-lain.



Gambar 10. Persiapan wahana udara sebelum terbang

Metode take off untuk wahana udara jenis fixed wing pada penelitian menggunakan metode hand launch. Metode ini dipilih dengan pertimbangan tenaga motor yang tidak terlalu besar serta ukuran wahana yang tidak terlalu besar sehingga masih aman untuk dilakukan metode hand launch.



Gambar 11. Take off dengan metode hand launch

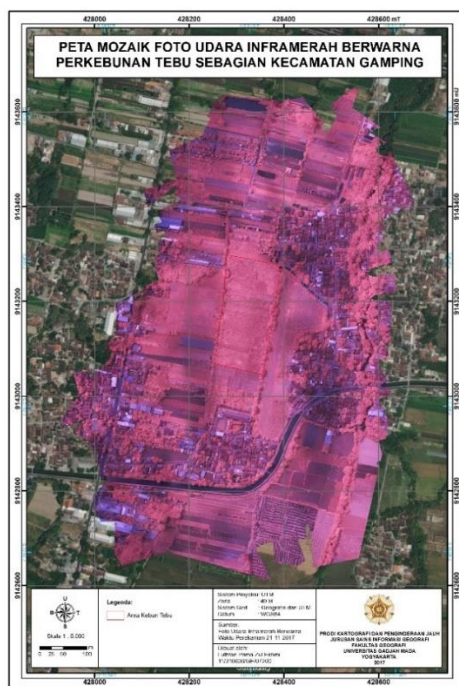
Pengaturan *Canon Hack Development Kit* (CHDK) yang sesuai dengan kondisi di lapangan. Pengaturan CHDK pada pemotretan udara di ketiga wilayah adalah sebagai berikut:

Parameter	Nilai	Satuan
Dimensi	4608 x 3456	Pixel
Aperture	f/3.2	-
Shutter speed	1/2000	Detik
ISO	500	-
Panjang fokus	5	mm



Selain data foto udara, pada penelitian ini dibutuhkan juga data lapangan untuk objek vegetasi tebu. Data lapangan diambil oleh penulis setelah pemotretan udara selesai. Data lapangan yang diambil adalah data koordinat titik sampel, varietas, dan brix. Data Brix atau tingkat kadar gula dalam tebu diukur dengan brixmeter, dengan mengambil air sari tanaman tebu pada 3 bagian batang tebu yaitu atas, tengah dan bawah. Batang tebu dapat dikatakan masak sempurna apabila selisih antara nilai brix pada batang bawah dan batang atas tidak terlalu besar. Sehingga semakin kecil nilai FK yang didapatkan berarti semakin matang batang tebu tersebut.

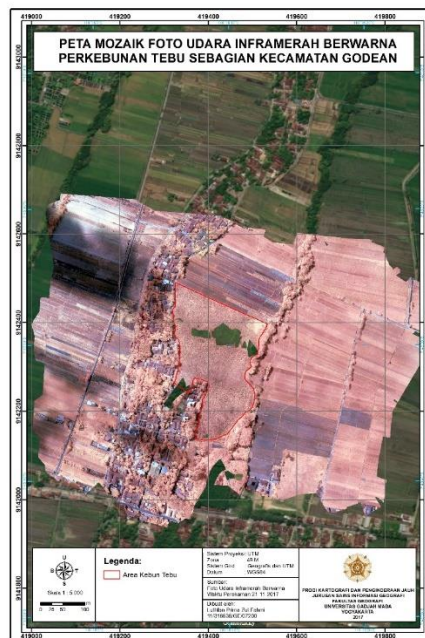
Pemotretan udara wilayah Gamping dilakukan mulai pukul 13.37 WIB. Foto udara yang dihasilkan dari jalur terbang didapatkan sebanyak 241 buah foto yang mempunyai kondisi baik untuk kemudian dilakukan proses mozaik.



Gambar 12. Peta Mozaik wilayah kajian Gamping.

