

**RANCANG BANGUN *QUADCOPTER* UNTUK PENCARIAN
RUTE OPTIMUM PADA KEBAKARAN LAHAN GAMBUT
MENGUNAKAN METODE *PARTICLE
SWARM OPTIMIZATION***

SKRIPSI

Oleh:
SYAIFUDIN ANSHORI
NIM. 12650006



**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2016**

**RANCANG BANGUN *QUADCOPTER* UNTUK PENCARIAN RUTE
OPTIMUM PADA KEBAKARAN LAHAN GAMBUT
MENGUNAKAN METODE *PARTICLE*
*SWARM OPTIMIZATION***

SKRIPSI

Diajukan kepada:
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)
Oleh :

SYAIFUDIN ANSHORI
NIM. 12650006

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK BRAHIM
MALANG
2016**

LEMBAR PERSETUJUAN

LEMBAR PERSETUJUAN

RANCANG BANGUN *QUDCOPTER* UNTUK PENCARIAN RUTE
OPTIMUM PADA KEBAKARAN LAHAN GAMBUT
MENGUNAKAN METODE *PARTICLE*
SWARM OPTIMIZATION

SKRIPSI

Oleh :
Syaifudin Anshori
NIM. 12650006

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal: 20 September 2016

Pembimbing I,

Pembimbing II,


Fachrul Kurniawan, M.MT
NIP.19771020 200912 1 001


Hani Nurhayati, M.T
NIP. 19780625 200801 2 006

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang


Dr. Cahyo Crysdian

NIP. 19740424 200901 1 008

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PENGESAHAN

RANCANG BANGUN *QUADCOPTER* UNTUK PENCARIAN RUTE
OPTIMUM PADA KEBAKARAN LAHAN GAMBUT
MENGUNAKAN METODE *PARTICLE*
SWARM OPTIMIZATION

SKRIPSI

Oleh :

Syaifudin Anshori
NIM. 12650006

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)
Tanggal: 24 Nopember 2016

Penguji Utama	: <u>Fresy Nugroho, M.T</u> NIP. 19710722 201101 1 001	(.....)
Ketua Penguji	: <u>Dr. Muhammad Faisal, M.T</u> NIP. 19740510 200501 1 007	(.....)
Sekretaris Penguji	: <u>Fachrul Kurniawan, M.MT</u> NIP. 19771020 200912 1 001	(.....)
Anggota Penguji	: <u>Hani Nurhayati, M.T</u> NIP. 19780625 200801 2 006	(.....)

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang



Dr. Cahyo Crysdiyan
NIP. 19740424 200901 1 008

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Syaifudin Anshori
NIM : 12650006
Jurusan : Teknik Informatika
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Skripsi : Rancang Bangun *Quadcopter* Untuk Pencarian Rute Optimum
Pada Kebakaran Lahan Gambut Menggunakan Metode *Particle
Swarm Optimization*

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 20 September 2016
Yang membuat pernyataan



Syaifudin Anshori
NIM. 12650006

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah SWT yang memberikan kekuatan kepada saya hingga bisa sampai menyelesaikan kuliah S1 di kampus hijau tercinta. Sholawat serta salam kepada Nabi Muhammad SAW, yang membawa petunjuk terbaik kepada seluruh umat manusia.

Terima kasih kepada Nenek tercinta Ibu Alfiyah dan kedua orang tua saya, Ayah saya, Bapak Sukar yang mendidik saya hingga sekarang bisa menyelesaikan kuliah saya, Ibu saya tercinta, Nurul Faizah yang tiap hari mendo'akan saya, mendukung saya dalam melangkah, menemani saya setiap saat, mendidik saya dari lahir hingga mampu menyelesaikan segala kewajiban saya dibangku pendidikan. Kepada adik saya tercinta, Azzah Nurlaela Zen, Fawaz Muzaki, semoga tercapai segala yang dicita-citakan.

Terima kasih kepada dosen-dosen yang telah sabar dan ikhlas dalam mendidik saya hingga mampu melewati seluruh ujian dari semua mata kuliah yang saya tempuh, terutama kepada Bapak Fachrul Kuriawan, M.MT dan Ibu Hani Nurhayati, M.T, semoga ilmu yang beliau amalkan berguna bagi seluruh mahasiswa dan semoga beliau diberikan kekuatan oleh Allah dalam berjihad didunia pendidikan hingga melahirkan anak didik yang mampu mengamalkan segala ilmu yang telah diberikan.

Terima kasih kepada seluruh teman-teman saya yang telah menemani saya selama kuliah, mendukung saya, membantu saya, men-*support* saya setiap saat. Khususnya kepada Ust. Bayu Chandra Setiawan, S.Pd.I, dan teman-teman Majelis Ta'lim dan Dzikir Jagad Sholawat, terima kasih atas bimbingan moral, mental dan spiritual yang telah diberikan, semoga kita mampu menjadi insan yang senantiasa

berfikir dan berdzikir untuk mewujudkan segala cita-cita yang kita impikan.
Amin.



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Segala puji bagi Allah SWT tuhan semesta alam, karena atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi dengan baik dan lancar. Shalawat serta salam selalu tercurah kepada tauladan terbaik Nabi Muhammad SAW yang telah membimbing umatnya dari zaman kebodohan menuju islam yang *rahmatan lil alamiin*.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, banyak pihak yang telah memberikan bantuan baik secara moril, nasihat dan semangat maupun materiil. Atas segala bantuan yang telah diberikan, penulis ingin menyampaikan doa dan ucapan terimakasih yang sedalam-dalamnya kepada:

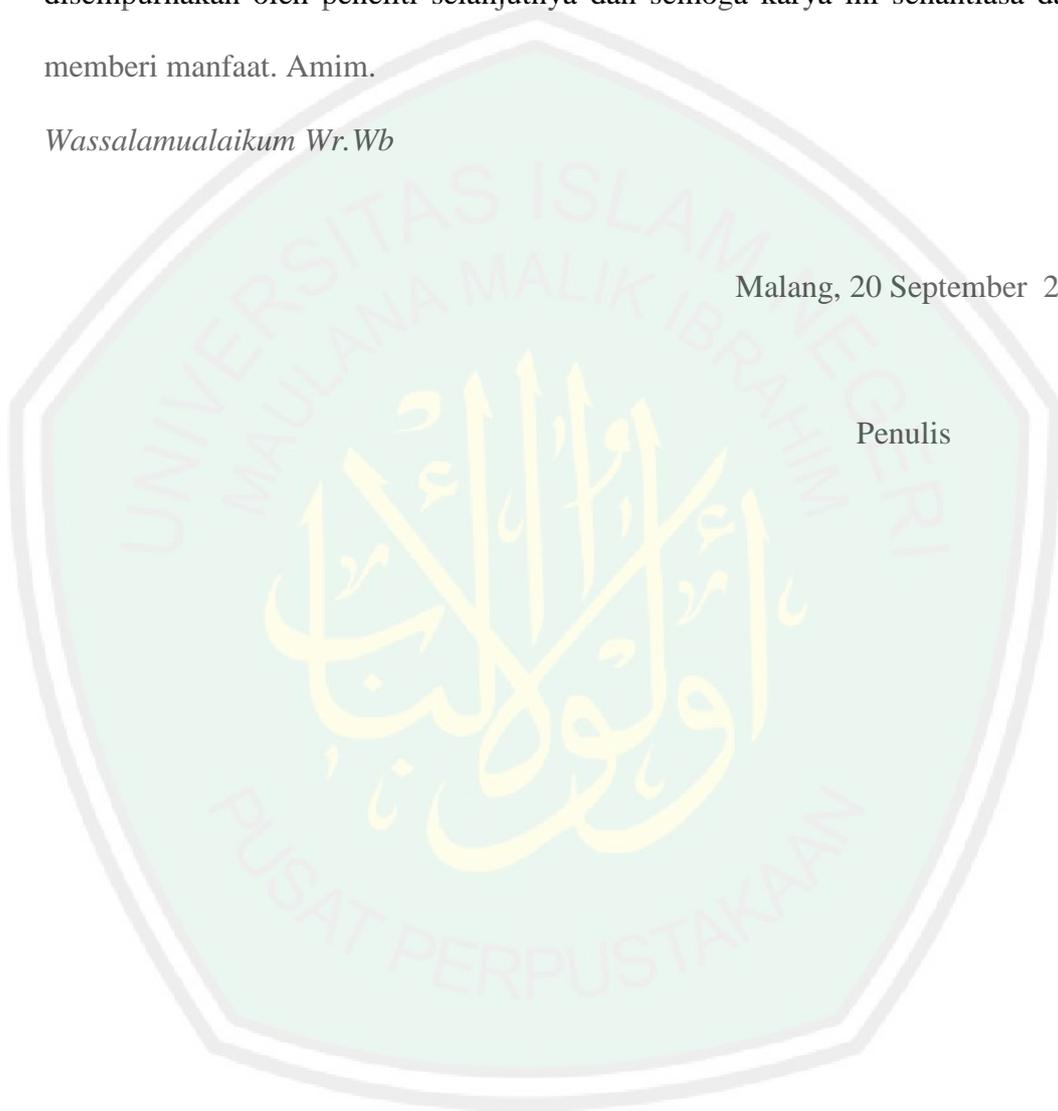
1. Bapak Dr. Cahyo Crysdiان, selaku ketua jurusan teknik informatika yang telah memberikan motivasi untuk terus berjuang.
2. Bapak Fachrul Kurniawan, M.MT, selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu untuk membimbing, mengarahkan dan memberi masukan kepada penulis dalam pengerjaan skripsi ini hingga akhir.
3. Ibu Hani Nurhayati, M.T, selaku dosen pembimbing II yang senantiasa memberi masukan dan nasihat serta petunjuk dalam penyusunan skripsi ini.
4. Segenap dosen teknik informatika yang telah memberikan bimbingan keilmuan kepada penulis selama masa studi.
5. Teman-teman seperjuangan Teknik Informatika angkatan 2012.
6. Teman-teman komunitas otomasi dan robotika (ONTA) UIN Malang.

Berbagai kekurangan dan kesalahan mungkin pembaca temukan dalam penulisan skripsi ini, untuk itu penulis menerima segala kritik dan saran yang membangun dari pembaca sekalian. Semoga apa yang menjadi kekurangan bisa disempurnakan oleh peneliti selanjutnya dan semoga karya ini senantiasa dapat memberi manfaat. Amim.

Wassalamualaikum Wr.Wb

Malang, 20 September 2016

Penulis



MOTTO

“Jika kamu tidak lelah berarti kamu tidak sedang memperjuangkan apapun dalam hidupmu”

“Barang siapa yang melepaskan satu kesusahan seorang mukmin, pasti Allah akan melepaskan darinya satu kesusahan pada hari kiamat.

