

Perancangan Unmanned Aerial Vehicle Untuk Estimasi Hasil Panen Pada Lahan Perkebunan

Muhammad Giriarda Abrari, Aris Budiarto, Siti Aminah

Jurusan Teknik Mesin dan Manufaktur,
Konsentrasi Elektro Mekanik
Politeknik Manufaktur Bandung
Jl. Kanayakan, Bandung
ardagiri2@gmail.com

Abstrak—Beberapa tahun kebelakang ini perkembangan teknologi pertanian khususnya di Indonesia telah berkembang menuju pertanian yang lebih modern, cerdas, dan presisi. Salah satu teknologi yang digunakan adalah pengaplikasian Unmanned Aerial Vehicle (UAV) atau sering juga disebut drones sebagai alat untuk membantu manusia dalam mengolah lahan yang luasnya dapat mencapai satu hektar atau lebih. Studi ini merancang sebuah UAV yang dapat digunakan untuk melihat kondisi lahan dari angkasa berdasarkan image processing, data berupa gambar yang didapat digunakan untuk mengestimasi hasil panen pada suatu rumpun tanaman. Perangkat UAV ini menerapkan sistem pergerakan otomatis berbasis image processing. UAV akan memosisikan diri pada lahan atau rumpun yang terdapat tanda berwarnanya dan diambil gambarnya dari angkasa. Pengestimasi hasil panen dilakukan dengan menghitung jumlah tanaman pada suatu rumpun berdasarkan gambar yang didapat sebelumnya. Hasil dari penelitian ini adalah sebuah rancangan untuk membangun sebuah drone dengan spesifikasi dan kendali yang dibutuhkan untuk mengestimasi hasil panen pada lahan perkebunan.

Kata kunci— pertanian, unmanned aerial vehicle, image processing

I. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara agraris, data dan informasi lahan pertanian merupakan elemen penting untuk pemantauan di bidang pertanian, seperti pola tanam dan kalender tanam, agar perencanaan pengelolaan pertanian dapat dilakukan tepat sasaran dan bijaksana [1]. Oleh karena itu, diperlukan pelayanan informasi data sumber daya lahan yang cepat dan akurat.

Teknologi penginderaan jauh (inderaja) dapat digunakan untuk mendapatkan data spasial dengan cepat dan akurat, sehingga mampu menjawab kebutuhan informasi sumber daya lahan [1]. Aplikasi teknologi inderaja dapat dimanfaatkan untuk memprediksi luas area panen dan produktivitasnya seperti pada [2], sehingga jika dikaitkan dengan kebutuhan pangan nasional, tingkat ketersediaan sembako dapat diprediksi tiap musim panennya. Data hasil identifikasi dan pemantauan lahan dapat digunakan sebagai dasar menyusun arahan pengembangan komoditas tanaman [1].

Metodologi inderaja banyak menggunakan data potret udara yang dihasilkan oleh satelit optik, yang saat ini masih terkendala oleh awan, terutama pada saat musim hujan. Disamping itu penggunaan satelit membutuhkan biaya besar serta pengadaan data yang lambat [3].

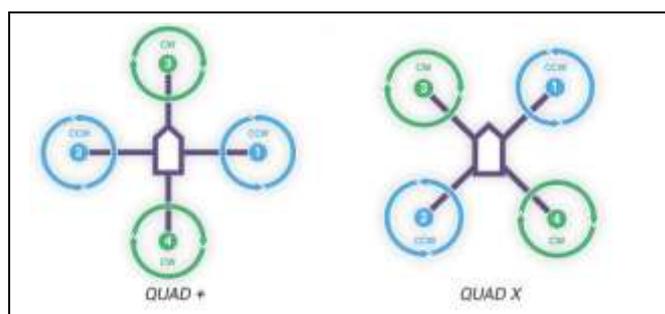
Salah satu teknologi alternatif untuk inderaja adalah unmanned aerial vehicle (UAV) atau pesawat tanpa awak. Pesawat tanpa awak dapat mengambil data lebih detail, *real time*, cepat, dan lebih murah [1]. Teknologi UAV telah dikembangkan dan banyak digunakan untuk mengidentifikasi dan memonitor kondisi sumber daya lahan pertanian dan pertumbuhan tanaman pada lahan tersebut.