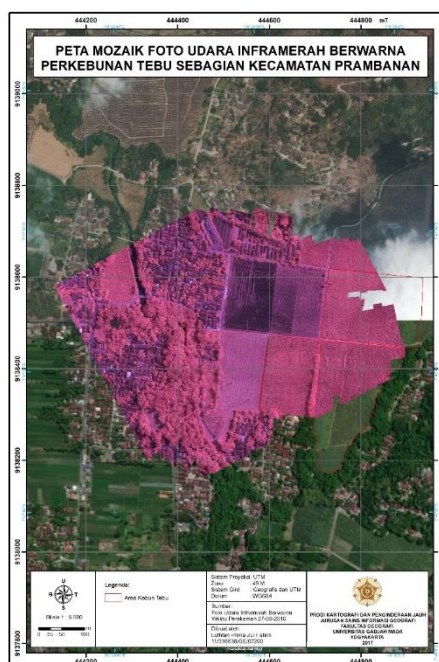
Pemotretan udara wilayah Godean menghasilkan foto udara sebanyak 338 buah foto untuk selanjutnya dilakukan proses mozaik. Pemotretan udara pada wilayah kajian ini dilakukan mulai pada pukul 13.20. Hasil mozaik yang dihasilkan pada wilayah Godean ini tidak terlalu baik. Hal ini ditunjukkan dengan adanya daerah yang tidak terfoto pada bagian tengah perkebunan tebu. Penyebab dari kekosongan data mozaik ini bisa disebabkan oleh gangguan angin yang kencang saat wahana udara melakukan pemotretan sesuai

jalur terbang. Wahana udara terdorong angin dari belakang yang menyebabkan wahana melaju dengan kecepatan yang lebih tinggi dibandingkan seharusnya, sehingga ada area yang terlewati dan tidak terfoto.



Gambar 13. Peta Mozaik wilayah kajian Godean

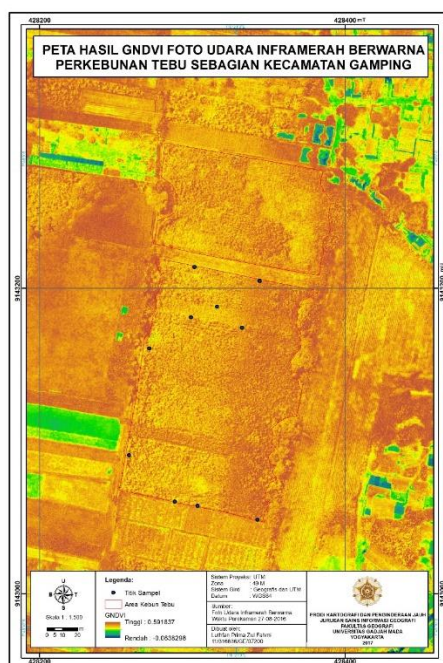
Pemotretan udara wilayah Prambanan dilakukan pada pukul 08.48 WIB. Foto udara yang dihasilkan pada wilayah ini sebanyak 190 foto yang akan dilakukan proses mozaik. Lokasi perkebunan yang berdekatan dengan lereng pegunungan Baturagung yang memiliki perbedaan topografi yang cukup ekstrim mengakibatkan jalur terbang yang dibuat menjadi terbatas.



Gambar 14. Peta Mozaik wilayah kajian Prambanan

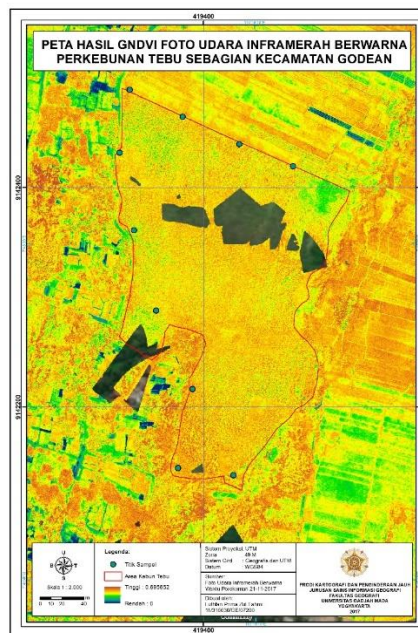
Mozaik foto udara orthophoto yang didapatkan dari proses sebelumnya dapat dilakukan proses pengolahan digital GNDVI untuk mengetahui kandungan zat klorofil pada vegetasi tebu. Perangkat lunak yang digunakan dalam proses ini ArcGIS 10.3 mulai dari pengolahan GNDVI dengan *tools Image Analysis* hingga penyusunan *layout* peta.

