

Pesawat Tanpa Awak untuk Pemetaan Area Perkebunan

Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for Mapping Plantation Area

Sugeng^{1,*}, Ramadhan Adi Putra², Refinda Fazar Muslim², Yogi Septianto²

¹ Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, Institut Teknologi Bandung

Jl. Ganesha No.10, Siliwangi, Coblong, Kota Bandung, Jawa Barat 40132

² Program Studi Teknik Elektro, Universitas Komputer Indonesia

Jl. Dipati Ukur No.112-116, Lebakgede, Coblong, Kota Bandung, Jawa Barat 40132

*Email : massugeng@students.itb.ac.id

Abstrak – Perkembangan perkebunan kelapa sawit dari awal penanaman di tahun 1848 sampai sekarang dapat dikatakan sangat signifikan. Sebagai negara produksi kelapa sawit terbesar di dunia Indonesia memiliki banyak perusahaan kelapa sawit berkembang, baik nasional maupun internasional. Untuk melakukan pemantauan perkebunan kelapa sawit yang sangat luas tersebut dibutuhkan suatu inovasi teknologi yang lebih murah dan efisien. Guna untuk mengamati area perkebunan yang luas dan topografi tanah yang berbeda beda, yang dapat menyulitkan akses logistik terlebih jika terjadi hujan membuat akses sulit dilalui, kami melakukan riset tentang pemantauan dan pemetaan area perkebunan kelapa sawit. Fungsi pemantauan adalah untuk memantau jalur logistik perkebunan seperti, mencari jalur yang lebih cepat dengan melihat kontur tanah agar mempermudah akses transportasi dari pengepul ke setiap pos yang ada. Sedangkan untuk pemetaan berfungsi memetakan area seluas 225 hektar dengan tujuan menilai kondisi kebun kelapa sawit, terutama aset dari kebun itu sendiri. kegiatan ini biasa disebut para pemlik lahan dengan survei aset atau *inventory*. Penggunaan teknik pemetaan dengan menggunakan pesawat tanpa awak mempunyai beberapa kelebihan, salah satunya adalah lebih akurat melakukan pemetaan dibanding menggunakan citra satelit. Dari data pemetaan ini dapat dikembangkan kembali seperti data pemetaan sensus, peta tata guna lahan, tata ruang perkebunan, dan pemantauan hama dan gulma. Metode yang kami gunakan seperti peningkatan kualitas resolusi kamera, mengatur ketinggian pesawat, mengatur kecepatan pesawat, membuat airframe yang baik, penggunaan gimbal 2 axis dan metoda mengolah gambar dengan khusus. Berdasarkan pengujian dan implementasi didapatkan hasil bahwa pesawat tanpa awak yang kami buat dapat memetakan area perkebunan seluas 225 hektar dan melakukan proses data dalam waktu 1 jam. Tingkat akurasi resolusi peta yaitu mencapai 1,40cm/piksel dengan ketinggian terbang 150 meter diatas permukaan tanah.

Kata kunci : Pemetaan, Pesawat Tanpa Awak (UAV), Perkebunan, Indera Jarak Jauh, Foto Udara.

Abstract – The development of oil palm plantations from the beginning of planting in 1848 until now can be said to be very significant. As the largest palm oil production country in the world Indonesia has many developing palm oil companies, both national and international. To monitor the vast oil palm plantations, a cheaper and more efficient technological innovation is needed. In order to observe the vast plantation area and the different topography of the land, which can complicate logistical access especially if there is rain making access difficult to pass, we conduct research on monitoring and mapping oil palm plantation areas. The monitoring function is to monitor plantation logistics lines such as, finding a faster route by looking at the contour of the land so as to facilitate transportation access from collectors to each existing post. As for mapping, it functions to map an area of 225 hectares with the aim of assessing the condition of oil palm plantations, especially assets from the garden itself. this activity is commonly referred to as landholders by surveying assets or inventory. The use of mapping techniques using unmanned aircraft has several advantages, one of which is more accurate mapping than using satellite imagery. From this mapping data can be developed again such as census mapping data, land use maps, land use planning, and monitoring of pests and weeds. The methods we use include improving the quality of camera resolution, adjusting aircraft height, adjusting aircraft speed, making good airframes, using 2 axis gimbals and special image processing methods. Based on the testing and implementation it was found that the unmanned aircraft we made could map 225 hectares of plantation area and process the data within 1 hour. The accuracy of map resolution is reaching 1.40cm / pixel with a flying height of 150 meters above ground level..

Keywords : Mapping, Unmanned Aerial Vehicle (UAV), Plantation, Remote Sense, Aerial Photo

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Berdasarkan data dari Kementerian Pertanian Republik Indonesia bahwa total luas perkebunan sawit pada tahun 2017 berkisar 14,03 juta hektar. Dengan perkebunan seluas tersebut Indonesia menjadi penghasil kelapa sawit terbesar yang ada di dunia, di ikuti oleh Malaysia, Thailand, Colombia, dan Nigeria. Sehingga untuk melakukan pemantauan terhadap perkebunan kelapa sawit yang sangat luas tersebut dibutuhkan suatu inovasi teknologi yang lebih murah dan efisien.

Perkembangan teknologi informasi dan komputer yang sangat cepat dulunya dilakukan secara manual dan memakan waktu lama, lalu didorong untuk lebih cepat dan dilakukan secara otomatis dan digital. Sebagai contoh adalah perhitungan luas lahan, pencarian jalur logistik, dan pengambilan data spasial di perkebunan kelapa sawit[1]. Teknologi informasi yang dapat di terapkan pada area perkebunan adalah *geographical information system (GIS)* dan penginderaan jarak jauh (Inderaja) atau dalam bahasa Inggris berarti *remote sensing* dapat digunakan untuk mendapatkan data digital dengan akurat, sehingga selalu dapat menjawab masalah kebutuhan informasi yang ada[2].