Penelitian ini ingin mengimplementasikan UAV sebagai alat untuk menghitung jumlah tanaman yang ada pada suatu lahan dan memproses data tersebut lebih lanjut untuk mengestimasi hasil panen pada lahan tersebut.

II. METODE

A. Unmanned Aerial Vehicle

Jenis UAV yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis *quadcopter*. *Quadcopter* merupakan *drone* yang memiliki sistem mekanik pasif karena menggunakan 4 *input* dengan 6 derajat kebebasan [4]. Pada konfigurasi motor *quadcopter*, kedua motor didepan badan *quadcopter* berputar saling berlawanan arah, demikian dengan kedua motor dibelakangnya [5]. Dari arah putaran motor ini diperoleh efek kesetimbangan giroskopik dan torsi aerodinamik (Gambar 1)



Gambar 1. Arah Rotasi Motor dalam Quadcopter [3DRobotics]

TABEL 1. AKTUASI MOTOR PADA MANUEVER QUADCOPTER KONFIGURASI X [4]

manuver	Kecepatan Putar Rotor			
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
Pitch Up	Tinggi	Rendah	Tinggi	Rendah
Pitch Down	Rendah	Tinggi	Rendah	Tinggi
Roll Left	Tinggi	Rendah	Rendah	Tinggi
Roll Right	Rendah	Tinggi	Tinggi	Rendah
Yaw CW	Tinggi	Tinggi	Rendah	Rendah
Yaw CCW	Rendah	Rendah	Tinggi	Tinggi

Dengan menginputkan nilai kecepatan putar rotor (PWM) pada UAV sesuai dengan tabel di atas, pergerakan UAV dapat dibuat untuk mencapai suatu koordinat. Sinyal PWM yang diterima UAV berada pada rentang 1975 hingga 995 dengan nilai tengah/idle 1485.

B. Citra Digital

Citra digital dapat didefinisikan sebagai fungsi dua variabel, $f(x,y)$, dimana x dan y adalah koordinat spasial dan nilai $f(x,y)$ adalah intensitas citra pada koordinat tersebut [6]. Berikut adalah koordinat *pixel* yang akan digunakan dari *frame* gambar berukuran 320 x 420. Koordinat ini dinyatakan oleh (X, Y), di mana X menyatakan posisi kolom dan Y menyatakan posisi baris. *Pixel* pojok kiri atas mempunyai koordinat (0, 0) dan *pixel* pada kanan bawah mempunyai koordinat (320, 240).

Terinspirasi penelitian pada [7], penelitian ini menggunakan MATLAB sebagai pengolah citra. Pada MATLAB, sebuah gambar akan disimpan sebagai sebuah matriks $m \times n \times 3$, di mana m adalah jumlah *pixel* dalam sumbu x , n adalah jumlah *pixel* pada sumbu y , dan 3 adalah jumlah *layer* (R, G dan B) [8].

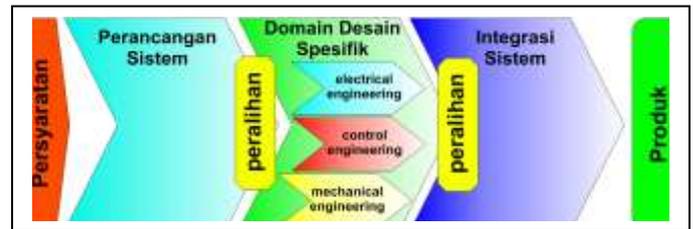
Berbeda dengan [2], metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *object counting*. Metode *object counting* merupakan proses menghitung objek berdasarkan konektivitasnya terhadap *pixel* di sekitarnya.