Barang siapa yang menjadikan mudah urusan orang lain, pasti Allah akan memudahkannya di dunia dan di akhirat”

(HR. Bukhori)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vii
MOTTO.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
ABSTRAK.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	5
2.1 Lahan Gambut (<i>Peat Fire</i>).....	5
2.1.1 Proses Terbentuknya Lahan gambut.....	5
2.1.2 Persebaran Lahan Gambut.....	7
2.1.3 Kerusakan Lahan Gambut.....	8
2.2 <i>Particle Swarm Optimization</i> (PSO).....	9
2.3 Quadcopter (Drone).....	15
2.3.1 Sistem Gerak Quadcopter.....	17
2.3.2 Konsep Kendali Dan Anatomi Quadcopter.....	18
2.4 Mikrokontroler.....	19
2.4.1 Fitur Mikrokontroler Atmega328.....	21
2.4.2 Arduino.....	24
2.4.3 Kelebihan Arduino.....	25
2.4.4 Bahasa Pemrograman.....	25
2.4.5 Spesifikasi Arduino.....	26
2.4.6 Sensor.....	27
2.5 Sistem Informasi Geografis.....	28
2.6 Penelitian Terkait.....	32
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	35
3.1 Gambaran Sistem.....	35
3.2 Desain Sistem.....	35
3.2.1 Pembuatan Drone.....	36
3.2.2 Pembuatan Sistem Visualisasi Mapping.....	38
3.2.3 Alur Kerja Sistem.....	39
3.2.3.1 Input.....	40
3.2.3.2 Proses.....	41
3.2.3.3 Output.....	41
3.3 Prosedur Penelitian.....	42
3.3.3 Kebutuhan Jenis Quadcopter.....	44

3.3.4	Kebutuhan Komponen Hardware.....	45
3.3.5	Kebutuhan Komponen Elektronik.....	46
3.3.6	Kebutuhan Komponen Software.....	54
3.4	Rancangan Implementasi Metode.....	55
3.5	Sistem Kontrol.....	58
3.6	Desain Visual Robot.....	59
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		61
4.1	Kebutuhan Komponen <i>Hardware</i> dan <i>Software</i>	61
4.2	Pengujian Software.....	62
4.3	Pengujian Hardware.....	63
4.3.1	Pengujian sensor.....	65
4.3.1.1	Pengujian Sensor Suhu.....	67
4.3.1.2	Pengujian Sensor Gas.....	68
4.3.1.3	Pengujian GPS.....	70
4.4	Uji Terbang.....	70
4.5	Hasil Implementasi Algoritma PSO.....	72
4.5	Pengujian Sistem.....	73
4.6	Integrasi Dengan Islam.....	76
BAB V PENUTUP.....		80
5.1	Kesimpulan.....	80
5.2	Saran.....	80
DAFTAR PUSTAKA.....		81
LAMPIRAN.....		84

PUSAT PERPUSTAKAAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sebaran tanah Gambut Di Seluruh Dunia.....	7
Gambar 2.2 Architecture ATmega328.....	22
Gambar 2.3 Arduino UNO.....	26
Gambar 3.1 Perakitan Drone.....	36
Gambar 3.2 Flowchart Alur Sistem.....	40
Gambar 3.3 Alur Sistem.....	42
Gambar 3.4 Prosedur Penelitian.....	43
Gambar 3.5 Quadcopter.....	44
Gambar 3.6 Frame.....	45
Gambar 3.7 Baling-Baling 10 x 4.5.....	46
Gambar 3.8 APM.....	47
Gambar 3.9 Motor Brushless 930 KV.....	48
Gambar 3.10 ESC Turnigy Plush 18A.....	48
Gambar 3.11 Batrei Li-Po 5000 mAh.....	49
Gambar 3.12 Remot Kontrol (<i>receiver</i> dan <i>transmitter</i>).....	50
Gambar 3.13 Yi Cam Action Camera.....	50
Gambar 3.14 Gimbal kamera.....	51
Gambar 3.15 FPV.....	52
Gambar 3.16 Atmega328.....	52
Gambar 3.17 Sensor Suhu LM35.....	53
Gambar 3.18 Sensor Gas MQ2.....	54
Gambar 3.19 Sistem Kontrol.....	59
Gambar 3.20 Desain Visual Robot Quadcopter.....	60
Gambar 4.1 Hasil Kalibrasi Remot dengan Drone.....	62
Gambar 4.2 Hasil Seting mode penerbangan.....	63
Gambar 4.3 Tampilan Hardware.....	64
Gambar 4.4 Hasil Uji Coba Deteksi Sensor.....	66
Gambar 4.5 Hasil Uji Coba Sensor Suhu.....	67
Gambar 4.6 Hasil Uji coba Sensor Gas.....	69
Gambar 4.7 Hasil Uji Coba GPS.....	70
Gambar 4.8 Uji Terbang Sesuai simulasi Di Lapangan.....	71
Gambar 4.9 Menentukan Koordinat GPS.....	72
Gambar 4.10 Hasil Pengujian Sistem.....	75

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Tabel Koordinat 74



ABSTRAK

Anshori, Syaifudin. 2016. **Rancang Bangun *Quadcopter* Untuk Pencarian Rute Optimum Pada Kebakaran Lahan Gambut Menggunakan Metode *Particle Swarm Optimization***. Skripsi. Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing (I) Fachrul Kurniawan, M.MT (II) Hani Nurhayati, M.T

Kata Kunci : *Particle Swarm Optimization*, Mikrokontroler Atmega328, *Quadcopter*, Sistem Informasi Geografis, *Peat Fire*.

Penelitian ini bertujuan untuk membuat *quadcopter* yang dapat mencari rute optimum pada pemadaman titik kebakaran lahan gambut dengan menggunakan algoritma *particle swarm optimization* (PSO). Dengan model pengambilan jenis data yang didapatkan dari GPS untuk mencari koordinat dapat diidentifikasi menjadi sebuah titik kebakaran api pada lahan gambut. *Quadcopter* sengaja dirancang agar dapat digunakan sebagai media untuk melakukan penelitian ini dengan melakukan survey lokasi kebakaran gambut yang didalamnya telah dilengkapi *microkontroller* Atmega328 untuk mengontrol sensor suhu dan gas yang menjadi inputan pada GPS agar menyimpan koordinat ketika kedua sensor tersebut mengidentifikasi adanya suhu panas dan gas yang dikonversi menjadi asap. Inputan koordinat *longitude*, *latitude* tersebut selanjutnya akan di masukan kedalam sistem yang telah dibuat untuk dilakukan perhitungan sesuai data yang telah dimasukan dengan menggunakan algoritma *particle swarm optimization*. Output dari hasil penelitian ini adalah berupa rute atau jalur optimum tercepat dan terbaik untuk memadamkan titik api pada kebakaran lahan gambut yang berbasis *Geographic Information System* Sehingga pemadaman api dapat diminimalisir dengan cepat dan efisien dalam waktu singkat.

ABSTRACT

Anshori, Syaifudin. 2016. **Quadcopter Design For Search Optimum Route These On Peatland Fires Using Method Particle Swarm Optimization. Thesis.** Computer Science Department. Faculty of Science and Technology. Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang.
Advisor: (I) Fachrul Kurniawan, M.MT (II) Hani Nurhayati, M.T

Keywords: *Particle Swarm Optimization*, microcontroller ATmega328, Quadcopter, *Geographic Information Systems*, peatlands.

This research aims to make *quadcopter* that can search for the optimum route at the point of extinguishing peat fires by using an algorithm *particle swarm optimization* (PSO). By making model types of data obtained from GPS coordinates to find it can be identified into a flame fires on peatlands. *Quadcopter* deliberately designed to be used as a medium to conduct this research by conducting site surveys peat fires in it has been equipped *microcontroller ATmega328* to control the temperature sensors and gas being input to the GPS in order to save the coordinates when the sensor identifies their heat and gas converted into smoke. Input the coordinates of *longitude*, *latitude* will then be input into the system that has been created to be calculated according to the data that has been entered by using *particle swarm optimization* algorithm. The output of this research is in the form of optimum route or track the fastest and best to extinguish fires on peat fire-based *Geographic Information System* So extinguishing the fire can be minimized with a fast and fuel-efficient in a short time.

ملخص

الان شوري، الدين سيف. ٢٠١٦. علمى هذه بحث أفضلى للمحصول كوادكوب تترت صميم الجسميات سربت تحسين طريق عن الخث أراضي حرائق الطريقة. البحث الجامعي. قسم الهندسة المعلوماتية. كلية العلوم والتكنولوجيا. جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف: فحرالكرن يوان ، الماجستير ونوره ياتي ، الماجستير

كلمات أساسية: تحسين سرب الجسميات، معين صغير أتمغا ٣٢٨ ، مروحية رباعية، نظام معلومات جغرافية، جفت النار.

يهدف البحث لصنع مروحية رباعية التي تستطيع أن تبحث عن سبيل أجد في انقراض نقاط الحريق في أراضي الخث باستخدام ألغورتما تحسين سرب الجسميات. وتمط أخذ نوع البيانات من نظام تحديد المواقع لبحث عن تنسيق محدد ليكون نقاط الحريق في أراضي الخث. صنع مروحية رباعية كي تستخدم كوسيلة تنسيق هذا البحث بمسح موقع حريق الخث وفيها معين صغير أتمغا ٣٢٨ لتعيين رقابة درجة الحرارة وغاز الذين يكونان مساهمة في نظام تحديد المواقع كي يدخر التنسيق حينما تحدد رقابتان درجة الحرارة وغاز الذان يتحولان إلى دخان. مساهمة خط الطول وخط العرض يدخلان النظام المصنوع ليحسب حسب البيانات باستخدام ألغورتما تحسين سرب الجسميات. إنتاج البحث السبيل الأجد والأسرع لانقراض نقاط النار في حريق أراضي الخث باعتماد على نظام المعلومات الجغرافية حتى يكون انقراض النار بالسرعة والاقتصادية في وقت مختصر.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebakaran merupakan suatu ancaman bencana yang dapat merugikan banyak pihak dan berpotensi terhadap kematian yang cukup besar sehingga memerlukan perhatian akan keselamatan masyarakat. Namun sampai saat ini penanganan terhadap kebakaran di Indonesia masih memiliki berbagai kendala yang mengakibatkan kejadian kebakaran sering berakibat fatal dan berulang. Kerapnya terjadi kebakaran akhir-akhir ini juga dipicu oleh musim kering atau kemarau yang melanda daerah hutan tropis seperti di Indonesia. Sedangkan minimnya penanggulangan kebakaran itu sendiri disebabkan oleh banyak hal. Seperti terlambatnya mobil pemadam kebakaran ke tempat kejadian perkara (TKP), terbatasnya mobil pemadam kebakaran, jauhnya sumber air, dan sulitnya akses ke tempat kejadian perkara atau lahan yang sulit dijangkau.

Hutan Indonesia merupakan hutan terluas ke-3 di dunia setelah Brazil dan Zaire. Luas hutan di Indonesia diperkirakan mencapai 120,35 juta hektar atau sekitar 63 persen luas daratan. Penyebaran hutan di Indonesia hampir berada di seluruh wilayah nusantara, termasuk Provinsi Riau. Sebagian besar wilayah hutan Provinsi Riau merupakan lahan gambut yang sangat berpotensi untuk menimbulkan kebakaran hutan. Dari luasan total lahan gambut di dunia sebesar 423.825.000 ha, sebanyak 38.317.000 ha terdapat di wilayah tropika. Sekitar 50% dari luasan lahan gambut tropika tersebut terdapat di Indonesia yang tersebar di pulau-pulau Sumatra, Kalimantan, dan Papua, sehingga

Indonesia menempati urutan ke-4 dalam hal luas total lahan gambut sedunia, setelah Kanada, Uni Soviet, dan Amerika Serikat. Indonesia memiliki lahan gambut terluas diantara negara tropis lainnya, yaitu sekitar 21 juta ha, yang tersebar luas terutama di pulau Sumatera, Kalimantan dan Papua. Lahan gambut Riau menempati urutan ke-2 terbanyak setelah provinsi Papua.