B. State Of Art Penelitian

Beberapa alat Inderaja modern memiliki potensi untuk melengkapi survei berbasis darat dengan memperluas cakupan pengawasan terhadap daerah perkebunan untuk mengidentifikasi teknik pengawasan dengan benar[12]. Metodologi indera jarak jauh (INDERAJA) banyak menggunakan citra satelit optik, yang selalu digunakan untuk saat ini, sering terkendala oleh tutupan awan yang melintas, terutama saat musim penghujan. Selain itu jika selalu bergantung pada citra data satelit memerlukan biaya yang besar dan juga lambatnya pengadaan data satelit sehingga menyebabkan informasi yang di inginkan selalu terlambat diperoleh. Contoh dari penggunaan citra satelit dengan resolusi tinggi yang sering digunakan untuk mengambil pemetaan skala besar adalah citra Ikonos dan Quickbird. Penggunaan teknologi citra satelit selalu terkendala aliran awan, kabut dan asap di negara negara tropis terutama seperti Indonesia [4].

Survei udara telah menjadi metode pemantauan lingkungan dan pemetaan yang sangat berharga[3]. Pemantauan udara dengan menggunakan pesawat tanpa awak menjadi salah satu alternatif untuk mendapatkan data lebih detail, *realtime*, cepat, akurat dan murah. Di antaranya pesawat tanpa awak jenis multirotor maupun jenis *fixed wing*, atau sayap tetap digunakan untuk melakukan pemotretan udara seperti foto udara bangunan, pemantauan bencana alam, pemantauan jalur logistik, pemetaan daerah perkebunan dan lain-lain[4].

Banyak kelebihan jika pemetaan dilakukan dengan pesawat tanpa awak, antara lain harga yang murah, waktu pengambilan gambar cepat dan fleksibel, serta informasi yang dihasilkan bisa lebih detail dibanding dari data satelit. Selain itu pesawat tanpa awak terbang dibawah awan, selain pengambilan gambar terbebas dari awan, juga dibanding dengan citra satelit yang banyak dipengaruhi kondisi atmosfer, data citra dari pesawat tanpa awak lebih detail dan lebih tajam[4].

Pesawat tanpa awak menawarkan resolusi dan akurasi yang cukup baik, harganya yang terbilang murah dan daya tahan terbatas hanya beberapa jam. Batasan satelit dan pesawat tanpa awak adalah biaya peluncuran dan penerbangan yang tinggi, pengumpulan data yang lambat dan tergantung cuaca, kemampuan manuver terbatas, ketersediaan terbatas, waktu terbang terbatas, resolusi tanah terbatas[5]. Deskripsi teknis dan perkiraan biaya pengambilan gambar menggunakan satelit dan pesawat tanpa awak terlihat pada **Tabel I** [2].

Tabel I. Jenis Jenis Citra Satelit

Jenis Citra	Rang e	Spasi -al	Resolusi Spektr -al	Time	Biaya
Citra UAV	1,28km	0,15m	R,G, dan NIR	Fleksibel*	Rp.13juta/ha
IKONOS	11,3km	0,8-1	VNIR	3 hari	US\$33/km2**
QuickBird	16,5km	2,5	VNIR	3,5 hari	US\$16-47/km2**
ALOS AVNIR	70km	10	VNIR	45 hari	US\$700/scene
ASTER	60km	15	VNIR, SWIR, TIR	16 hari	US\$130/scene
SPOT	60km	30	R,G, dan NIR	26 hari	US\$280/scene

Penggunaan pesawat tanpa awak secara komersial di Indonesia banyak bermula dari munculnya kebutuhan akan data aktual dan factual

dari industry perkebunan kelapa sawit. Sebelumnya data tersebut didapatkan oleh perusahaan melalui citra satelit, namun masih banyak keterbatasan yang dimiliki citra satelit. Pada **Tabel II** akan menjelaskan citra satelit terhadap beberapa kebutuhan pemetaan para pemilik lahan antara lain:

Tabel II. Jenis Jenis Keterbatasan

Jenis Keterbatasan	Citra Satelit	Kebutuhan Pemetaan Perkebunan
Resolusi	30cm/pixel	15cm/pixel
Akualitas data	Menggunakan data lama	Data realtime
Lead time	Satelit harus di titik lokasi	Data fleksible
Percentase awan	5% awan tergambar	Bebas awan
Minimum order	>10.000 hektar	Tidak ada batasan

Tingkat resolusi pengambilan data satelit sekitar 30cm/pixel untuk citra berbayar dan 60-150cm/pixel untuk citra gratis (*GoogleEarth*), hal ini dapat mengakibatkan kesulitan dalam pencocokan data pengolahan data yang akan dibuat. Kebutuhan akualitas data untuk pemetaan perkebunan harus didapatkan secara realtime, namun menggunakan citra satelit selalu menggunakan data citra arsip yang diambil beberapa bulan sebelum permintaan. Sedangkan jika ingin mendapatkan waktu data terkini, satelit harus mengorbit tepat diatas lokasi, selain itu pengolahan data memerlukan waktu berbulan bulan. Dari sisi gambar harus terbebas dari awan, agar terlihat jelas dan mempermudah proses pengolahan data yang dibuat. Salah satu kerugian bagi pemilik lahan kecil sangat kurang ekonomis dikarenakan minimum pemesanan pemetaan yaitu lebih dari 10.000 hektar.

Unmanned Aerial Vehicle (UAV) merupakan sebuah wahana terbang dengan kendali jarak jauh maupun pengendalian wahana otomatis secara terprogram. Dimasa lalu pengembangan sistem pesawat tanpa awak digunakan untuk mengembangkan tujuan dan aplikasi militer, seperti pengintaian dan pemetaan daerah musuh[6]. Pesawat tanpa awak pun dapat digunakan di berbagai bidang dan telah meningkatkan efisiensi pengumpulan informasi selama peperangan, penginderaan jauh di sektor perkebunan dan pertanian, survei struktur dan topografi medan pertempuran[7-10]

Dalam 10 tahun terakhir penggunaan pesawat tanpa awak tidak hanya digunakan untuk area

militer saja tapi sudah dikembangkan oleh badan-badan riset, dunia industry, dan dibidang sipil pun telah banyak memanfaatkan teknologi pesawat tanpa awak ini dalam mendukung kegiatan mereka. Berdasarkan ukuran, daya tahan, jangkauan dan ketinggian terbang, pesawat tanpa awak Internasional mendefinisikan 3 kategori utama yaitu:[11].