C. Mikrokontroler

Mikrokontroler Arduino memiliki kompatibilitas dengan *flight control unit* (FCU) yang umum digunakan pada UAV jenis *Quadcopter* yaitu Pixhawk dan APM. Arduino dapat diprogram agar memiliki kemampuan untuk mengolah data serial dan memproses nya agar mengeluarkan sinyal-sinyal PWM yang dibutuhkan untuk menggerakkan aktuator [9].

D. Metode Penelitian

Model V dalam VDI 2206 digunakan sebagai acuan untuk membangun prototip sistem. model ini mencakup langkah penerapan yang diilustrasikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Gambaran Umum Srandar VDI 2206 [4]

Dalam model ini, terdapat 3 tahap pengerjaan berupa perancangan sistem, desain spesifik, dan integrasi Sistem.

III. HASIL DAN DISKUSI

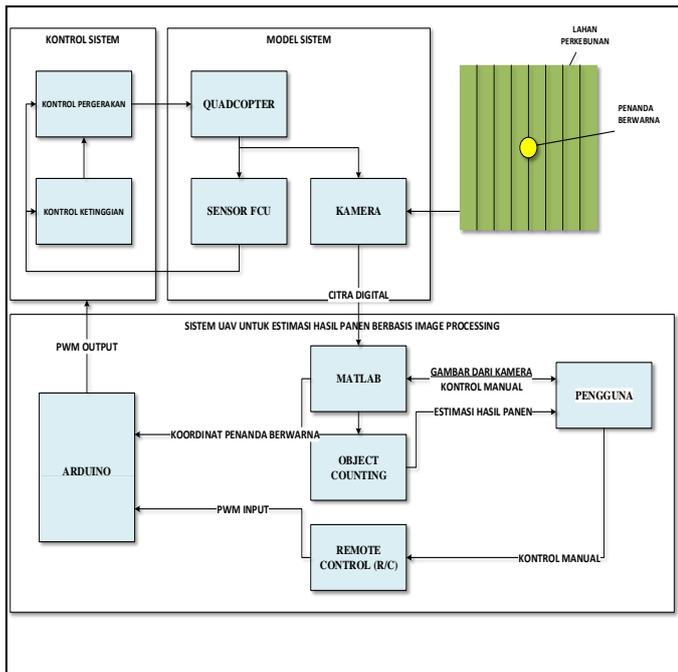
Secara garis besar, tahapan yang perlu dilakukan UAV sebelum menghitung jumlah tanaman adalah mendeteksi adanya suatu lahan, memposisikan UAV tepat berada di atas lahan, dan kemudian mengambil gambar dari lahan tersebut. Dibutuhkan suatu metode untuk dapat mengenali suatu lahan dan kemudian mengambil gambar dari lahan tersebut dengan mempertimbangkan kualitas gambar dan kepresisian data yang dipengaruhi oleh jarak kamera dengan lahan. Diperlukan suatu algoritma untuk UAV dapat mempertahankan posisi tepat di atas lahan yang akan diambil gambarnya.

Gambaran sistem secara umum menentukan persyaratan sistem. Berdasarkan subproses VDI 2206 dibuatlah persyaratan sistem dalam bentuk daftar tuntutan (DRO – Design Requirement & Objective) sebagai acuan dan batasan pengerjaan yang ditunjukkan pada TABEL 2.