Lahan gambut (*Peat Fire*) terbentuk dari timbunan sisa-sisa tanaman yang telah mati, baik yang sudah lapuk maupun belum. Timbunan terus bertambah karena proses dekomposisi terhambat oleh kondisi *anaerob* dan atau kondisi lingkungan lainnya yang menyebabkan rendahnya tingkat perkembangan *biota* pengurai. Pembentukan tanah gambut merupakan proses *geogenik* yaitu pembentukan tanah yang disebabkan oleh proses *deposisi* dan tranportasi, berbeda dengan proses pembentukan tanah mineral yang pada umumnya merupakan proses *pedogenik*. Oleh karena itu, gambut sering kali menjadi pemicu kebakaran hutan sangat rawan terjadi ketika musim kemarau. Sebuah kebakaran yang terjadi di alam liar juga dapat memusnahkan rumah-rumah dan lahan pertanian disekitarnya.

Dengan perkembangan teknologi saat ini *Drone* atau mesin terbang tanpa awak menyerupai pesawat yang dikontrol melalui kendali jarak jauh atau *autopilot* saat ini mulai populer untuk pengguna secara umum dan luas. Teknologi *multi-tasking* yang awalnya digunakan hanya untuk kepentingan di bidang militer, kini mulai dilirik untuk fungsi-fungsi lain. Fungsi istimewa yang dimiliki *drone* menyebabkan penggunaannya mulai melebar ke bidang fotografi udara, jurnalisme, hingga riset. Untuk kelas fotografi udara juga

sudah sangat beragam jenisnya, mulai pengambilan video dan foto, *monitoring*, hingga penggunaan untuk sistem informasi geografis (SIG).

1.2 Rumusan Masalah

Penelitian ini dilakukan karena adanya kesulitan untuk membuat rute yang optimal pada pemadaman kebakaran lahan gambut yang dapat memicu terjadinya pusat persebaran titik api sehingga penelitian ini dilakukan untuk melakukan suatu simulasi pencarian persebaran titik api dengan menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization* sebagai upaya untuk menentukan rute pemadaman kebakaran dengan cepat dan efisien.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk memetakan (*mapping*) dan membuat jalan pemadaman ke titik api.
2. Untuk memanfaatkan drone sebagai alat pendeteksi titik kebakaran lahan gambut berbasis sistem informasi geografis.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah untuk mengoptimasi rute pemadaman titik api pada lahan gambut sehingga upaya untuk menanggulangi penyebab meluasnya kebakaran hutan dapat di minimalisasi dengan baik dan cepat. Dengan penggunaan teknologi *drone* maka dapat dilakukan pemantauan dan evaluasi diarahkan untuk memetakan titik api yang ada di sekitar kebakaran *peat fire* guna meminimalkan atau menghilangkan sumber api di lapangan.

1.5 Batasan Masalah

Untuk menghindari meluasnya permasalahan yang ada, serta keterbatasan ilmu dan kemampuan yang dimiliki penulis maka:

1. Simulasi kebakaran dibuat di lapangan sebagai pengganti lahan gambut.
2. Radius penerbangan pesawat tanpa awak *drone* hanya mencapai 500 m sampai dengan 1 km.
3. Sensor yang digunakan untuk mendeteksi asap dan panas masih terbatas sekitar 1 sampai 3 m.



BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Lahan Gambut (*Peat Fire*)

Lahan gambut adalah jenis tanah yang terbentuk dari vegetasi pepohonan yang mengalami dekomposisi tidak sempurna digenangi air sehingga kondisinya anaerobik. Material organik tersebut terus menumpuk dalam waktu lama sehingga membentuk lapisan-lapisan dengan ketebalan lebih dari 50 cm. Tanah jenis banyak dijumpai di daerah-daerah jenuh air seperti rawa, cekungan, atau daerah pantai (Sutris Asatri, 2013).

Sebagian besar tanah gambut masih berupa hutan yang menjadi habitat tumbuhan dan satwa langka. Hutan gambut mempunyai kemampuan menyimpan karbon dalam jumlah yang besar. Karbon tersimpan mulai dari permukaan hingga di dalam tanah, mengingat kedalamannya bisa mencapai lebih dari 10 meter.

Tanah gambut memiliki kemampuan menyimpan air hingga 13 kali dari bobotnya. Oleh karena itu perannya sangat penting dalam hidrologi, seperti mengendalikan banjir saat musim penghujan dan mengeluarkan cadangan air saat kemarau panjang. Kerusakan yang terjadi pada lahan gambut bisa menyebabkan bencana bagi daerah sekitarnya.

2.1.1 Proses Terbentuknya Lahan Gambut

Lahan gambut terdiri dari sisa-sisa pohon, rerumputan, lumut dan binatang yang telah mati baik yang sudah lapuk maupun belum. Tanah gambut biasanya terbentuk di lingkungan yang basah. Proses

dekomposisi di tanah gambut terhambat karena kondisi anaerob yang menyebabkan sedikitnya jumlah organisme pengurai.

Lapisan-lapisan tanah gambut terbentuk dalam jangka waktu yang panjang yaitu sekitar 10.000-5.000 tahun yang lalu. Hutan gambut di Indonesia diduga terbentuk sejak 6.800-4.200 tahun. Semakin dalam tanah gambut semakin tua umurnya. Laju pembentukan tanah gambut berkisar 0-3 mm per tahun.

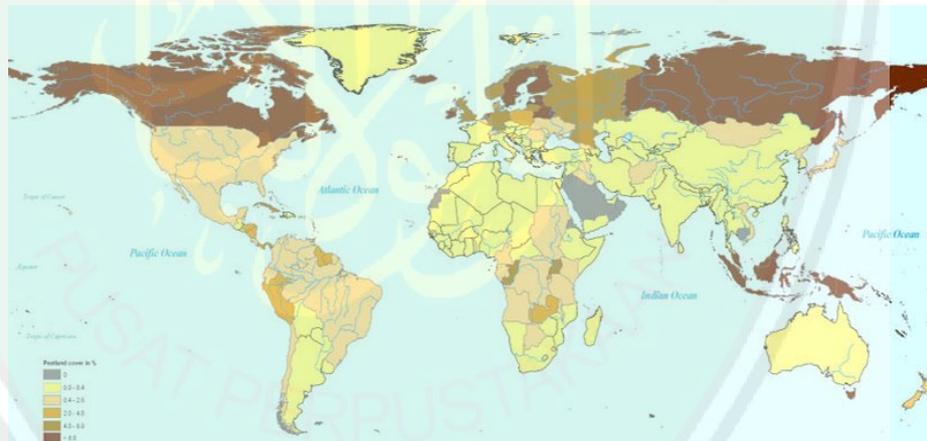
Proses pembentukan gambut dimulai dari danau yang dangkal yang ditumbuhi tanaman air dan vegetasi lahan basah lainnya. Tumbuhan air yang mati kemudian melapuk dan membentuk lapisan organik di dasar danau. Lapisan demi lapisan terbentuk di atas tanah mineral di dasar danau, lama kelamaan danau menjadi penuh dan terbentuklah lapisan gambut. Lapisan gambut yang memenuhi danau tersebut disebut gambut topogen.

Tumbuhan masih bisa tumbuh dengan subur di atas tanah gambut topogen. Hasil pelapukan tumbuhan tersebut akan membentuk lapisan baru yang lebih tinggi dari permukaan air danau semula. Membentuk lapisan gambut yang cembung seperti kubah. Tanah gambut yang tumbuh di atas gambut topogen adalah gambut ombrogen. Jenis tanah gambut ini lebih rendah kesuburannya dibanding gambut topogen. Pembentukannya lebih ditentukan oleh air hujan yang mempunyai efek pencucian (*bleaching*) sehingga miskin mineral.

2.1.2 Persebaran Lahan Gambut

Menurut keterangan *Wetlands International*, setengah dari luas lahan basah di bumi ini berupa lahan gambut. Proporsinya mencapai 3% dari total daratan yang ada. Meski terbilang kecil, lahan gambut menyimpan cadangan karbon dua kali lebih besar dari semua hutan yang ada. Lahan gambut bisa ditemukan di hampir semua negara, mulai dari iklim kutub, sub tropis hingga tropis.

Contoh hutan gambut yang luas ada di wilayah Rusia, Kanada dan Amerika Serikat. Selain itu terdapat juga lahan gambut tropis yang ada di Asia Tenggara. Lahan gambut tropis juga ditemukan dalam skala lebih kecil di Amerika Latin, Afrika dan Karibia.



Gambar 2.1. Sebaran tanah gambut di seluruh dunia (Gambar: *Wetland International*)

Asia Tenggara merupakan tempat lahan gambut tropis terluas, sekitar 60% gambut tropis atau sekitar 27 juta hektar terletak di kawasan ini. Lahan gambut di Asia Tenggara meliputi 12% total luas daratannya. Sekitar 83% lahan gambut di Asia Tenggara masuk dalam

wilayah Indonesia, yang sebagian besar tersebar di Pulau Sumatera, Kalimantan dan Papua. Lahan gambut di Indonesia mempunyai ketebalan 1 hingga 12 meter, bahkan di tempat tertentu bisa mencapai 20 meter.

2.1.3 Kerusakan lahan Gambut

Kerusakan lahan gambut banyak terjadi karena aktivitas manusia, misalnya konversi hutan gambut menjadi lahan pertanian, perkebunan dan kehutanan. Lahan gambut di Asia Tenggara, termasuk Indonesia, mengalami laju kerusakan tertinggi. Kerusakan terbesar diakibatkan oleh konversi lahan untuk perkebunan kelapa sawit dan pulp.

Kerusakan lahan gambut diawali dengan proses pembabatan hutan (*land clearing*). Proses selanjutnya adalah pengeringan lahan yang bertujuan untuk mengeluarkan air yang terkandung dalam tanah gambut. Caranya dengan membuat parit atau saluran drainase agar air mengalir keluar.

Proses pengeringan ini menyebabkan turunnya permukaan tanah gambut. Sehingga pohon-pohon yang terdapat di permukaan tanah tidak bisa tegak dengan kuat karena akarnya menyembul. Banyak pohon yang roboh di atas tanah gambut yang tidak sehat.

Pengeringan pada tanah gambut mempunyai karakteristik tidak dapat kembali (*irreversible*). Sekali air dikeluarkan, gambut akan kehilangan sebagian kemampuannya untuk menyimpan air. Hal ini

membuat tanah gambut menjadi kering. Di musim kemarau akan rawan kebakaran. Proses kebakaran hutan gambut merupakan pelepasan karbon dalam jumlah besar ke atmosfer dan memusnahkan keanekaragaman hayati hutan. Sebaliknya di musim hujan hutan tidak bisa menyerap air dengan baik yang menyebabkan bencana banjir.