Dari beberapa jenis pesawat pada **Tabel III**, yang umum digunakan oleh pihak sipil dan lembaga riset informal adalah jenis pesawat tanpa awak jenis taktis. Seiring dengan berkembangnya permintaan akan pemetaan wilayah dalam berbagai bidang, maka semakin berkembang pula berbagai macam metoda pemetaan wilayah. Dengan memanfaatkan kemajuan teknologi kamera, sistem mikrokontroller dan pesawat, maka pekerjaan pemetaan dapat dilakukan dengan waktu yang relatif cepat dengan tingkat akurasi yang tinggi[11].

Tabel III. Jenis jenis UAV

JENIS UAV	DEFINISI UAV
UAV TAKTIS	Massa berkisar 3-300kg , jarak dari 10m-500km, ketinggian terbang dari 0-5km dan daya tahan menjelajah dari 5 menit sampai 2 hari.
UAV STRATEGIS	Massa lebih dari 300kg, jarak >500km, ketinggian 5- 20km, dan daya tahan menjelajah 2-4 hari.
UAV KHUSUS	UAV dengan tugas khusus seperti pesawat tempur tanpa awak, pesawat pembawa rudal otomatis, pesawat dengan system pengalihan atau umpan.

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah melakukan pemetaan dan pemantauan pada area perkebunan kelapa sawit. Pemetaan di area perkebunan bertujuan untuk menghitung luas area yang akan dipetakan guna untuk kebutuhan pemilik lahan. Para pemilik lahan ingin melakukan pemetaan untuk menghitung luas area mereka, dan meninjau tentang perkembangan kelapa sawit.

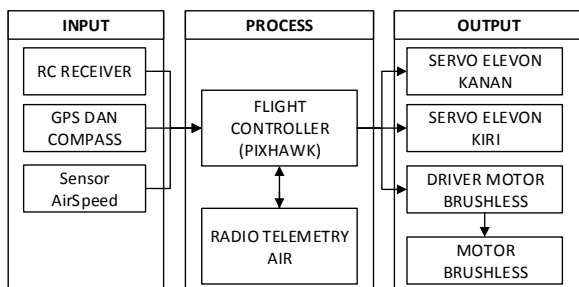
Selain melakukan pemetaan, pesawat tanpa awak yang kami buat dapat melakukan monitoring yang bertujuan untuk membuat jalur logistik perkebunan. Membuat jalur dimaksudkan agar pasokan logistik tidak terhambat akibat kesalahan membuat jalur ke setiap pos yang mempunyai topografi yang berbeda-beda.

Pada riset ini saya akan membuat metoda-metoda yang memudahkan pemetaan seperti,

penggunaan kamera dengan resolusi besar dengan ketinggian pengambilan gambar 150 meter diatas permukaan tanah dengan jarak antar pemotretan 40 meter. Penggunaan kamera dengan resolusi 21mp dengan ketinggian 150 meter diatas permukaan tanah dapat menghasilkan resolusi pada peta yaitu 1.4cm/piksel. Jarak pemotretan diambil 40 meter per gambar dikarenakan agar tidak terjadi penumpukan gambar tidak di inginkan yang dapat mempersulit proses penggabungan gambar *rendering*. Kemudian kamera dipasangkan pada gimbal 2 axis bertujuan untuk mendapatkan gambar yang lebih stabil dan mengurangi gambar yang tidak fokus.

II. METODE PENELITIAN

Pada perancangan sistem hal yang pertama dibuat adalah perancangan desain, perancangan mekanik,dan blok diagram dari sistem. Berikut adalah blok diagram secara komperhensif pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Blok Diagram sistem.

Pada diagram blok **Gambar 1** terdapat tiga bagian utama system pemetaan, yaitu bagian masukan yang terdiri dari informasi data lokasi dan arah berbentuk koordinat. Kemudian terdapat *Remote Control (RC), receiver* sebagai penerima perintah pengontrolan dari remote ground sebelum melakukan mode peralihan dari manul ke autonomous. Sensor *AIRSPEED* untuk mengukur kecepatan terbang pesawat tanpa awak dengan satuan meter per detik.

Pada bagian proses yang terdiri dari mikrokontroller yang sudah terintegrasi dengan beberapa program. Didalam *flight controller* sudah digabungkan dengan beberapa sensor, gabungan ini biasanya disebut dengan *Degree Of Freedom (DOF)*, semakin tinggi nilai DOF maka semakin tinggi juga tingkat akurasi sensor yang

didapatkan. Sebagai contoh 6 DOF yaitu terdiri dari 3 DOF akselerometer (arah x, arah y, arah z) dan 3 DOF giroskop (putaran sumbu x, y dan z), atau contoh lainnya adalah 10 DOF yaitu 3 DOF akselerometer (arah x, arah y, arah z),3 DOF giroskop (putaran sumbu x, y, z) dengan tambahan 3 DOF dari kompas dan 1 DOF dari sensor barometer yaitu sensor yang mengukur tekanan atmosfer.

Bagian terakhir adalah keluaran yang terdiri dari elevon kiri dan kanan untuk mengatur *maneuver* pesawat tanpa awak agar bergerak dengan baik. Kemudian pada bagian driver motor brushless yang biasa disebut *ELECTRONICS SPEED CONTROL (ESC)* yang berfungsi untuk mengatur putaran motor brushless. Esc berfungsi mengubah besaran pwm menjadi tegangan 3 fasa agar motor brushless dapat berputar dan menggerakkan pesawat.