TABEL 2. MODEL TUNTUTAN UMUM

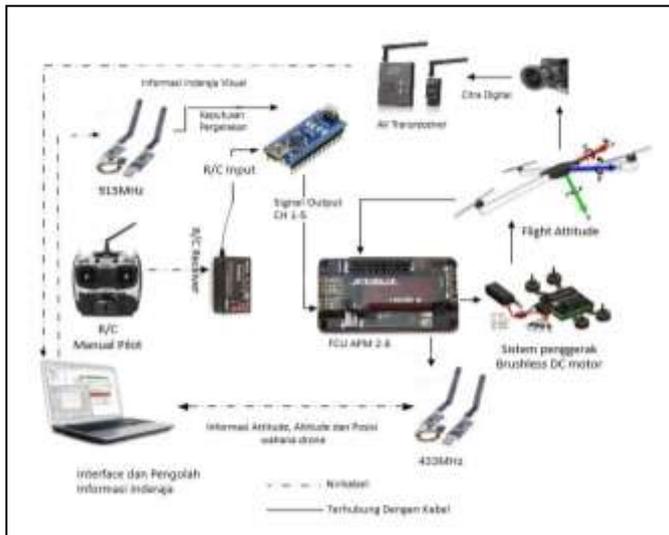
Tujuan	Tuntutan Utama	Tuntutan tambahan
Wahana Drone Quad-Copter	Mampu Mengangkut bobot wahana beserta beban perangkat pengendali avoidance dengan Thrust-to-Weight 3:1 Mampu melaksanakan mode otomatis dasar sesuai firmware yang existing: Mengunci ketinggian. Dapat menerima input kendali baik dari pilot maupun pengendali otomatis. Mampu terbang hingga minimal 10 menit di udara	Konstruksi dan perangkat mekanik sederhana dan mudah di-maintenance. Konstruksi Kokoh Menggunakan struktur yang umum digunakan oleh user.. Komponen rakitan mudah ditemukan di pasaran Menggunakan kontroler drone yang existing di masyarakat
Perangkat Sistem Otomatis berbasis Image Processing	Dapat mendeteksi lahan pertanian. Dapat mengambil alih kendali pilot manual.	Algoritma yang sederhana dan cepat diproses oleh pengendali Menggunakan perangkat yang mudah ditemukan di pasaran Perangkat mudah diintegrasikan pada Drone
Program Antarmuka Pengguna	Pemantauan informasi visual secara nirkabel. Menampilkan informasi lahan pertanian berupa jumlah populasi tanaman. Menyediakan kendali manual pada antarmuka.	Antarmuka yang mudah dipahami dan digunakan oleh pengguna

Perancangan sistem dibuat berdasarkan konsep sistem yang akan digunakan. Konsep sistem yang tergambar agar tujuan dalam penelitian ini dapat tercapai ditunjukkan seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Arsitektur Cara Kerja Sistem

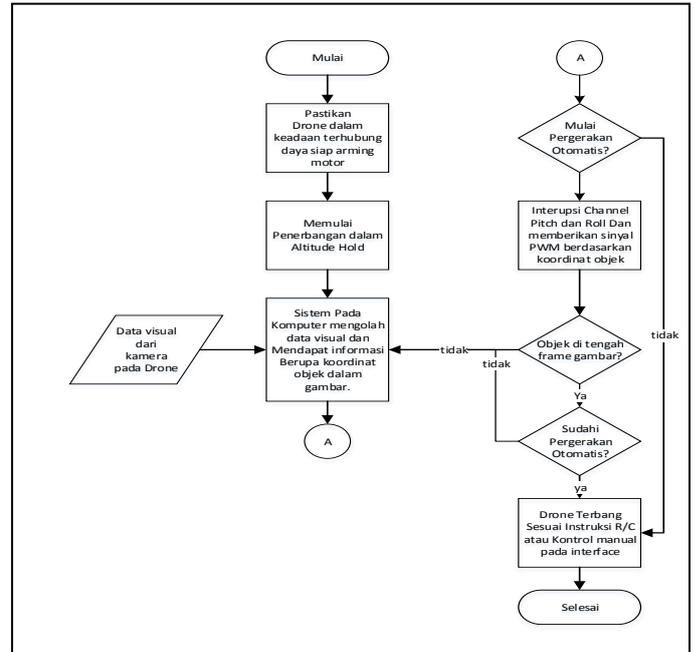
Dari arsitektur cara kerja sistem pada Gambar 3, dapat digambarkan suatu sistem yang melibatkan perangkat dan antar hubungannya dalam sistem UAV *Quadcopter* yang menerapkan *image processing* untuk estimasi hasil panen pada lahan pertanian diperlihatkan pada Gambar 4. Gambaran sistem ini mengadaptasi arsitektur sistem pada [1].