Tanah gambut menyimpan 550 G ton karbon, jumlah ini setara dengan 75% karbon yang ada di atmosfer, dua kali jumlah karbon yang dikandung seluruh hutan non-gambut dan sama dengan jumlah karbon dari seluruh biomassa yang ada di bumi (Joosten, 2007, dalam Agus dan Subiksa, 2008). Bahaya dari rusaknya lahan gambut tidak hanya dirasakan secara lokal dan regional saja, melainkan berkontribusi pada bencana global perubahan iklim. Emisi karbon bisa terlepas saat konversi lahan gambut, mulai dari pembabatan vegetasi, kebakaran hutan, hingga proses dekomposisi gambut akibat kegiatan pertanian.

2.2 Particle Swarm Optimization (PSO)

Particle Swarm Optimization (PSO) didasarkan pada perilaku sekawanan burung atau ikan. Algoritma PSO meniru perilaku sosial organisme ini. Perilaku sosial terdiri dari tindakan individu dan pengaruh dari individu-individu lain dalam suatu kelompok. Kata partikel menunjukkan, misalnya, seekor burung dalam kawanan burung. Setiap individu atau partikel berperilaku dengan cara menggunakan kecerdasannya (*intelligence*) sendiri dan juga dipengaruhi perilaku kelompok kolektifnya. Dengan demikian, jika

satu partikel atau seekor burung menemukan jalan yang tepat atau pendek menuju ke sumber makanan, sisa kelompok yang lain juga akan dapat segera mengikuti jalan tersebut meskipun lokasi mereka jauh di kelompok tersebut.

Perilaku seekor hewan dalam kawanan (*swarm*) dipengaruhi perilaku individu dan juga kelompoknya.

Dalam *Particle Swarm Optimization* (PSO), kawanan diasumsikan mempunyai ukuran tertentu dengan setiap partikel posisi awalnya terletak di suatu lokasi yang acak dalam ruang multidimensi. Setiap partikel diasumsikan memiliki dua karakteristik: posisi dan kecepatan. Setiap partikel bergerak dalam ruang/space tertentu dan mengingat posisi terbaik yang pernah dilalui atau ditemukan terhadap sumber makanan atau nilai fungsi objektif. Setiap partikel menyampaikan informasi atau posisi terbaiknya kepada partikel yang lain dan menyesuaikan posisi dan kecepatan masing-masing berdasarkan informasi yang diterima mengenai posisi tersebut. Sebagai contoh, misalnya perilaku burung-burung dalam dalam kawanan burung. Meskipun setiap burung mempunyai keterbatasan dalam hal kecerdasan, biasanya ia akan mengikuti kebiasaan (rule) seperti berikut :

1. Seekor burung tidak berada terlalu dekat dengan burung yang lain
2. Burung tersebut akan mengarahkan terbangnya ke arah rata-rata keseluruhan burung

3. Akan memposisikan diri dengan rata-rata posisi burung yang lain dengan menjaga sehingga jarak antar burung dalam kawanan itu tidak terlalu jauh

Dengan demikian perilaku kawanan burung akan didasarkan pada kombinasi dari 3 faktor simpel berikut:

- Kohesi – Terbang bersama
- Separasi – Jangan terlalu dekat
- Penyesuaian (*alignment*) - mengikuti arah bersama

Jadi PSO dikembangkan dengan berdasarkan pada model berikut:

1. Ketika seekor burung mendekati target atau makanan (atau bisa *minimum* atau *maximum* suatu fungsi tujuan) secara cepat mengirim informasi kepada burung-burung yang lain dalam kawanan tertentu
2. Burung yang lain akan mengikuti arah menuju ke makanan tetapi tidak secara langsung
3. Ada komponen yang tergantung pada pikiran setiap burung, yaitu memorinya tentang apa yang sudah dilewati pada waktu sebelumnya.

Pada algoritma PSO ini, pencarian solusi dilakukan oleh suatu populasi yang terdiri dari beberapa partikel. Populasi dibangkitkan secara random dengan batasan nilai terkecil dan terbesar. Setiap partikel merepresentasikan posisi atau solusi dari permasalahan yang dihadapi. Setiap partikel melakukan pencarian solusi yang optimal dengan melintasi ruang

pencarian (*search space*). Hal ini dilakukan dengan cara setiap partikel melakukan penyesuaian terhadap posisi terbaik dari partikel tersebut (*local best*) dan penyesuaian terhadap posisi partikel terbaik dari seluruh kawanan (*global best*) selama melintasi ruang pencarian. Jadi, penyebaran pengalaman atau informasi terjadi di dalam partikel itu sendiri dan antara suatu partikel dengan partikel terbaik dari seluruh kawanan selama proses pencarian solusi. Setelah itu, dilakukan proses pencarian untuk mencari posisi terbaik setiap partikel dalam sejumlah iterasi tertentu sampai didapatkan posisi yang relatif *steady* atau mencapai batas iterasi yang telah ditetapkan. Pada setiap iterasi, setiap solusi yang direpresentasikan oleh posisi partikel, dievaluasi performansinya dengan cara memasukkan solusi tersebut kedalam *fitness function*.

Setiap partikel diperlakukan seperti sebuah titik pada suatu dimensi ruang tertentu. Kemudian terdapat dua faktor yang memberikan karakter terhadap status partikel pada ruang pencarian yaitu posisi partikel dan kecepatan partikel [Kennedy and Eberhart, 1995].

Setiap partikel diperlakukan seperti sebuah titik pada suatu dimensi ruang tertentu. Kemudian terdapat dua faktor yang memberikan karakter terhadap status partikel pada ruang pencarian yaitu posisi partikel dan kecepatan partikel

Berikut ini merupakan formulasi matematika yang menggambarkan posisi dan kecepatan partikel pada suatu dimensi ruang tertentu :

$$X_i(t) = x_{i1}(t), x_{i2}(t), \dots, x_{iN}(t) \quad (1)$$

$$V_i(t) = v_{i1}(t), v_{i2}(t), \dots, v_{iN}(t) \quad (2)$$

dimana

X = posisi partikel

V = kecepatan partikel

i = indeks partikel

t = iterasi ke- t

N = ukuran dimensi ruang

Berikut ini merupakan model matematika yang menggambarkan mekanisme updating status partikel Kennedy and Eberhart [1995]:

$$V_i(t) = V_i(t-1) + c_1 r_1 (X_i^L - X_i(t-1)) + c_2 r_2 (X^G - X_i(t-1)) \quad (3)$$

$$X_i(t) = V_i(t) + X_i(t-1) \quad (4)$$

dimana

$X_{iL} = x_{i1L}, x_{i2L}, \dots, x_{iNL}$ merepresentasikan *local best* dari partikel ke- i .

Sedangkan $X^G = x_{i1G}, x_{i2G}, \dots, x_{iNG}$ merepresentasikan *global best* dari

seluruh kawan. Sedangkan c_1 dan c_2 adalah suatu konstanta yang bernilai

positif yang biasanya disebut sebagai *learning factor*. Kemudian r_1 dan r_2

adalah suatu bilangan random yang bernilai antara 0 sampai 1. Persamaan (3)

digunakan untuk menghitung kecepatan partikel yang baru berdasarkan

kecepatan sebelumnya, jarak antara posisi saat ini dengan posisi terbaik

partikel (*local best*), dan jarak antara posisi saat ini dengan posisi terbaik

kawan (*global best*). Kemudian partikel terbang menuju posisi yang baru

berdasarkan persamaan (4). Setelah algoritma PSO ini dijalankan dengan sejumlah iterasi tertentu hingga mencapai kriteria pemberhentian, maka akan didapatkan solusi yang terletak pada global best.

Perlu diingat bahwa posisi terbaik individu dan posisi terbaik kelompok perlu disimpan untuk keseluruhan iterasi

Model ini akan disimulasikan dalam ruang dengan dimensi tertentu dengan sejumlah iterasi sehingga di setiap iterasi, posisi partikel akan semakin mengarah ke target yang dituju (minimasi atau maksimasi fungsi). Ini dilakukan hingga maksimum iterasi dicapai atau bisa juga digunakan kriteria penghentian yang lain.

Algoritma PSO meliputi langkah berikut :

1. Bangkitkan posisi awal sejumlah partikel sekaligus kecepatan awalnya secara random.
2. Evaluasi fitness dari masing-masing partikel berdasarkan posisinya.
3. Tentukan partikel dengan fitness terbaik, dan tetapkan sebagai *Gbest*. Untuk setiap partikel, *Pbest* awal akan sama dengan posisi awal.

Ulangi langkah berikut sampai stopping criteria dipenuhi

1. Menggunakan *Pbest* dan *Gbest* yang ada, perbarui kecepatan setiap partikel menggunakan persamaan .3. Lalu dengan

kecepatan baru yang didapat, perbarui posisi setiap partikel menggunakan persamaan .4.

2. Evaluasi fitness dari setiap partikel.
3. Tentukan partikel dengan fitness terbaik, dan tetapkan sebagai *Gbest*. Untuk setiap partikel, tentukan *Pbest* dengan membandingkan posisi sekarang dengan *Pbest* dari iterasi sebelumnya.
4. Cek stopping criteria. Jika dipenuhi, berhenti. Jika tidak, kembali ke 1.

2.3 Quadcopter (*Drone*)

Quadcopter merupakan pesawat tanpa awak yang memiliki empat buah baling-baling sebagai penggeraknya (Hansson,2010). *Quadcopter* memiliki kelebihan mampu terbang ke segala arah, mengudara tanpa landasan panjang, serta bergerak secara 3 sumbu derajat kebebasan. Beberapa orang menggunakan quadcopter sendiri ditujukan untuk berbagai fungsi misalnya fotografi udara, pantauan video dari atas yang biasa digunakan saat pengevaluasian bencana alam, dan juga untuk pemantauan.

Quadcopter adalah salah satu *platform unmanned aerial vehicle* (UAV) yang saat ini banyak diriset karena kemampuannya melakukan *take-off* dan landing secara *vertical* dengan menggunakan empar baling-baling (Brescieni,2008)

Drone atau *Quadcopter* dapat dioperasikan tanpa menggunakan awak atau pilot. Berbeda dengan pesawat terbang yang pilotnya berada di dalam

kabin, pilot *drone* tetap berada di daratan dan hanya mengendalikan *drone* lewat fasilitas remote control. Hal inilah yang menyebabkan *drone* sering digunakan oleh pihak militer terutama untuk misi-misi yang memiliki resiko besar bagi pesawat yang dioperasikan oleh pilot (Luukonen,2011).

Meskipun pada awalnya hanya digunakan oleh pihak militer, saat ini penggunaan *drone* sudah semakin meluas. Selain pihak militer, *drone* juga biasanya digunakan oleh badan pemerintah terutama yang ada hubungannya dengan intelijen dan pertahanan. Saat ini, *drone* bahkan bisa digunakan oleh masyarakat awam. Secara garis besar, jenis *drone* dapat dibagi ke dalam dua kelompok utama yaitu *drone* militer dan *drone* komersial. *Drone* militer adalah jenis *drone* yang digunakan oleh pihak militer atau badan pemerintah sedangkan *drone* komersial adalah *drone* yang bisa dijual beli dan dapat digunakan oleh masyarakat awam.