A. Perancangan Mekanik Pesawat

Bedasarkan hasil pengamatan dan beberapa tinjauan pustaka penting , kami memilih jenis pesawat *FLYING WING* dalam merancang pesawat tanpa awak untuk pemantauan dan pemetaan. Karena jenis *flying wing* mempunyai konstruksi yang sederhana(mudah dalam pembuatan konstruksinya) dan mempunyai kestabilan yang baik. *Flying wing* merupakan jenis pesawat terbang dengan bentuk sayap tetap dengan 80% berbentuk airfoil (badan maupun sayap) tanpa memiliki ekor sehingga penggunaannya sangat sederhana yaitu terdiri dari sayap dan penggerak berupa elevon (gabungan antara aileron dan elevator).

Untuk mendesain pesawat *flying wing*, beberapa hal yang harus diperhatikan agar mendapatkan peforma yang lebih optimal, seperti penggunaan *airfoil*, pemilihan dan perhitungan posisi *central of gravity (CG)*, dan juga ukuran dari bentang sayap. Penggunaan *airfoil* yang baik untuk jenis *flying wing* adalah dengan *airfoil reflexed* seperti **Gambar 2** berikut ini :



Gambar 2. Airfoil reflexed

Pemilihan jenis *airfoil reflexed* dikarenakan mempunyai *trailing edge* yang melengkung keatas

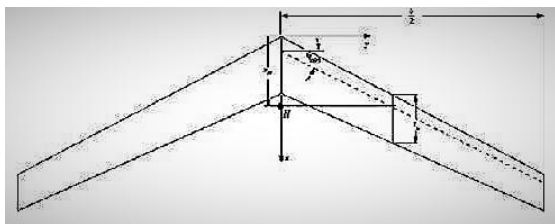
sehingga membentuk airfoil menyerupai huruf S yang sangat tipis. Penggunaan Airfoil ini biasanya digunakan untuk pesawat jenis *flying wing*. Secara aerodinamika, jenis *airfoil reflexed* mempunyai sifat momen tekanan yang sangat kecil, sehingga dapat menggantikan fungsi dari ekor pada pesawat bukan *flying wing* yang berfungsi menghasilkan kestabilan secara horizontal (*pitch*).

Untuk mendapatkan titik CG untuk pesawat jenis *flying wing* sudah ada kalkulator online agar menentukan dengan langsung dari bentuk dan jenis pesawat yang ingin kita buat. Pada dasarnya peletakan CG berada tepat di depan titik *neutral point* yang dapat dihitung menggunakan persamaan dibawah ini:

$$x_N = \frac{lr}{4} + \frac{2b}{3\pi} \cdot t \lambda \cdot \varphi_z \tag{1}$$

dimana : lr = *chord root*, b = bentang sayap, λ =ratio sudut lancip φ = *swept angle*.

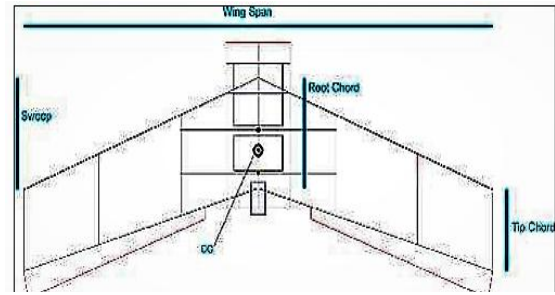
Pada **Gambar 3** menjelaskan tentang peletakan *neutral point CG*.



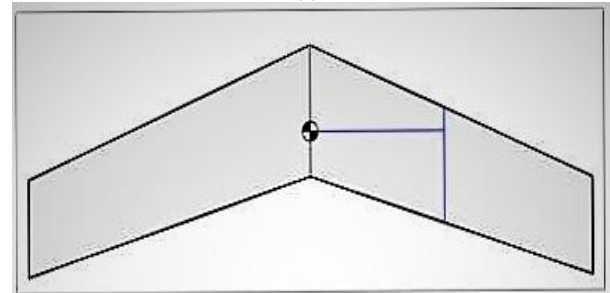
Gambar 3. *Neutral Point CG*

Pada prakteknya penulis menggunakan software berbasis web untuk menghitung/analisis *wing area*, MAC, dan CG dari *flying wing* karena masih terbatasnya ilmu mengenai penerbangan dari penulis, software tersebut bisa diakses di situs <http://fwcg.3dzone.dk> secara gratis. Sebelum melakukan kalkulasi panjang *wing span*, *root chord*, *tip chord*, *sweep* harus diukur terlebih dahulu, pada **Gambar 4(a)** menjelaskan lebih terperinci keterangannya, sedangkan **Gambar 4(b)** menjelaskan tentang hasil setelah perhitungan penempatan CG.

Hasil kalkulasi *flying wing* sudah bisa diimplementasikan langsung pada wahana yang akan diuji terbang, nilai diatas menggunakan satuan millimeter (mm). Setelah nilai titik netral didapatkan, letak CG dapat dihitung yaitu 2-5% dari panjang rata-rata chord di depan titik netral yang telah dihitung seperti pada **Gambar 4(b)**.



(a)



Wing span	1650	Wing area	430650
Root chord	300	MAC distance	391.95
Tip chord	222	MAC length	262.94
Sweep	304	CG distance	197.02
CG position:	<input type="radio"/> 15% - for beginners testing new planes <input checked="" type="radio"/> 20% - allround <input type="radio"/> 25% - for experts <input type="radio"/> Other: 22.5 %		
Options	<input type="checkbox"/> Show MAC lines <input type="button" value="Update"/>		
		Image scale	0.44606 pixels/unit
		Deep-link	This specific wing

(b)

Gambar 4(a). Keterangan pengukuran untuk menemukan CG
(b). Hasil Perhitungan Penempatan CG.

Semakin jauh nilai titik point maka pesawat akan lebih stabil tetapi lebih sulit untuk bermanuver. Kemudian, pemasangan motor dari *flying wing* ini harus teliti, mengingat pesawat *flying wing* memiliki konfigurasi pusher, karena pemasangan yang salah akan mengakibatkan pesawat *looping* (baik keatas maupun kebawah), hal ini membuat pesawat menjadi sulit dikendalikan terutama sebelum di-*trim*. Pemasangan yang ideal adalah dengan mengarahkan sumbu putar motor ke *center of gravity*, baik CG vertikal (diukur dari atas-bawah pesawat) maupun CG horizontal (diukur berdasarkan planform sayap).