Gambar 4. Gambaran Sistem Beserta Perangkat

Unsur kendali melibatkan pemrograman pada mikrokontroler dimana pada UAV terdapat dua pengendali

yakni *Flight Controller Unit (FCU)* dan pergerakan otomatis berbasis *image processing*. Program dan perangkat dari FCU menggunakan dari yang sudah tersedia di pasaran. Oleh karena itu wahana *drone* tanpa kendali otomatis berbasis *image processing* merupakan sebuah 'platform' sehingga fokus perancangan program bukan pada FCU namun kendali otomatis berbasis *image processing* yang menggunakan perangkat Arduino dan komputer/laptop.



Gambar 5. Diagram Alir Kendali Otomatis Berbasis Image Processing

User dapat mengontrol pergerakan wahana Drone dengan menggunakan jalur komunikasi R/C dan antar muka pada komputer. Kedua jalur komunikasi pergerakan tersebut diterima oleh Arduino yang terpasang pada *drone* dan diprogram untuk dapat menginterupsi komunikasi satu dengan yang lain. Komunikasi pergerakan dibagi menjadi dua yaitu, otomatis dan manual. Pergerakan otomatis tersedia pada antar muka komputer dengan berdasarkan informasi visual yang didapat dari kamera pada wahana *drone*, sedangkan pergerakan manual tersedia pada komputer dan juga R/C.

Adapun sinyal yang diinterupsi tersebut adalah untuk manuver *Roll*, *pitch*, *Yaw*, *Throttle*, dan *Mode*. Sistem otomatis berbasis *image processing* ini dapat bekerja pada mode *Altitude Holding*.

Domain desain spesifik untuk domain mekanik dibangun berdasarkan DRO yang telah dibuat, perangkat mekanik berupa konstruksi struktur *drone* berfungsi menopang seluruh perangkat keras *on-board*. Adapun perangkat yang ditopang adalah perangkat penggerak, kamera, perangkat kelistrikan, perangkat pengendali (FCU), perangkat kendali berbasis *image processing* (Arduino), dan perangkat komunikasi. Struktur konstruksi *drone* yang dipilih adalah Tarot Iron Man 650.

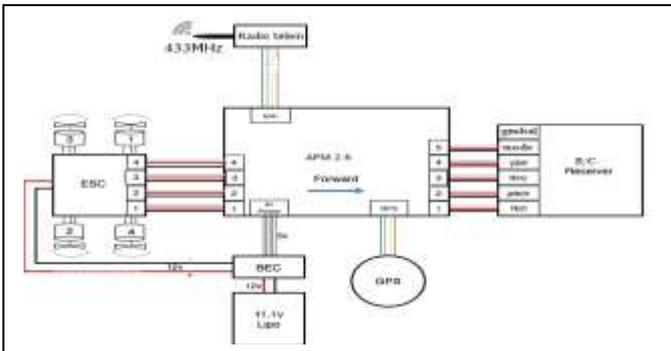


Gambar 6. Tarot Iron Man 650

Model Iron Man 650 memiliki ruang yang cukup untuk membawa kamera beserta gimbal dengan panjang motor ke motor 650mm, model ini dapat dipasang propeller yang panjangnya hingga 17inch yang dapat disesuaikan untuk kebutuhan membawa beban yang berat. Material dari Iron Man 650 menggunakan Toray 3K carbon fibre yang membuat *frame* kokoh.