Spesifikasi *drone* juga cukup bervariasi. Beberapa jenis *drone* dioperasikan dengan menggunakan tenaga surya sebagai sumber tenaganya. Sementara itu, beberapa jenis *drone* lainnya, terutama *drone* komersial, dioperasikan dengan menggunakan baterai. Fungsi *drone* juga bervariasi seperti pada *drone* militer atau *drone* yang digunakan oleh badan pemerintah biasanya digunakan untuk kegiatan intelijen. *Drone* juga bisa digunakan untuk memonitor daerah-daerah yang dianggap berbahaya. Beberapa badan pemerintah menggunakan *drone* untuk pemetaan lewat udara. *Drone* juga bisa digunakan untuk kepentingan penelitian seperti untuk memonitor arah angin (Miguel,2009).

Drone juga dapat digunakan untuk membawa berbagai barang. Beberapa tahun belakangan, *drone* sudah digunakan sebagai fasilitas untuk mengirim barang oleh beberapa perusahaan di Amerika Serikat. Penggunaan *drone* untuk mengirim barang secara tidak langsung cukup menjawab pertanyaan masyarakat tentang apa itu *drone* dan apa fungsi dari fasilitas yang satu ini. Karena ukuran *drone* yang digunakan untuk keperluan pengiriman barang relatif kecil, barang yang bisa dikirim dengan *drone* biasanya memiliki bobot yang tidak terlalu berat. Rata-rata *drone* yang digunakan untuk mengirim barang biasanya mampu membawa beban hingga 500 gram sampai 1 kilogram.

Selain digunakan untuk mengirim barang, *drone* juga sering digunakan dalam proses pembuatan film untuk mengambil gambar dengan menggunakan kamera dari ketinggian. Beberapa tahun belakangan, penggunaan *drone* untuk mengambil gambar dari ketinggian semakin populer dengan menjamurnya *trend selfie*. Beberapa *drone* komersial yang bisa dibeli di pasaran sudah memungkinkan Anda untuk menggunakan *drone* tersebut untuk mengambil foto dari ketinggian. Biasanya, *drone* yang digunakan untuk mengambil gambar video atau foto dari ketinggian dikendalikan dengan menggunakan remote control dan menggunakan baterai sebagai sumber tenaga.

2.3.1 Sistem Gerak Quadcopter

Quadcopter memiliki empat baling-baling penggerak yang diposisikan tegak lurus terhadap bidang datar. Masing-masing rotor

(baling-baling dan motor penggeraknya) menghasilkan daya angkat dan memiliki jarak yang sama terhadap pusat massa pesawat. Dengan daya angkat masing-masing rotor sebesar lebih dari seperempat berat keseluruhan, memungkinkan *quadcopter* untuk terbang.

2.3.2 Konsep Kendali dan Anatomi Quadcopter

Komponen utama dari quadcopter yaitu *fuselage* yang merupakan badan *Quadcopter*, dimana bagian ini adalah bagian yang paling banyak kegunaannya pada *Quadcopter*. Baling-baling adalah penghasil gaya angkat pada *Quadcopter*. Penempatan dan penyesuaian motor untuk memberikan stabilitas pada *Quadcopter* selama melakukan penerbangan. *Driver* motor merupakan sarana yang mendukung untuk melakukan pergerakan motor dengan memberikan catu daya.

Elevator adalah kontrol permukaan yang mengatur gerak naik-turun *Quadcopter*, ketika elevator (motor) depan turun kebawah maka gaya angkat pada motor belakang akan bertambah dan menyebabkan motor belakang akan tertarik untuk naik sementara motor depan *Quadcopter* akan turun ke bawah. Aileron adalah kontrol permukaan yang mengontrol gerak *Quadcopter*,

sebagai contoh : ketika aileron (motor) sebelah kiri turun ke bawah sedangkan motor kanan ke atas, maka gaya angkat akan bertambah pada motor sebelah kanan, sedangkan motor sebelah kiri

gaya angkatnya akan berkurang yang akan menyebabkan *Quadcopter* akan bergerak ke arah kiri.

2.4 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer fungsional dalam sebuah chip. Di dalamnya terkandung sebuah inti prosesor, memori (sejumlah kecil RAM, memori program, atau keduanya), dan perlengkapan input output. Pengendali mikrokontroller adalah sistem mikroprosesor lengkap yang terkandung di dalam sebuah chip. Mikrokontroler berbeda dari mikroprosesor serba guna yang digunakan dalam sebuah PC, karena sebuah mikrokontroler umumnya telah berisi komponen pendukung sistem minimal mikroprosesor, yakni memori dan antarmuka I/O. Mikrokontroler adalah sebuah sistem mikroprosesor dimana didalamnya sudah terdapat CPU, RAM, ROM, I/O, Clock dan peralatan internal lainnya yang sudah sling terhubung dan terorganisasi (teralamati) dengan baik oleh pabrik pembuatnya dan dikemas dalam satu chip yang siap pakai.

Mikrokontroler terdapat pada perangkat elektronik sekelilingnya, misalnya Handphone, MP3 Player, DVD, Televisi, AC, dan lainlain. Mikrokontroler juga dapat mengendalikan robot, baik robot mainan maupun industri. Karena komponen utama arduino adalah mikrokontroler, maka arduino dapat diprogram menggunakan komputer sesuai kebutuhan.

Dengan kata lain, mikrokontroler adalah suatu alat elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus, cara kerja mikrokontroler

sebenarnya membaca dan menulis data. Sekedar contoh, bayangkan diri Anda saat mulai belajar membaca dan menulis, ketika Anda sudah bisa melakukan hal itu Anda bisa membaca tulisan apapun baik buku, cerpen, artikel dan sebagainya, dan Andapun bisa pula menulis hal-hal sebaliknya. Begitu pula jika Anda sudah mahir membaca dan menulis data maka Anda dapat membuat program untuk membuat suatu sistem pengaturan otomatis menggunakan mikrokontroler sesuai keinginan Anda. Mikrokontroler merupakan komputer didalam chip yang digunakan untuk mengontrol peralatan elektronik, yang menekankan efisiensi dan efektifitas biaya. Secara harfiahnya bisa disebut “pengendali kecil” dimana sebuah sistem elektronik yang sebelumnya banyak memerlukan komponen-komponen pendukung seperti IC TTL dan CMOS dapat direduksi/diperkecil dan akhirnya terpusat serta dikendalikan oleh mikrokontroler ini.

Mikrokonktroler digunakan dalam produk dan alat yang dikendalikan secara otomatis, seperti sistem kontrol mesin, remote controls, mesin kantor, peralatan rumah tangga, alat berat, dan mainan.

Dengan mengurangi ukuran, biaya, dan konsumsi tenaga dibandingkan dengan mendesain menggunakan mikroprosesor memori, dan alat input output yang terpisah, kehadiran mikrokontroler membuat kontrol elektrik untuk berbagai proses menjadi lebih ekonomis. Dengan penggunaan mikrokontroler ini maka :

- Sistem elektronik akan menjadi lebih ringkas
- Rancang bangun sistem elektronik akan lebih cepat karena sebagian besar dari sistem adalah perangkat lunak yang mudah

dimodifikasi

- Pencarian gangguan lebih mudah ditelusuri karena sistemnya yang kompak

Agar sebuah mikrokontroler dapat berfungsi, maka mikrokontroler tersebut memerlukan komponen eksternal yang kemudian disebut dengan sistem minimum. Untuk membuat sistem minimal paling tidak dibutuhkan sistem *clock* dan *reset*, walaupun pada beberapa mikrokontroler sudah menyediakan sistem clock internal, sehingga tanpa rangkaian eksternal pun mikrokontroler sudah beroperasi.

Yang dimaksud dengan sistem minimal adalah sebuah rangkaian mikrokontroler yang sudah dapat digunakan untuk menjalankan sebuah aplikasi. Sebuah IC mikrokontroler tidak akan berarti bila hanya berdiri sendiri. Pada dasarnya sebuah sistem minimal mikrokontroler AVR memiliki prinsip yang sama.

2.4.1 Fitur Mikrokontroler ATmega 328

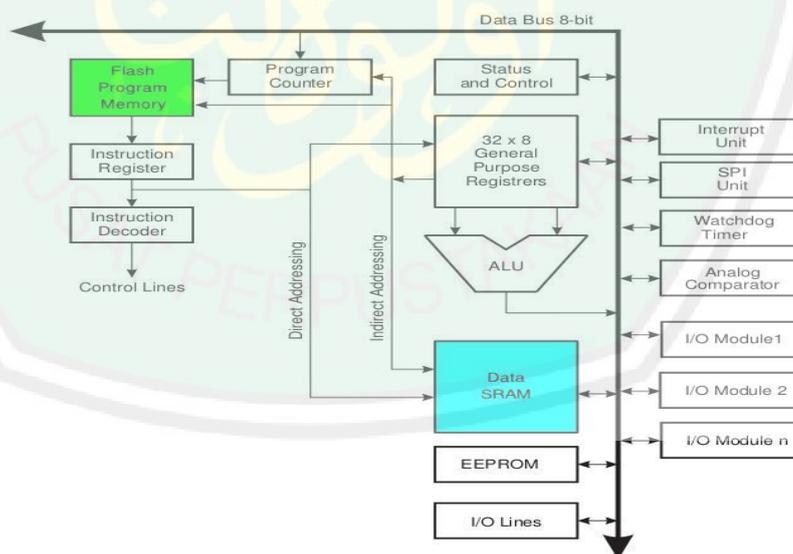
ATMega 328 adalah mikrokontroler keluaran dari atmel yang mempunyai arsitektur RISC (*Reduce Instruction Set Computer*) yang dimana setiap proses eksekusi data lebih cepat dari pada arsitektur CISC (*Completed Instruction Set Computer*).

Mikrokontroler ini memiliki beberapa fitur antara lain :

- 130 macam instruksi yang hampir semuanya dieksekusi dalam satu siklus *clock*.
- 32 x 8-bit register serba guna.

- Kecepatan mencapai 16 MIPS dengan *clock* 16 MHz.
- 32 KB *Flash memory* dan pada arduino memiliki *bootloader* yang menggunakan 2 KB dari *flash memori* sebagai *bootloader*.
- Memiliki EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) sebesar 1KB sebagai tempat penyimpanan data semi permanent karena EEPROM tetap dapat menyimpan data meskipun catu daya dimatikan.
- Memiliki SRAM (*Static Random Access Memory*) sebesar 2KB.
- Memiliki pin I/O digital sebanyak 14 pin 6 diantaranya PWM (*Pulse Width Modulation*) output.
- *Master / Slave SPI Serial interface*.

Berikut ini adalah tampilan Architecture ATmega 328 :



Gambar 2.2 Architecture ATmega 328

Mikrokontroler ATmega 328 memiliki arsitektur Harvard, yaitu memisahkan memori untuk kode program dan memori untuk

data sehingga dapat memaksimalkan kerja dan *parallelism*. Instruksi – instruksi dalam memori program dieksekusi dalam satu alur tunggal, dimana pada saat satu instruksi dikerjakan instruksi berikutnya sudah diambil dari memori program.