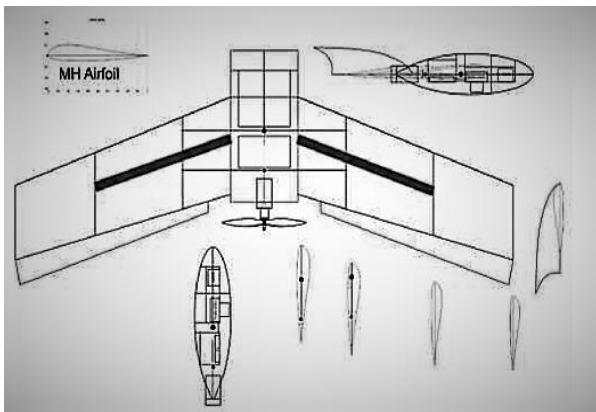
Sayap merupakan komponen utama yang dapat menghasilkan gaya angkat yang sangat besar. Cara kerja sayap yaitu aliran udara yang berada dibawah sayap lebih lambat daripada dibagian atas dikarenakan jalur yang dilewati udara diatas sayap lebih cepat dan jauh, perbedaan kecepatan antara aliran udara dibawah dan diatas tersebut mengakibatkan pesawat terangkat keatas (gaya *lift* pada pesawat).

Udara selalu mengalir dari tekanan tinggi ke tekanan rendah, misalkan sebuah balon akan menyemburkan udaranya keluar ketika kita

melepaskan ikatannya karena tekanan yang ada didalam balon lebih tinggi dibandingkan dari tekanan diluar balon. Hal ini juga terjadi pada saat perbedaan tekanan udara antara bagian bawah sayap dan atas sayap, terutama sering terjadi pada ujung sayap. Aliran udara dari bawah ke atas sayap pada ujung sayap dapat menghasilkan aliran udara yang berputar-putar dengan sangat cepat pada ujung sayap yang sering disebut *tip vortex*. Aliran ini dapat menurunkan gaya angkat pesawat dan mengganggu aliran udaranya.

Untuk menghindari kejadian *tip vortex* maka diperlukan winglet, winglet ini adalah ujung sayap yang dibuat berbelok keatas dan mengecil. *Winglet* sangat baik untuk mengurangi efek dari *tip vortex* yaitu dengan mengarahkan aliran udara akibat perbedaan tekanan udara. Akibat dari penurunan daya tahan aliran udara ini, penggunaan arus baterai yang dibutuhkan oleh pesawat menjadi lebih sedikit.

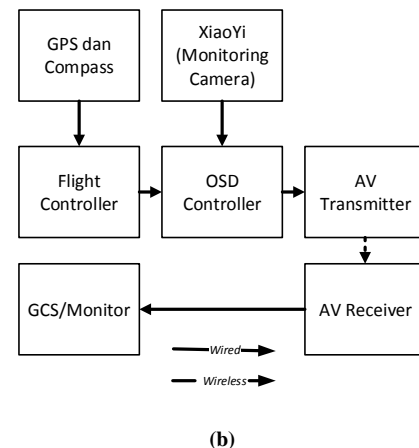
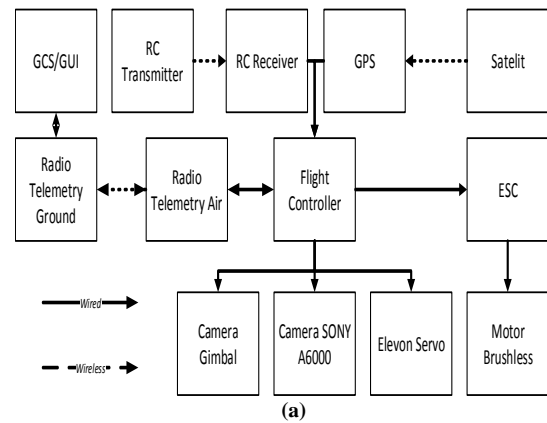
Berdasarkan pembahasan mengenai desain pesawat diatas, penulis telah selesai mendesain sebuah pesawat jenis *fixed wing* dengan konfigurasi *flying wing* yang sederhana diperkirakan akan lebih mudah dalam proses pembuatannya, berikut adalah desainnya ditunjukkan pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Sketsa Mekanik *Flying Wing*.

B. Perancangan dan Blok Diagram Sistem

Blok diagram UAV terdiri dari dua bagian yaitu bagian *system autopilot and mapping* dan *system monitoring*. Pada **Gambar 6(a)** dan **(b)** berikut adalah gambar dari blok diagram pesawat tanpa awak *Fixed Wing*. Dari **Gambar (a)** dan **(b)** diagram blok dapat diberikan penjelasan sebagai berikut: Servo digunakan untuk mengendalikan elevon kanan dan kiri, sebaiknya pemilihan torsi servo harus lebih besar dari perkiraan beban yang akan dihasilkan elevon oleh tiupan angin.



Gambar 6 (a). Blok Diagram Sistem *Autopilot Mapping*
(b). Blok Diagram Sistem *Monitoring*

Flight Controller, *Controller* penerbangan yang digunakan adalah 3DR Pixhawk menjalankan konfigurasi pesawat. Perangkat keras dan perangkat lunak yang *open-source*.

Modul GPS yang digunakan adalah uBlox M8N. modul ini cukup akurat dan dapat diandalkan. Dikombinasikan dengan sensor inersia dan modul kompas, umumnya dapat memperbaiki posisi dengan tingkat akurasi ~ 1m.

Kompas terintegrasi pada modul GPS tersebut, dengan menghubungkan melalui kabel tambahan (menggunakan bus I2C, dan UART untuk modul GPS). Perlu dicatat bahwa Pixhawk memiliki kompas internal yang itu sendiri sebagai cadangan. Semua sensor berbasis magnetis seperti modul ini harus ditempatkan jauh dari sumber magnet seperti mesin dan motor.

Sensor Kecepatan Udara, Modul Ini memberikan informasi kecepatan ke *flight controller*. Sensor ini memerlukan kalibrasi setiap sebelum penerbangan, karena membutuhkan tekanan udara awal.