Pada wilayah kajian Gamping, kenampakan objek vegetasi tebu terlihat jelas dan minim noise. Nilai GNDVI dari keseluruhan mozaik ini antara -0.0638296 untuk nilai terendah hingga 0.591837 untuk nilai yang tertinggi. Nilai minimum pada peta ditampilkan dengan gradasi warna biru-tosca, objek yang mempunyai nilai tersebut didominasi oleh tubuh air.



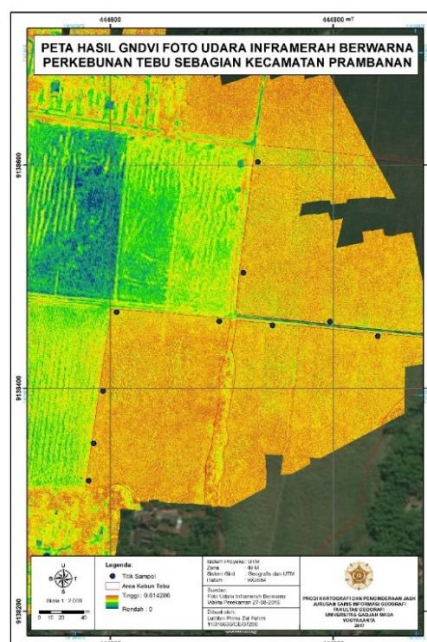
Gambar 15. Peta GNDVI Wilayah Gamping

Hasil mozaik foto udara wilayah kajian Godean tergolong kurang baik, dengan adanya area yang tidak terfoto karena gangguan saat proses pemotretan. Kenampakan objek vegetasi tebu terlihat jelas dan walaupun terdapat beberapa noise. Nilai GNDVI dari keseluruhan mozaik ini antara 0 untuk nilai terendah hingga 0.695652 untuk nilai yang tertinggi. Nilai minimum pada peta ditampilkan dengan gradasi warna biru-tosca, objek yang mempunyai nilai GNDVI rendah tersebut didominasi oleh tubuh air atau lahan pertanian basah.



Gambar 16. Peta GNDVI Wilayah Godean

Hasil mozaik foto udara wilayah kajian Prambanan tergolong baik meskipun terkendala jalur terbang yang terbatas sehingga mozaik yang menampilkan objek vegetasi tebu tidak terlalu luas. Secara umum, kenampakan tanaman tebu bervariasi PS 862 ini terlihat jelas. Nilai GNDVI terkalkulasi dengan baik tiap pixel. Rentang nilai GNDVI dari mozaik citra ini mulai dari 0 untuk nilai yang rendah hingga 0.614286 untuk nilai tertinggi. Objek yang mempunyai nilai GNDVI rendah dengan warna dominan biru berupa Sungai (tubuh air) dan lahan tebu yang sudah dipanen dan dibakar sisa daunnya hingga tersisa abu dari pembakaran daun tersebut.