Konsep inilah yang memungkinkan instruksi – instruksi dapat dieksekusi dalam setiap satu siklus *clock*. 32 x 8-bit *register* serba guna digunakan untuk mendukung operasi pada ALU (*Arithmetic Logic unit*) yang dapat dilakukan dalam satu siklus. 6 dari *register* serbaguna ini dapat digunakan sebagai 3 buah *register pointer* 16-bit pada mode pengalamatan tidak langsung untuk mengambil data pada ruang memori data.

Ketiga *register pointer* 16-bit ini disebut dengan *register X* (gabungan R26 dan R27), *register Y* (gabungan R28 dan R29), dan *register Z* (gabungan R30 dan R31). Hampir semua instruksi AVR memiliki format 16-bit. Setiap alamat memori program terdiri dari instruksi 16-bit atau 32-bit.

Selain *register* serba guna di atas, terdapat *register* lain yang terpetakan dengan teknik *memory mapped I/O* selebar 64 byte. Beberapa *register* ini digunakan untuk fungsi khusus antara lain sebagai *register control Timer/ Counter, Interupsi, ADC, USART, SPI, EEPROM*, dan fungsi I/O lainnya. *Register – register* ini menempati memori pada alamat 0x20h – 0x5Fh.

2.4.2 Arduino

Arduino merupakan sebuah platform komputasi fisik yang bersifat open source dimana Arduino memiliki *input/output* (I/O) yang sederhana yang dapat dikontrol menggunakan bahasa pemrograman. Arduino dapat dihubungkan keperangkat seperti komputer. Bahasa pemrograman yang digunakan pada Arduino adalah bahasa pemrograman C yang telah disederhanakan dengan fitur-fitur dalam *library* sehingga cukup membantu dalam pembuatan program.

Arduino adalah pengendali mikro single board yang bersifat open source, yang di rancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. *Hardware* (perangkat keras)-nya memiliki prosesor Atmel AVR dan *Software* (perangkat lunak)-nya memiliki bahasa pemrograman sendiri. *Open source* IDE yang digunakan untuk membuat aplikasi mikrokontroler yang berbasis *platform* arduino. Mikrokontroler *single board* yang bersifat *open source hardware* dikembangkan untuk arsitektur mikrokontroller AVR 8 bit dan ARM 32 bit.

Dari pengertian diatas, dapat disimpulkan bahwa Arduino adalah kit atau papan rangkaian elektronik *open source* yang di dalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah chip mikrokontroler dengan jenis AVR. Mikrokontroler itu sendiri adalah chip atau IC (*integrated circuit*) yang bisa diprogram menggunakan komputer. Tujuan menanamkan program pada mikrokontroler adalah agar rangkaian elektronik dapat membaca *input*, memproses *input* tersebut

dan kemudian menghasilkan output seperti yang diinginkan. Jadi mikrokontroler bertugas sebagai otak yang mengendalikan *input*, proses, dan *output* sebuah rangkaian elektronik.

2.4.3 Kelebihan Arduino

- Tidak membutuhkan perangkat chip programmer karena di dalamnya sudah ada *bootloader* yang akan menangani *upload* program dari *computer*.
- Memiliki sarana komunikasi USB, sehingga pengguna laptop yang tidak memiliki *port* serial / RS323 bisa menggunakannya.
- Bahasa pemrograman relatif mudah.
- Memiliki modul siap pakai (*shield*) yang bisa ditancapkan pada *board* arduino.

2.4.4 Bahasa Pemrograman

Arduino menggunakan bahasa sendiri yang merupakan pengembangan dari bahasa C. bahasa pemrograman arduino jauh lebih mudah dibandingkan dengan bahasa C, hal ini dikarenakan pada pemrograman arduino sudah dipermudah menggunakan fungsi – fungsi yang sederhana dan mudah untuk dipahami.

Arduino Uno adalah salah satu kit mikrokontroler yang berbasis pada ATmega328. Modul ini sudah dilengkapi dengan berbagai hal yang dibutuhkan guna mendukung mikrokontroler untuk bekerja. Arduino Uno memiliki 14 pin digital input/output, 6 analog

input, sebuah *resonator* keramik 16MHz, koneksi USB, colokan *power input*, *ICSP header*, dan sebuah tombol *reset*. Berikut spesifikasi lengkap mengenai arduino Uno :

2.4.5 Spesifikasi Arduino

- Mikrokontroler ATmega328
- Catu Daya 5V
- Tegangan Input (rekomendasi) 7-12V
- Tegangan Input (batasan) 6-20V
- Pin I/O Digital 14 (*of which 6 provide PWM output*)
- Pin *Input* Analog 6
- Arus DC per Pin I/O 40 mA
- Arus DC per Pin I/O untuk PIN 3.3V 50 mA
- *Flash Memory* 32 KB (ATmega328) dimana 0.5 KB digunakan oleh *bootloader*
- SRAM 2 KB (ATmega328)
- EEPROM 1 KB (ATmega328)
- *Clock Speed* 16 MHz



Gambar 2.3. Arduino Uno (Atmega328)

2.4.6 Sensor

Sensor adalah komponen yang dapat digunakan untuk mengkonversi suatu besaran tertentu menjadi satuan analog sehingga dapat dibaca oleh suatu rangkaian elektronik. Sensor merupakan komponen utama dari suatu transduser, sedangkan transduser merupakan sistem yang melengkapi agar sensor tersebut mempunyai keluaran sesuai yang kita inginkan dan dapat langsung dibaca pada keluarannya. Sensor adalah transduser yang digunakan untuk mengubah besaran mekanis, magnetis, panas, sinar, dan kimia menjadi tegangan dan arus listrik. Sensor sering digunakan untuk pendeteksian pada saat melakukan pengukuran atau pengendalian. Sensor merupakan alat untuk mendeteksi / mengukur sesuatu, yang digunakan untuk mengubah variasi mekanis, magnetis, panas, sinar dan kimia menjadi tegangan dan arus listrik. Dalam lingkungan sistem pengendali dan robotika, sensor memberikan kesamaan yang menyerupai mata, pendengaran, hidung, lidah yang kemudian akan diolah oleh kontroler sebagai otaknya.

2.5 Sistem Informasi Geografis

Sistem informasi geografis adalah suatu sistem yang menekankan pada informasi mengenai daerah-daerah beserta keterangan (atribut) yang terdapat pada daerah-daerah di permukaan Bumi. Sistem Informasi Geografis

merupakan bagian dari ilmu Geografi Teknik (*Technical Geography*) berbasis komputer yang digunakan untuk menyimpan dan memanipulasi data-data keruangan (*spasial*) untuk kebutuhan atau kepentingan tertentu.

Sistem adalah suatu himpunan atau *variabel* yang terorganisasi, saling berinteraksi, saling bergantung satu sama lain dan terpadu serta mempunyai tujuan dan sasaran. Sedangkan menurut *American National Standard Institut Inc* menyebutkan bahwa sistem adalah serangkaian metode, prosedur, atau teknik yang disatukan oleh interaksi yang teratur sehingga membentuk suatu kesatuan yang terpadu. Selanjutnya lucas menyebutkan informasi sebagai suatu yang nyata atau setengah nyata yang dapat mengurangi derajat kepastian tentang suatu keadaan atau kejadian dan sistem informasi adalah sekumpulan prosedur organisasi yang pada saat dilaksanakan akan memberikan informasi bagi pengambil keputusan dan atau untuk mengendalikan organisasi.

Geografi berasal dari gabungan kata *geo* dan *graphy*. *Geo* berarti bumi, sedangkan *graphy* berarti proses penulisan, sehingga geografi berarti penulisan tentang bumi. Secara ringkas pengertian geografi mencakup hubungan manusia dengan tempat meraka berpijak dan menguasai sumberdaya untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Salah satu alat dalam menuliskan keruangan adalah dalam bentuk informasi hubungan spasial yang dikenal sebagai peta. Peta merupakan cara komunikasi garfis dari pembuat peta mengenai aspek spasial permukaan bumi, baik ukuran kecil ataupun seluruh permukaan bumi.

Secara harfiah, Sistem Informasi Geografis atau SIG dapat diartikan sebagai "suatu komponen yang terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, data geografis dan sumberdaya manusia yang bekerja bersama secara efektif untuk menangkap, menyimpan, memperbaiki, memperbaharui, mengelola, memanipulasi, mengintegrasikan, menganalisa, dan menampilkan data dalam suatu informasi berbasis geografis".

sistem informasi geografis adalah suatu sistem (berbasiskan komputer) yang digunakan untuk menyimpan dan memanipulasi informasi-informasi geografi. SIG dirancang untuk menumpulkan, menyimpan, menganalisis, objek-objek dan fenomena dimana lokasi geografis merupakan karakteristik yang penting atau kritis untuk dianalisis. Dengan demikian SIG merupakan sistem komputer yang memiliki empat kemampuan berikut dalam menangani data yang bereferensi geografis: (a). Masukan, (b). Keluaran, (c). Manajemen data (penyimpanan dan pemanggilan data), (d). Analisis dan manipulasi data.

Sistem Informasi Geografis (SIG) atau *Geographic Information System* (GIS) adalah sebuah teknologi tentang pemetaan, yang melakukan identifikasi dan memberikan informasi potensi dan kondisi suatu wilayah secara spasial menurut tinjauan ilmiah yang menggabungkan kemampuan analisis multidisiplin. SIG merupakan peleburan berbagai macam disiplin ilmu (kebumian dan non kebumian) sebagai bentuk interaktif ilmu pengetahuan teknologi, yang mampu mengkombinasikan data spasial dan non-spasial secara terintegrasi (terpadu) dari berbagai macam sumber dan skala. Sasaran utama dari SIG adalah penyajian informasi kebumian secara

terstruktur, sistematis dan objektif sebagai hasil dari analisis dan kompilasi data dengan sumber dan jenis data yang beragam.

Dari sini dapat disimpulkan bahwa SIG merupakan suatu alat, metode dan prosedur yang memudahkan dan mempercepat usaha untuk menemukan dan memahami persamaan-persamaan dan perbedaan-perbedaan yang ada dalam ruang muka bumi. *Keyword* yang menjadi tolak SIG adalah lokasi geografis dan spasial yang secara bersama-sama merupakan dasar penting dalam suatu sistem informasi keruangan.

Dilihat dari definisinya, SIG adalah suatu sistem yang terdiri dari berbagai komponen yang tidak dapat berdiri sendiri-sendiri. Memiliki perangkat keras komputer beserta dengan perangkat lunaknya belum berarti bahwa kita sudah memiliki SIG apabila data geografis dan sumberdaya manusia yang mengoperasikannya belum ada. Sebagaimana sistem komputer pada umumnya, SIG hanyalah sebuah 'alat' yang mempunyai kemampuan khusus. kemampuan sumberdaya manusia untuk memformulasikan persoalan dan menganalisa hasil akhir sangat berperan dalam keberhasilan sistem SIG.