RC *Receiver*, RC Penerima yang digunakan adalah jenis RC standar FUTABA yang beroperasi pada 2,4 GHz. Hal ini memungkinkan

pilot untuk mengambil alih secara manual selama lepas landas, mendarat, atau setiap kali UAV dekat. Hal ini juga berguna untuk tes pra-penerbangan, untuk memastikan semua permukaan servos dan penerbangan kontrol bekerja seperti yang diharapkan. Kemudian RC *Transmitter*, *transmitter* modul tipe FUTABA yang digunakan untuk transmisi sinyal kontrol UAV sementara dengan jarak di kisaran 500-600m.

Telemetri Radio (*Air & Ground*), Radio ini menggunakan 3DR Telemetry 433MHz, beroperasi di band 431-434MHz (band yang diizinkan di Indonesia bisa saja berbeda jika di negara yang berbeda). Ini mentransmisikan MAVLink telemetri ke stasiun tanah dan memungkinkan perintah untuk dikirim kembali ke controller penerbangan. Hal ini terhubung langsung ke master *Ground Control Station* (GCS) di laptop.

C. Sistem Pemetaan dan Pemantauan

Selain konfigurasi airframe dan sistem *autopilot*, sistem untuk mengambil data berupa gambar juga sangat penting untuk membuktikan bahwa UAV yang dirancang mempunyai kemampuan yang sangat baik, yaitu untuk mengalahkan kompetitor lainnya. Dua faktor untuk mendapatkan hasil yang baik yaitu pada *Flight Plan* yang baik dan sensor kamera yang akan digunakan.

Flight Plan atau Perencanaan Terbang pada GCS digunakan untuk mengatur pesawat ke titik mana saja yang akan dilalui dan akan melakukan apa saja di titik yg telah diatur, titik itu berupa data *Longitude* dan *Latitude* seperti pada Peta dan GPS. Contoh tampilan pembuatan *Flight Plan* di GCS seperti pada **Gambar 7**.

Adapun bagian yang perlu diperhatikan dalam merancang rencana perbang adalah *Overlap* (Jarak Pengambilan Gambar Depan Belakang), *Overside* (Jarak Samping, Titik 7 dan 10), *Overshoot* (titik 8), *Lead In* (titik 9).

D. Pemilihan Kamera

Pada bagian pengambilan data gambar dari udara, kami membedakan kamera khusus untuk pemetaan dan kamera khusus untuk pemantauan. Untuk kamera pemetaan kami memilih kamera Sony alpha 6000 karena memiliki resolusi piksel sangat besar yaitu mencapai 24,3MP (*MegaPixel*), Sony A6000 Memiliki tingkat ketajaman gambar yang baik, Juga mempunyai kecepatan mengambil gambar dengan baik yaitu 10.3 bingkai/detik, dan dilengkapi dengan *image stabilizer*.



Gambar 7. *Flight Plan* pada GCS.

Untuk kamera pemantauan kami harus mencari kamera yang bisa merekam & menyimpan sambil streaming, kami mempunyai beberapa opsi yaitu SJCAM, RunCam, Mobius, Xiaomi YI. Setelah kami bandingkan spesifikasinya yang mendukung untuk melakukan pemantauan dan mempunyai kualitas yang baik adalah kamera Xiaomi YI, Kamera yang biasa disebut Xiaoyi ini memiliki ketahanan selama 1 jam untuk merekam video, kualitas videonya 120fps di 720p dan 60fps di 1080p juga mempunyai ketajaman yang baik dibandingkan pesaingnya. Selain itu penggunaan kamera action cam xiaomi yi dapat dihubungkan ke modul *On Screen Display (OSD)* untuk menampilkan info tentang pesawat seperti lokasi koordinat, ketinggian pada tampilan di monitor.

III. PENGUJIAN DAN ANALISA

Pengujian dilakukan secara bertahap yaitu menguji dulu per bagian sampai pengujian keseluruhan sistem. Adapun pengujiannya dijelaskan sebagai berikut.

A. Pengujian Frame Pesawat

Pada pengujian awal, pembuatan wahana terbang menggunakan bahan dasar styrofoam dengan dilapisi oleh lakban agar lebih mengikat lapisan foam. Setelah dirasa cukup baik kemudian pesawat dibuat ulang dengan komposisi komposit bahan pelapis yang berbeda. Pemilihan komposit menggunakan kain fiber dengan tingkat kerapatan 48mm /m.

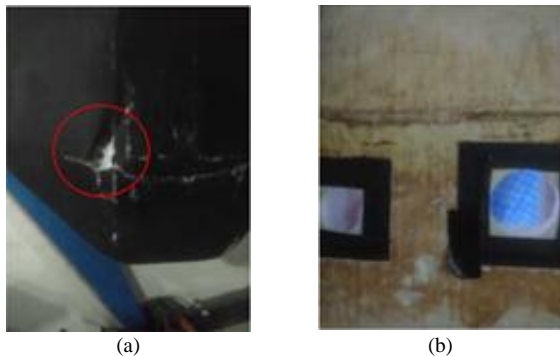
Bahan dasar dari pesawat ini adalah tetap Styrofoam dengan dilapis fiber wr48 dan dikeraskan menggunakan resin berjenis lycal. Pemilihan lycal dibandingkan resin adalah karena jika resin dapat membuat senyawa yang berada di

Styrofoam mencair sedangkan lycal tidak berpengaruh pada Styrofoam. Pada **Tabel IV** akan menjelaskan tentang hasil dari pengujian frame pesawat.

Tabel IV. Hasil Pengujian Frame

Percobaan	Bahan	Kualitas	Status	Keterangan
1	Styrofoam + Lakban	Buruk	terbang	Landing aman
2	Styrofoam + Lakban	Buruk	terbang	Terjatuh
3	Styrofoam + fiberglass	Baik	terbang	Landing aman
4	Styrofoam + fiberglass	Baik	Terbang	Terjatuh
5	Styrofoam + Fiberglass + Spar	Sangat Baik	Terbang	Terbang

Penggunaan fiber ditambah dengan dipasangnya spar sebagai penguat sayap dapat membuat pesawat lebih kuat ketika pesawat terjatuh. Perbedaan kekuatan dapat dilihat pada **Gambar 8**.