Gambar 17. Peta GNDVI Wilayah Prambanan

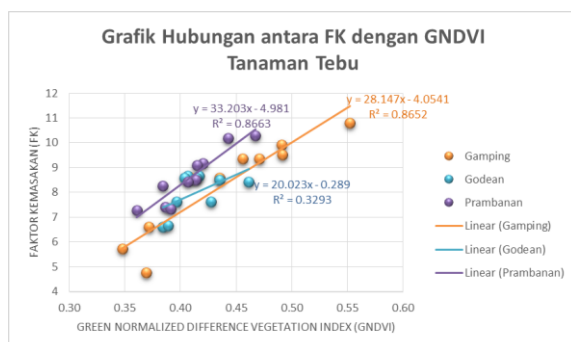


No	Wilayah	Varietas	Koordinat		Brix			GNDVI	Faktor Kemasakan
			X	Y	Atas	Tengah	Bawah		
1	Gamping	PSJT 941	428342	9143948	20.00	21.60	22.20	0.490566	9.90990991
2	Gamping	PSJT 941	428303	9143057	19.80	20.40	21.00	0.347692	5.714285714
3	Gamping	PSJT 941	428288	9143060	19.40	20.60	21.40	0.455939	9.345794393
4	Gamping	PSJT 941	428258	9143090	19.80	20.00	22.20	0.552083	10.81081081
5	Gamping	PSJT 941	428271	9143160	19.80	20.40	21.20	0.371429	6.603773585
6	Gamping	PSJT 941	428299	9143180	20.00	20.40	21.00	0.369369	4.761904762
7	Gamping	PSJT 941	428332	9143174	19.20	20.00	21.00	0.410959	8.571428571
8	Gamping	PSJT 941	428316	9143187	19.00	20.40	21.00	0.491228	9.523809524
9	Gamping	PSJT 941	428301	9143213	19.20	20.00	21.00	0.434944	8.571428571
10	Gamping	PSJT 941	428343	9143204	19.40	20.00	21.40	0.470588	9.345794393
11	Godean	PSJT 941	419481	9142419	19.80	20.40	21.20	0.384058	6.603773585
12	Godean	PSJT 941	419432	9142439	19.60	20.40	21.40	0.461224	8.411214953
13	Godean	PSJT 941	419332	9142489	19.40	20.00	21.00	0.396364	7.619047619
14	Godean	PSJT 941	419336	9142361	19.00	20.20	20.80	0.40636	8.653846154
15	Godean	PSJT 941	419390	9142216	19.00	20.00	20.80	0.416342	8.653846154
16	Godean	PSJT 941	419381	9142464	19.60	20.00	21.00	0.388489	6.666666667
17	Godean	PSJT 941	419376	9142144	19.20	20.20	21.00	0.414286	8.571428571
18	Godean	PSJT 941	419427	9142137	19.40	20.00	21.20	0.434783	8.490566038
19	Godean	PSJT 941	419356	9142287	19.40	20.20	21.00	0.427451	7.619047619
20	Godean	PSJT 941	419323	9142431	19.20	20.00	21.00	0.40339	8.571428571
21	Prambanan	PS 862	444580	9138317	19.40	20.00	21.20	0.413793	8.490566038
22	Prambanan	PS 862	444585	9138350	19.60	20.20	21.40	0.40636	8.411214953
23	Prambanan	PS 862	444593	9138397	19.80	21.00	21.80	0.42029	9.174311927
24	Prambanan	PS 862	444605	9138468	20.40	21.00	22.00	0.360595	7.272727273
25	Prambanan	PS 862	444697	9138460	20.00	21.00	21.60	0.386282	7.407407407
26	Prambanan	PS 862	444745	9138456	20.20	21.00	21.80	0.391304	7.339449541
27	Prambanan	PS 862	444839	9138446	19.20	20.60	21.40	0.46729	10.28037383
28	Prambanan	PS 862	444797	9138459	20.00	21.00	21.80	0.384058	8.256880734
29	Prambanan	PS 862	444719	9138503	20.00	21.00	22.00	0.414847	9.090909091
30	Prambanan	PS 862	444732	9138602	19.40	20.40	21.60	0.442748	10.18518519

Hubungan antara usia tanam, nilai GNDVI dan tingkat kemasakan tanaman tebu dapat dianalisis dengan membandingkan variabel tersebut. Tinggi atau rendahnya nilai GNDVI pada suatu tanaman tebu menunjukkan kandungan zat klorofil pada tanaman tebu tersebut, semakin rendah nilai GNDVI berarti tanaman tebu tersebut mempunyai daun yang kering. Daun yang kering menandakan tanaman tebu memasuki fase generatif yang sedang mengalami proses penambahan sukrosa/zat gula pada batang tebu. Apabila nilai GNDVI tinggi berarti tanaman tebu tersebut mempunyai zat klorofil yang cukup banyak pada daunnya. Pertumbuhan daun pada tebu terjadi pada fase vegetatif tanaman tebu pada usia tanam masih cukup muda.