Sistem Informasi Geografis dibagi menjadi dua kelompok yaitu sistem manual (analog), dan sistem otomatis (yang berbasis digital komputer). Perbedaan yang paling mendasar terletak pada cara pengelolaannya. Sistem Informasi manual biasanya menggabungkan beberapa data seperti peta, lembar transparansi untuk tumpang susun (*overlay*), foto udara, laporan statistik dan laporan survey lapangan. Kesemua data tersebut dikompilasi dan dianalisis secara manual dengan alat tanpa komputer. Sedangkan sistem informasi geografis otomatis telah menggunakan komputer sebagai sistem

pengolah data melalui proses digitasi. Sumber data digital dapat berupa citra satelit atau foto udara digital serta foto udara yang terdigitasi. Data lain dapat berupa peta dasar terdigitasi.

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini meliputi berbagai macam disiplin ilmu dalam inovasi serta pemanfaatannya. Kemajuan teknologi informasi juga telah memberi peranan dan pengaruh cukup besar bagi ilmu pengetahuan. Sistem informasi geografis dapat merepresentasikan objek dunia nyata ke dalam suatu bentuk posisi aslinya sesuai dengan sistem koordinat, data atribut yang belum tentu terkait dengan lokasi mutlaknya. Keterkaitan ini secara spasial memperlihatkan suatu objek saling terhubung, menggambarkan lapisan-lapisan dalam data spasial dibentuk dari dunia nyata.

Sistem informasi geografis (SIG) dikatakan memiliki ciri yang unik jika dibandingkan dengan sistem lainnya, keunikan ini berkat adanya kemampuan dalam menghubungkan data spasial dengan data atribut yang biasanya bersifat tekstual (*a-spasial*) dari objek-objek di permukaan bumi. Teknologi SIG memiliki fitur dalam manajemen data spasial yakni seluruh informasi geografis yang memiliki referensi letak absolut (sistem koordinat). Sistem informasi geografis dapat digunakan untuk mengumpulkan, memeriksa, mengintegrasikan dan menganalisa informasi yang berkaitan dengan permukaan bumi. Integrasi dari beragam data spasial yang berupa titik, garis, dan area dengan macam atributnya masing-masing dapat dihimpun dan dianalisa untuk selanjutnya dibuat keluaran yang paling utama yakni dalam bentuk peta. Seiring dengan perkembangan zaman, keluaran dari SIG tidak hanya dalam bentuk peta, namun diseminasinya dapat dalam

bentuk yang lain seperti web, tampilan animasi, ataupun sistem informasi yang berjalan sendiri.

2.6 Penelitian Terkait

Menurut Sembiring (2008), dalam jurnalnya menjelaskan tentang lapisan-lapisan tanah gambut terbentuk dalam jangka waktu yang panjang yaitu sekitar 10.000-5.000 tahun yang lalu. Hutan gambut di Indonesia diduga terbentuk sejak 6.800-4.200 tahun. Semakin dalam tanah gambut semakin tua umurnya. Laju pembentukan tanah gambut berkisar 0-3 mm per tahun.

Puntadewo (2004) meneliti tentang pemodelan spasial dengan SIG untuk analisis jaringan kemacetan lalu lintas di Kotamadya Yogyakarta. Penelitian ini bertujuan untuk membangun suatu basisdata jaringan jalan yang dapat digunakan untuk memperoleh rute optimal dalam rangka mengurangi kemacetan lalu lintas. Penelitian ini menggunakan metode membangun topologi jaringan jalan agar data atribut terkait dengan data grafis. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebuah sistem informasi ruas dan analisis rute yang berbentuk peta tercetak dan peta digital.

Yohana Sekty Margiasih, (2007) melakukan penelitian dengan judul € Penentu Rute Terpendek Pariwisata Kota Malang Menggunakan GIS Dengan Fungsi *Shortest Path ASTAR*•. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sebuah aplikasi SIG berbasis web (*web-based GIS*) untuk menentukan rute terpendek pariwisata di Kota Malang dengan

fungsi *shortest path astar*. Dalam penelitian ini dimulai dengan analisis data kemudian melakukan perancangan sistem untuk selanjutnya dilakukan evaluasi sistem dan tahapan akhir adalah pembuatan aplikasi serta pengujian dari sistem yang telah dibuat. Hasil akhir dari penelitian ini adalah aplikasi penentu rute terpendek pariwisata Kota Malang menggunakan SIG berbasis WebGIS.

Waluyo (2010) dalam penelitian yang dilakukannya menjelaskan *Particle Swarm Optimization* merupakan salah satu Algoritma optimasi yang bisa di aplikasikan pada permasalahan *path finding*. Basic PSO dapat digunakan pada proses optimisasi ruang bebas untuk menemukan suatu target koordinat x dan y. Basic PSO sangat baik untuk digunakan pada permasalahan ruang bebas. Namun Basic PSO tidak cocok untuk digunakan di permasalahan ruang terbatas seperti pada pencarian jalan. Modifikasi perlu dilakukan untuk diaplikasikan ke obyek pelaku pada simulasi. Penerapan Modified PSO pada obyek memiliki keuntungan obyek pelaku dapat bertindak sebagai muti agent yang secara otomatis mencari jalur menuju goal.

Penelitian yang terkait juga diteliti oleh Suamanda Ika Novichasari tentang meningkatkan akurasi *Naïve Bayes Classifier*. NBC unggul jika diterapkan pada data ukuran besar, namun lemah pada seleksi atribut. Penelitian ini menggunakan data set publik *German Credit Data*. Proses validasi menggunakan *tenfold-cross validation*, sedangkan pengujian modelnya menggunakan confusion matrix dan kurva ROC. Hasilnya menunjukkan akurasi NBC meningkat dari 73,70% menjadi 78,00% setelah

dikombinasikan dengan *Particle Swarm Optimization* (PSO)
(Novichasari,2015)



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Gambaran Sistem

Gambaran sistem penelitian ini meliputi rancangan secara keseluruhan dimana ada rancangan mekanik, hardware, elektronik dan software pemrograman sistem yang digunakan kemudian meliputi alur penelitian. Perancangan sistem mekanik *quadcopter* pada penelitian ini menggunakan model “+” dengan dimensi 30 cm x 30 cm x 15 cm dan berat total 876 gram. Sistem terdiri dari perangkat keras yaitu, APM, motor brushless Turnigy 930 KV, Electric Speed Control (ESC) suppo model 20 Ampere, propeler 10x4.5, baterai Lithium Polymer 5000 mAh/11.1 Volt, GPS, FPV, dan sistem minimum Arduino Uno sebagai kontroler pada sensor gas untuk mendeteksi asap dan sensor suhu untuk mendeteksi panas. Selanjutnya, rancangan software meliputi cara pemrograman akuisisi data koordinat pada GPS dengan implementasi algoritma PSO agar menghasilkan rute.

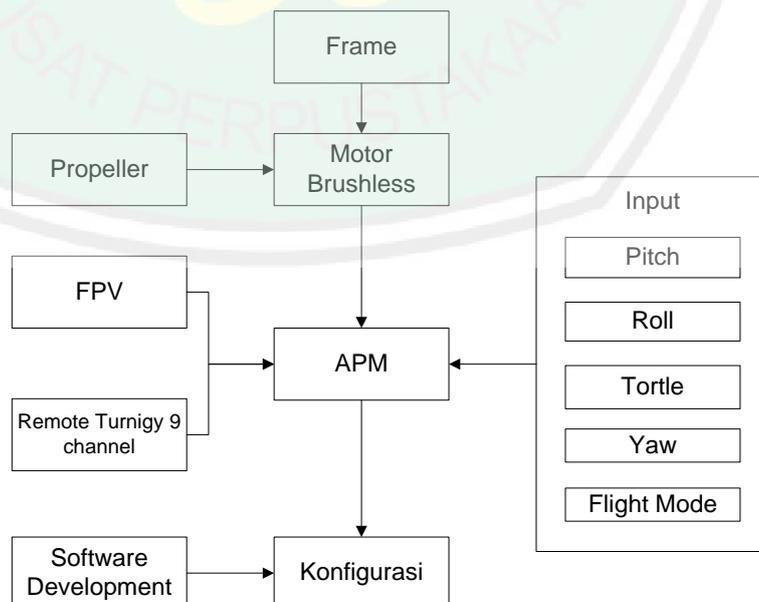
3.2 Desain Sistem

Desain sistem menggambarkan tentang keseluruhan sistem yang akan dibangun pada penelitian ini. Proses awal pada alur pembuatan sistem ini adalah dimulai dari perakitan drone yang dilengkapi GPS, stabilisai kamera, sensor asap, sensor panas dan SD card *wafeshare* untuk mengambil data koordinat secara *real time* yang disimpan ketika sensor bekerja sebagai bahan penelitian. selanjutnya melakukan survey lokasi pemetaan pada simulasi kebakaran sebagai pengganti media lahan gambut untuk mendapatkan latitute longitute koordinat pada GPS.

Setelah mendapatkan koordinat GPS kemudian menjadi titik acuan untuk menentukan partikel secara random dengan menggunakan algoritma *particle swarm optimization* (PSO). Setelah proses survey lokasi pemetaan selesai akan mendapatkan rute terdekat untuk proses pemadaman kebakaran pada lahan gambut dan hasil evaluasi secara visual di lapangan.

3.2.1 Pembuatan Drone

Langkah awal yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan proses perakitan drone melibatkan beberapa komponen yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Semua elemen diintegrasikan hingga membentuk sebuah system yang dapat berfungsi untuk mengambil citra drone secara visual dan melakukan survey di lapangan dan koordinat longitudo dan lintang pada GPS sehingga dapat mendeteksi keberadaan titik api. Adapun model perakitan yang diimplementasikan adalah seperti yang tampak pada gambar berikut.



Gambar 3.1. Perakitan Drone

Seperti yang terlihat pada gambar diatas, proses perakitan dimulai dari komponen utama yaitu *frame*. Semua komponen akan melekat pada komponen utama *frame* terdiri dari 4 bagian yang dipasang di 4 sisi yang berbeda. Selanjutnya motor *brushless* di pasang pada bagian atas sisi *frame*. ESC adalah singkatan dari *Electronic Speed Control*, untuk memasangnya harus melakukan sinkronisasi 3 kabel yang menghubungkan kedua elemen tersebut, kemudian disambungkan. Kemudian dilanjutkan dengan pemasangan perangkat APM atau *Ardu pilot Module*. Komponen ini merupakan elemen terpenting *drone* dimana pada komponen ini terdapat beberapa fungsi yang ditanamkan. Fungsi utama APM adalah untuk melakukan fungsi *control* terhadap remote turning 9 channel yang di kendalikan oleh *user*. Secara garis besar dalam komponen ini terdapat proses *input* yang meliputi *pitch*, *tortle*, *roll*, *yaw*, serta sisanya disuplai *flight mode*. Kelima input tersebut akan di enkripsi hingga menjadi instruksi yang akan dijadikan sebagai output yang akan diimplementasikan pada komponen ESC. Pada komponen ini juga biasanya terdapat FPS yang berfungsi sebagai streaming mode sehingga ketika *drone* beroperasi di udara *user* dapat menerima rekaman gambar secara langsung tentang kondisi yang terjadi pada saat yang bersamaan (*real time*). Tahap akhir dari proses perakitan adalah konfigurasi, yaitu tahap integrasi antara *hardware (drone)* dengan *software* yang digunakan.