Gambar 8 (a). Menggunakan lakban dan (b). Menggunakan bahan Fiberglass

B. Pengujian Mode Sistem Pesawat.

Pengujian mode pesawat dilakukan agar meminimalisir kesalahan dan mencoba menstabilkan sistem yang dibuat. Pengujian ini pun dilakukan disaat pesawat sudah dirasa stabil dan pemilihan bahan terbuat dari komposit foam fiberglass dengan tambahan beberapa spar untuk menambah kekuatan pada sayap. Hasil pengujian mode pesawat ditunjukkan pada **Tabel V**.

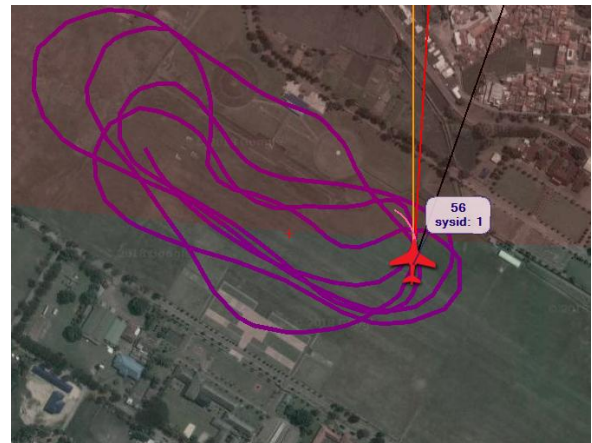
C. Pengujian GUI untuk Misi Pemetaan.

Pengujian pertama pada GUI adalah untuk melihat data terbang secara akurat tanpa adanya delay. Data log pertama dapat dilihat pada **Gambar 9**. Pada pengujian pemetan pertama kali di ambil di Lapangan udara Sulaiman, Kab. Bandung. Pengambilan gambar diketinggian 100

meter dengan luas area 500m² namun pengambilan masih terkendala error pada pesawat yang menyebabkan pesawat keluar jalur koordinat. Tingkat error yang terjadi dapat dilihat pada **Gambar 10**.

Tabel V. Pengujian mode pesawat

Percobaan	Mode	Misi	Status	Keterangan
1	Manual	Terbang baik	Terbang	Pesawat stabil
2	Stabilze	Terbang baik	Terbang	Sedikit menukik
3	Stabilize	Terbang baik	Terbang	Pesawat Stabil
4	Stabilize	Pemantauan	Terbang	Pesawat stabil
5	Auto	Sesuai WP	Terbang	Sedikit melenceng
6	Auto	Sesuai WP	Terbang	Terjatuh
7	Auto	Sesuai WP	Terbang	Pesawat Stabil
8	Auto	pemetaan	Terbang	Pesawat stabil

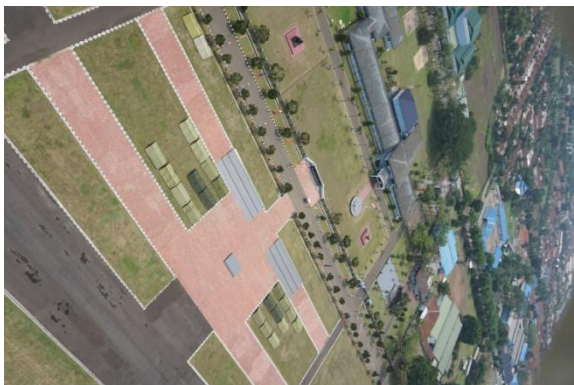


Gambar 9. Data log pada mode Stabilizer.



Gambar 10. Tingkat error melenceng dari jalur koordinat.

Sedangkan untuk sample gambar sudah sangat jelas karena pengaturan sudah tepat. Contoh salah satu pengambilan citra dapat dilihat pada **Gambar 11**.



Gambar 11. Kualitas gambar dengan resolusi 24MP.

Pada percobaan selanjutnya mencoba misi lebih teratur dan memprogram ulang mikrokontroller agar lebih stabil. Untuk percobaan ini saya melakukan lokasi ujicoba di Cikutra sampai ke Padasuka Bandung. Salah satu pengambilan data citra sudah di proses penggabungan peta seperti terlihat di **Gambar 12**.



Gambar 12. Penggabungan citra sudah menjadi peta.

Kemudian pada ujicoba ke-15 kami melakukan uji coba di bandara Kertajati Majalengka pada masih saat pembangunan dengan luas lahan 2KM² dan waktu penerbangan mencapai 2jam. Hasil dari kualitas citra pemetaan di bandara Kertajati Majalengka yang mencapai 400 hektar dapat dilihat pada **Gambar 13**.

Puncak pemetaan terakhir kami mengambil data pemetaan dan monitoring di Lampung dalam acara kegiatan Kontes Robot Terbang Indonesia di tahun 2016. Tema dari acara ini adalah melakukan pemetaan area perkebunan kelapa sawit seluas 225 hektar dengan durasi 30 menit. Hasil dari pemetaan dapat dilihat pada **Gambar 14**.

Sedangkan untuk hasil pemantauan yaitu mencari jalur logistik. Logistik berwarna jingga yang harus ditemukan disekitar area perkebunan kelapa sawit. **Gambar 15** dapat menampilkan tangkapan citra menggunakan kamera Xiaomi yi yang dapat menemukan logistik berwarna jingga.



Gambar 13. Pengambilan citra di Bandara Kertajati Majalengka.