Kamera yang digunakan merupakan kamera aksi dengan fitur pengiriman gambar via usb agar kompatibel dengan video *transmitter* yang ada di pasaran, kamera juga kompatibel dengan gimbal yang tersedia di pasaran. Gimbal digunakan agar gambar yang dihasilkan tidak terpengaruh dari getaran ataupun goyangan yang dihasilkan dari pergerakan *drone*. Dari hasil observasi, gimbal 3-axis lebih minim getaran dan goyangan dibandingkan jenis 2-axis atau tidak menggunakan gimbal sama sekali.

Domain desain spesifik untuk domain elektrik, secara fisik, dibagi menjadi dua sistem pengendali. Tiap sistem memiliki periferal komponennya sendiri. Setiap komponen dalam periferal terhubung secara fisik melalui wiring sesuai dengan skema.

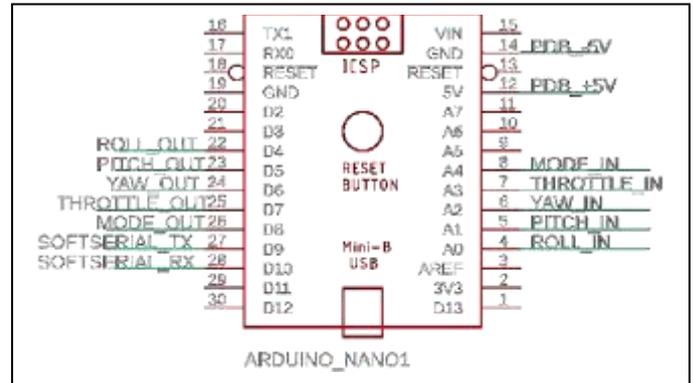


Gambar 7. Periferal Wiring Diagram pada Platform Drone

Drone sebagai *platform* yang telah ada untuk sistem keseluruhan memiliki periferal tersendiri dimana APM sebagai pusat pengendali *drone*. Selain *built-in sensors*, Periferal komponen pada *drone* ini terdiri dari unit *powerplant* (sumber tenaga dan penggerak), sensor GPS, dan komunikasi nirkabel (telemetry dan R/C).

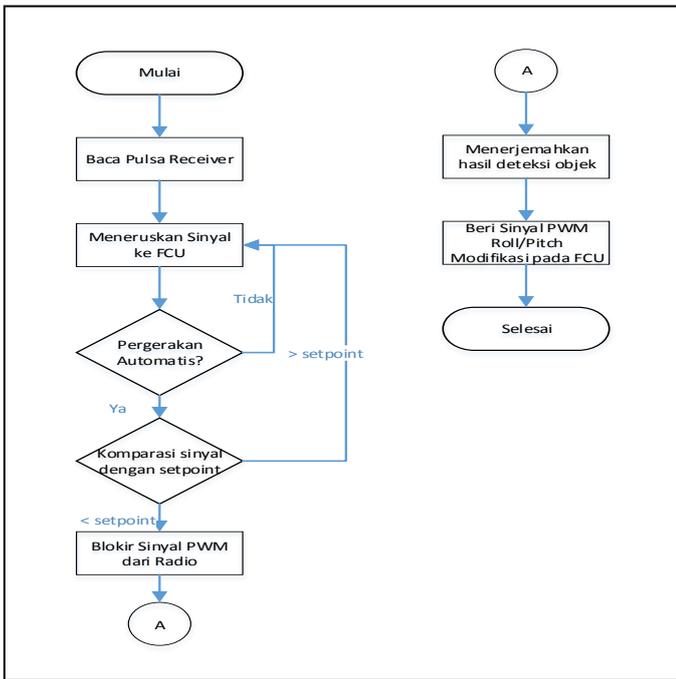
Unit kendali otomatis berbasis *image processing* secara perangkat menggunakan mikrokontroler Arduino Nano. *Drone platform* yang dimodifikasi dengan perangkat kendali otomatis berbasis *image processing* bekerja berdasarkan hasil pemrosesan data visual yang didapat dari *drone*. Untuk mengolah hasil deteksi objek secara visual menjadi pergerakan *drone* secara otomatis, diperlukan perancangan informatika untuk memprogram kontroler.