Sedangkan hubungan antara tingkat kemasakan yang ditunjukkan dengan besarnya kandungan zat gula pada batang tebu yang didapatkan dengan pengukuran dengan alat brixmeter dengan usia tanam tanaman tebu selalu relevan. Tingkat kemasakan tanaman tebu dikatakan baik apabila nilai perhitungan Faktor Kemasakan (FK) dibawah 25, semakin mendekati 0 semakin baik. Batang tebu yang tergolong dalam masak sempurna adalah batang tebu yang memiliki kandungan zat gula yang sama atau mendekati satu sama lain saat diambil sampel pada batang bagian atas dan batang bagian bawah.

Berdasarkan tabel pengamatan, nilai GNDVI yang kecil cenderung memiliki FK yang rendah. Hal ini menggambarkan bahwa GNDVI berkorelasi dengan tingkat kemasakan (FK). Untuk wilayah Gamping dengan jenis varietas PSJT 941, nilai FK paling kecil sebesar 4.761904 mempunyai nilai GNDVI 0.369366 pada titik sampel nomor 6. Kebun tebu varietas PSJT 941 di wilayah kajian Godean, nilai FK paling kecil ada pada sampel nomor 10 sebesar 5.76923 dengan nilai GNDVI 0.40339. Sedangkan wilayah kajian Prambanan dengan varietas PS 862 mempunyai titik sampel dengan nilai FK paling rendah sebesar 7.2727 dan nilai GNDVI sebesar 0.360595. Dengan nilai rata-rata dari



Gambar 17. Grafik Hubungan FK dengan GNDVI Wilayah Gamping, Godean dan Prambanan

titik sampel GNDVI sebesar 0.439480 dan FK sebesar 8.315894 untuk wilayah Gamping, nilai rata-rata sampel GNDVI sebesar 0.4132747 dan FK sebesar 7.8050049 untuk wilayah Godean, sedangkan wilayah Prambanan mempunyai nilai rata-rata sampel GNDVI sebesar 0.4087567 dan FK sebesar 8.590902598.

Secara umum, keseluruhan titik sampel di semua wilayah kajian mempunyai nilai GNDVI yang cukup rendah dan nilai FK yang rendah pula. Hal ini menggambarkan bahwa keseluruhan kebun tebu yang menjadi objek kajian penelitian sudah memasuki fase generatif dengan umur 10-12 bulan dan memasuki masa panen.

## KESIMPULAN

1. Akuisisi data foto udara Format Kecil (FUFK) Inframerah dekat untuk bidang pertanian dan perkebunan dapat dilakukan dengan cepat dan akurat menggunakan wahana udara UAV, proses akuisisi dimulai dari tahap pra akuisisi data, akuisisi data dan pasca akuisisi data.
2. Karakteristik tanaman tebu dapat diamati dengan pengolahan digital seperti GNDVI sebagai upaya memantau kondisi tanaman tebu. Dengan mengetahui kondisi tanaman dari nilai spektral objek tanaman dapat diketahui usia tanam tebu serta dapat

memantau kondisi kesehatan tanaman tebu apabila terjadi serangan hama secara faktual.

3. Variabel nilai GNDVI, tingkat kemasakan dan usia tanam tebu saling berkaitan. Tanaman tebu yang sudah masak mempunyai nilai GNDVI yang rendah, tingkat kemasakan/FK yang rendah dan dapat diidentifikasi usia tanam sudah masuk kedalam fase generatif yaitu sekitar 10-12 bulan.

## DAFTAR PUSTAKA

- BPS, 2013. Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dalam Angka 2013. Pemerintah Provinsi DIY. Yogyakarta
- Jones, Hamlyn dan Vaughan, Robin. 2010. Remote Sensing of Vegetation: Principles, Techniques and Applications. New York: Oxford University Press.
- Lillesland, Thomas. M dan Ralph W. Kiefer. 1997. Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra. Yogyakarta. Gadjah Mada University Press.
- Mochtar H. M. 1994. Upaya mendapatkan tebu masak, segar dan bersih (MSB), Paket Kupat. P3GI 1994.
- Warner, Graham, Read. 1996. Small Format Aerial Photography. Whittles Publishing. United Kingdom.