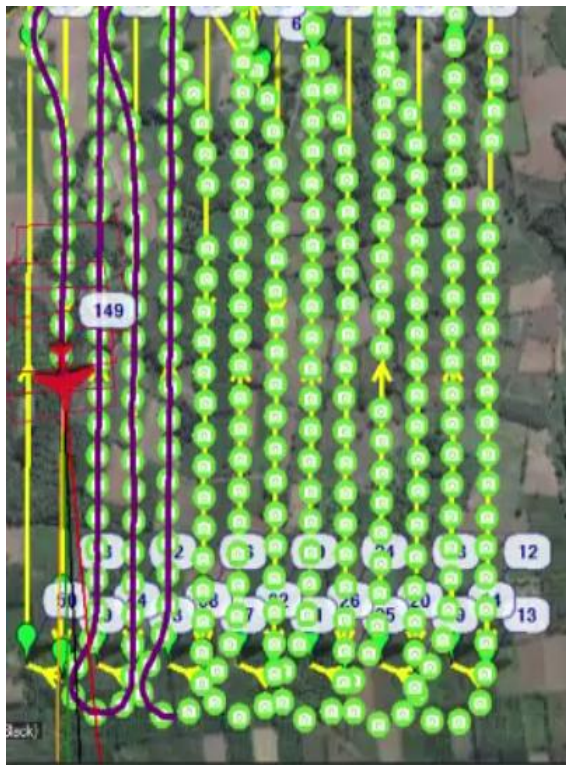


Gambar 14 . Area Perkebunan Kelapa Sawit Seluas 225ha.

Mengendalikan pesawat awak dapat di pantau penerbanganya melalui GCS. Untuk tampilan *Graphical User Interface* (GUI) GCS pada saat mapping dapat ditunjukkan pada **Gambar 16**.



Gambar 15 menunjukkan ditemukannya logistik jingga di daerah perkebunan sawit.



Gambar 16 Tampilan GUI pada saat pesawat melakukan proses pemetaan.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan analisa yang kami lakukan, didapatkan beberapa poin kesimpulan mengenai perancangan Pesawat Tanpa Awak jenis *Fixed Wing*:

1. *Fixed Wing* sudah dapat menyelesaikan misi pemantauan dan pemetaan dengan baik.
2. Konstruksi atau Struktur dari *fixed wing* dapat dibuat lebih cepat juga lebih kuat

dibandingkan desain *fixed wing* sebelumnya.

3. Wahana terbang sudah memiliki sistem pengambilan gambar yang baik.
4. Resolusi pengambilan gambar sudah sangat kecil yang mencapai 1,4cm/piksel jika dibandingkan dengan citra satelit.
5. Penggunaan gimbal membuat kamera menjadi lebih stabil.

Setelah menyelesaikan laporan perancangan Pesawat Tanpa Awak jenis *Fixed Wing* ini. Demi perbaikan dan perkembangan Pesawat Tanpa Awak ini, maka ada beberapa poin saran yang kami usulkan diantaranya:

1. Perlu adanya Antena tracker agar sinyal komunikasi telemetri tidak terputus pada saat penerbangan.
2. Penggunaan Styrofoam masih sangat berat, lebih baik menggunakan material *FullComposite FiberGlass*. Selain itu penggunaan *FullComposite FiberGlass* sangat kuat dan aerodinamis pesawat sangat baik.
3. *Fixed Wing* disarankan memiliki ketahanan terhadap cuaca hujan dengan cara merancang mekanik dudukan servo dan motor sehingga elektronik dibagian luar pesawat terhindar dari hujan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. I. Utomo, "Analisis Citra Drone Untuk Monitoring Kesehatan Tanaman Kelapa Sawit," *J. Agroteknose*, vol. VIII, no. II, pp. 8–15, 2017.
- [2] A. S. Laliberte and A. Rango, "Texture and scale in object-based analysis of subdecimeter resolution unmanned aerial vehicle (UAV) imagery," *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol. 47, no. 3, pp. 1–10, 2009.
- [3] L. Zhao, S. Yin, L. Liu, Z. Zhang, and S. Wei, "A crop monitoring system based on wireless sensor network," *Procedia Environ. Sci.*, vol. 11, pp. 558–565, 2011.
- [4] R. Shofiyanti, "Teknologi Pesawat Tanpa Awak Untuk Pemetaan Dan Pemantauan Tanaman Dan Lahan Pertanian," *Inform. Pertan.*, vol. 20, no. 2, pp. 58–64, 2011.
- [5] L. Wang, G. Zhang, Z. Wang, J. Liu, J. Shang, and L. Liang, "Remote Sensing, Bibliometric Analysis of Remote Sensing Research Trend in Crop Growth Monitoring: A Case Study in China," *Remote Sens.*, Vol. 11, p. 809, 2019.
- [6] F. Remondino, L. Barazzetti, F. Nex, M. Scaioni, and D. Sarazzi, "Annals of Surgery," *International Conference on Unmanned Aerial Vehicle in Geomatics (UAV-G)*, pp. 25–31, 2011.
- [7] T. Suzuki, T. Hashizume, and S. Suzuki, "The Easy Building Measurement by Utilizing Small Autonomous Flying Robot (UAV)," *International Building Construction Planning*, pp. 65–69, 2012.
- [8] R. Dunford, K. Michel, M. Gagnage, H. Piégay, and M. L. Trémelo, "Potential and Constraints of Unmanned Aerial Vehicle Technology for the Characterization of Mediterranean Riparian Forest," *International Journal of Remote Sensing*, pp. 4915–4935, 2013.
- [10] H. A. M. Chao, Y. Han, Y. Chen, and M. McKee, "AggieAir: Towards Low-cost Cooperative Multispectral Remote Sensing

- Using Small Unmanned Aircraft Systems,” *Adv. Geosci. Remote Sens.*, 2012.
- [11] L. Pesonen, J. Mäkynen, P. Litkey, L. Pölonen, J. Kaivosoja, H. Saari, T. Hakala, “Processing and Assessment of Spectrometric, Stereoscopic Imagery Collected Using a Lightweight UAV Spectral Camera for Precision Agriculture,” *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 5, no. 10, pp. 5006–5039, 2013.
- [12] G. D. Pearse, J. P. Dash, H. S. Dungey, M. S. Watt, and M. Heaphy, “Assessing very high resolution UAV imagery for monitoring forest health during a simulated disease outbreak,” *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 131, pp. 1–14, 2017.