Pada Kontroler periferal ini yaitu Arduino Nano, terpasang perangkat komunikasi nirkabel. Adapun perangkat periferal ini menerima *input* PWM dari perangkat Receiver R/C dan mengeluarkan sinyal PWM kepada FCU. Berikut merupakan wiring diagram dari Arduino ke perangkat yang digunakan pada Gambar 8.



Gambar 8. Sambungan Perangkat Kontroler Arduino

Domain desain spesifik untuk domain kendali meliputi pemrograman pada unit Arduino dan MATLAB. Pemrograman pada unit Arduino dilakukan dengan menggunakan Arduino IDE. Pada program ini terdiri dari pembacaan *input* R/C, penerjemahan hasil deteksi objek yang dikirim melalui *telemetry* dari pengolah gambar (MATLAB/Grund), meneruskan perintah kendali manual dari antarmuka serta pengambilalihan kendali *roll* dan *pitch* pada pergerakan otomatis.



Gambar 9. Diagram Alir Pemrosesan Sinyal PWM

Data mengenai pulsa *receiver* yang diperoleh berupa nilai PWM yang diberikan oleh pengguna baik itu dari antar muka MATLAB maupun dari R/C. Pada dasarnya pengguna memberi *input* kendali *Throttle*, *Yaw*, *Roll* dan *Pitch* berupa PWM. Namun pada program kendali otomatis, *input Roll* dan *Pitch* tidak langsung diteruskan kedalam *input* pada FCU melainkan diubah terlebih dahulu nilainya oleh Arduino sesuai dengan keputusan pergerakan yang dihasilkan dari data visual.

TABEL 3. TABEL KEPUTUSAN PERGERAKAN BERDASARKAN POSISI OBJEK PADA FRAME GAMBAR

	0		106,7	213,3	320 x		
	a	b	c	d	k	l	m
				e			
				f			
				g			
				h			
				i			
				j			
80							
160							
240							
Y							

MATLAB sebagai pemroses citra digital mengirimkan karakter sesuai dengan posisi objek pada tabel ke Arduino melalui *telemetry*. Adapun tahapan pemrosesan citra digital yang dilakukan MATLAB yaitu: deteksi warna penanda lahan dan kemudian deteksi bentuk fisik penanda lahan.

Pengintegrasian sistem dimulai ketika MATLAB mengirimkan karakter sesuai dengan keputusan pergerakan melalui *telemetry* ke Arduino. Karakter yang diterima kemudian diterjemahkan menjadi sinyal PWM yang akan diteruskan ke FCU. Berikut adalah tabel penerjemahan karakter menjadi nilai-nilai PWM yang akan diteruskan ke FCU.

TABEL 4. TABEL NILAI PWM TERHADAP KARAKTER YANG DITERIMA ARDUINO

	a	b	c		k	l	m	
d				1975				PITCH MAJU
e				1812				
f				1648				
g				1485	1322	1158	995	PITCH MUNDUR
h	1975	1812	1648	1322				
i				1158				
j				995				
	ROLL KIRI			ROLL KANAN				

Nilai PWM tersebut kemudian diteruskan ke *input* sinyal FCU sesuai *channel*-nya (*roll/pitch*). Dari *input* tersebut, FCU mengatur kecepatan putar dari motor yang bersangkutan sesuai dengan TABEL 1. sehingga terjadi pergerakan *roll* ataupun *pitch*. *Input* PWM terhadap karakter selalu dapat diinterupsi oleh kontrol manual, jika nilai PWM dari kontrol manual baik itu R/C atau antarmuka melebihi *set-point* yang telah ditentukan.

Setelah *drone* terposisikan secara otomatis tepat berada di atas lahan perkebunan, perintah pengambilan gambar dapat dilakukan dengan mengambil gambar yang ditampilkan pada antarmuka. Gambar tersebut kemudian dapat diproses menggunakan metode *object counting* untuk mendapatkan data jumlah tanaman. Estimasi produksi lahan didapatkan dengan mengalikan jumlah tanaman dengan rata-rata hasil panen per tanaman.

IV. KESIMPULAN

Hasil dari penelitian ini dihasilkan sebuah perancangan yang berdasarkan metode penelitian VDI 2206. Perancangan meliputi persyaratan sistem untuk dapat memenuhi tujuan penelitian, konsep sistem yang digunakan, desain mekanik, desain elektrik, desain kendali, dan integrasi keseluruhan domain desain menjadi suatu sistem.

UCAPAN TERIMAKASIH

Selesainya penelitian ini tidak lepas dari andil banyak pihak berupa bantuan baik moril maupun materiil. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Politeknik Manufaktur Bandung (POLMAN) baik personel maupun fasilitasnya, kepada bapak Dr. Aris Budiarto, S.T., M.T. & ibu Siti Aminah, S.T., M.T. selaku pembimbing, dan kepada kedua Orangtua penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Shofyanti, R. (2011). Teknologi Pesawat Tanpa Awak untuk Pemetaan dan Pemantauan Tanaman dan Lahan Pertanian. *Informatika Pertanian, Badan Litbang Pertanian, Bogor* Vol 20 No.2, 58-64
- [2] Putri, A. Sumiharto, R. Purwarupa Sistem Prediksi Luas dan Hasil Panen Padi suatu Wilayah menggunakan Pengolahan Citra Digital dengan Metode Sobel dan Otsu. *IJEIS, Vol 6 No 2, Oktober 2014*, pp 187-198. ISSN: 2088-3714.
- [3] Kushardono, D. (2014). Teknologi Akuisisi Data Pesawat Tanpa Awak Dan Pemanfaatannya Untuk Mendukung Produksi Informasi Penginderaan Jauh. *INDERAJA Vol V No.7, Juli 2014*.
- [4] Argaputra, S. (2018). Penerapan Sistem Automatic Collision Avoidance pada Drone Quadcopter Sebagai Alat Didaktik Mekatronika. *Polman Bandung*.
- [5] García, Pedro Castillo, Hernandez, Laura Elena Munoz dan Gil, Pedro García. *Indoor Navigation Strategies for Aerial Autonomous Systems*. Oxford : Butterworth-Heinemann publications, 2017. ISBN: 978-0-12-805189-4.
- [6] Jatmika, S. Andiko, I. (2014). Simulasi Pengaturan Lampu Lalu Lintas Berdasarkan Data Image Processing Kepadatan Kendaraan Berbasis Mikrokontroler Atmega16. *Jurnal Imiah Teknologi dan Informasi ASIA, Malang* Vol 8 No.2, Agustus 2014.
- [7] Venugopalan, T. Taher, T. Barbastathis, G. (2012). *Autonomous Landing of an Unmanned Aerial Vehicle on an Autonomous Marine Vehicle*. Oceans, 2012.
- [8] Sanjaya, M. (2016). *Panduan Praktis Pemrograman Robot Vision Menggunakan MATLAB dan IDE Arduino*. Yogyakarta: Andi. ISBN: 978-979-29-5180-6.
- [9] Hidayat, R. Mardiyanto, R. (2016). Pengembangan Sistem Navigasi Otomatis Pada UAV (Unmanned Aerial Vehicle) dengan GPS (Global Positioning System) Waypoint. *Jurnal Teknik ITS, Surabaya* Vol 5 No.2, 2016.