Tahap selanjutnya setelah *quadcopter* dirakit adalah melakukan konfigurasi pada *Ardu Pilot Module (APM)* menggunakan aplikasi “*mission planner*”. Konfigurasi APM dimaksudkan untuk memberikan

kecerdasan pada *quadcopter*. Untuk memulai konfigurasi, usb pada *quadcopter* dihubungkan dengan usb pada *computer* via usb serial.

Kemudian, membuka aplikasi *mission planner*, lalu koneksikan *quadcopter* dengan *computer* dengan cara mengklik tombol *connect*, sebelah kanan atas. Sebelumnya, pastikan bahwa *port* yang akan dihubungkan adalah benar-benar *port quadcopter*. Selanjutnya, pilih menu “*Initial Setup*” pada *mission planner*. Menu ini berfungsi untuk melakukan konfigurasi untuk mengatur jenis robot terbang yang digunakan, mengatur *accelerometer*, mengatur *compass*, hingga mode penerbangan. Lanjutkan dengan mengatur *Frame Type*. Lantas ke pengaturan kalibrasi accel, yaitu pengaturan untuk mengenalkan *quadcopter* terhadap arah depan, belakang, kanan, kiri, atas dan bawah. Kemudian muncul perintah untuk meletakkan *quadcopter* selaras dengan bidang datar, maka sebelum klik “*Done*”, pastikan untuk meletakkan *quadcopter* pada bidang datar. Meletakkan drone menghadap vertikal ke kiri, kanan, atas, bawah lalu klik “*Done*”.

3.2.2 Pembuatan Sistem Visualisasi Mapping

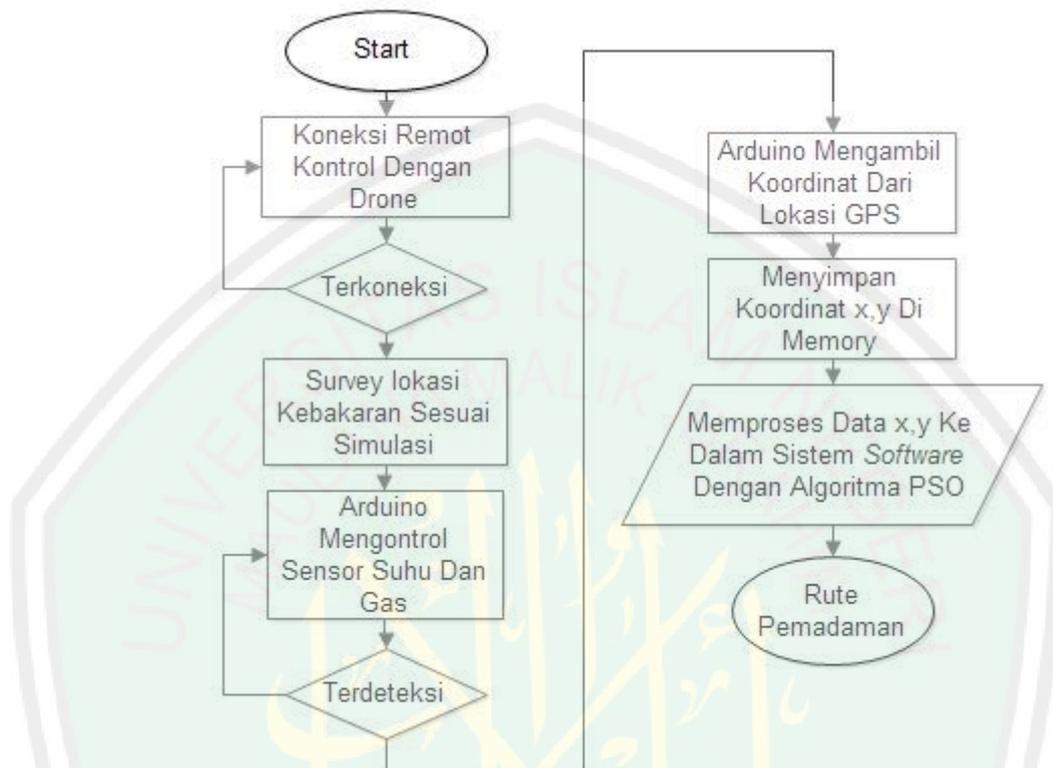
Dengan pembuatan sistem perancangan dilakukan dalam bentuk simulasi penelitian ini dengan menggunakan *software* MATLAB yang di dalam sistem diimplementasikan algoritma PSO sebagai metode untuk menentukan rute terbaik dan tercepat yang diinisiasikan ke dalam bentuk koordinat. Berikut ini langkah-langkah untuk mendapatkan mapping pada sistem yang telah dibuat.

Drone yang di terbangkan dan dikontrol dengan remote kontrol untuk melakukan survey pemetaan pada lokasi kebakaran. Setelah mendapatkan inputan dari sensor yang telah dikontrol pada arduino yaitu berupa panas dan asap. Ketika sensor tersebut mendeteksi adanya panas dan asap maka akan menyimpan koordinat X,Y dari GPS untuk mendapatkan partikel sebagai parameter bahwa di koordinat tersebut telah terjadi kebakaran yang nantinya akan dijadikan acuan untuk menentukan rute yang akan dibuat. Selanjutnya visualisasi *output* pada rute yang telah dibuat akan ditampilkan dalam bentuk peta pada MATLAB.

3.2.3 Alur kerja Sistem

Dalam membuat peancangan sistem. Sistem inputan mengacu pada bahan penelitian sebagai alat untuk mendapatkan data secara visual dari hasil pemetaan di lapangan. *Drone* sebagai alat pemetaan juga dilengkapi dengan sensor suhu sebagai alat untuk mendeteksi panas yang ada di sekitar lokasi kebakaran, dan sensor gas sebagai alat untuk mengidentifikasi gas asap di sekitar lokasi kebakaran, serta menggunakan microcontroler Atmega328 untuk mengontrol kedua sensor tersebut sebagai input data dari GPS. Selanjutnya survey lokasi merupakan proses sebagai penentuan partikel atau sumber api yang didapatkan dari sensor untuk mendapatkan koordinat sebagai parameter titik kebakaran di lahan gambut, proses data diolah dengan menggunakan algoritma PSO sehingga letak sumber kebakaran yang nantinya akan di jadikan sebagai rute pemadaman dapat diketahui keberadaanya. Output dari sistem ini adalah

membuat rute pemadaman kebakaran pada lahan gambut agar dapat minimalisir dengan maksimal.



Gambar 3.2. Flowchart alur sistem

3.2.3.1 Input

Input ini dilakukan dengan melakukan perancangan pembuatan drone sebagai media dalam melakukan penelitian. Selanjutnya memberikan kecerdasan buatan dengan memberikan sensor gas dan sensor suhu yang dikontrol melalui mikrokontroler Atmega328 untuk mendeteksi panas dan asap pada lokasi kebakaran lahan gambut. Di dalam perancangan *drone* juga akan dilengkapi TTL dan micro SD card *wafeshare* sebagai media untuk penyimpanan data nimea dari GPS sebagai

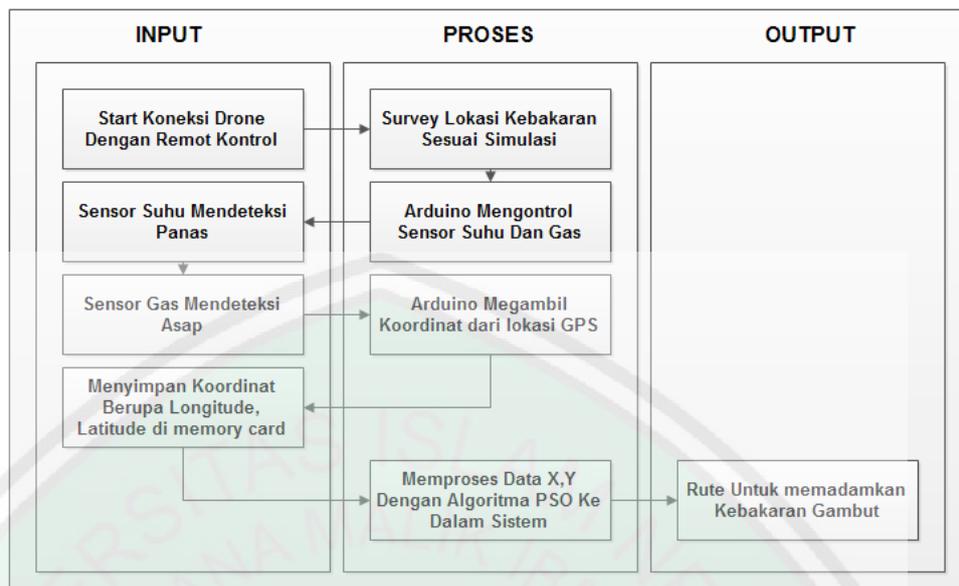
inputan dari koordinat yang telah didapatkan sesuai instruksi mikrokontroler saat mendeteksi lokasi kebakaran.

3.2.3.2 Proses

Tahap proses ini dilakukan dengan melakukan survey lokasi kebakaran sesuai dengan simulasi di lapangan. Ketika mikrokontroler mendeteksi adanya suhu panas dan gas asap di sekitar lokasi kebakaran maka instruksi dari mikrokontroler adalah menyimpan data lokasi dari koordinat GPS yang nantinya data longitude, latitude itu akan di masukan ke dalam sistem *software* yang telah diberikan implementasi algoritma PSO yang nantinya akan mendapatkan nilai terbaik pada penentuan koordinat atau partikel.

3.2.3.3 Output

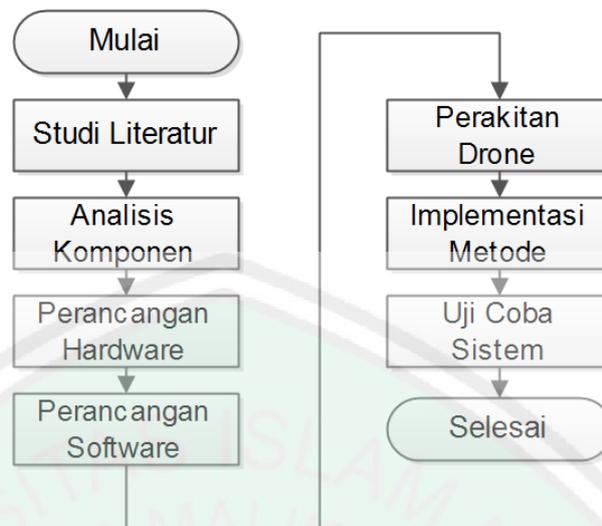
Output dari sistem ini adalah membuat rute pemadaman kebakaran pada lahan gambut agar dapat minimalisir dengan maksimal. Dengan melakukan perancangan pada sistem *software* untuk mencari data terbaik dalam membuat rute tercepat untuk visualisasi pemadaman.



Gambar 3.3. Alur sistem

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian menjabarkan bagaimana penelitian dilaksanakan. Prosedur penelitian ini dimulai dari tahapan Analisis komponen hingga Uji coba sistem. Hasil penelitian akan dilakukan proses pengujian untuk menguji kelayakan sistem yang dibangun. Dari proses awal hingga akhir semua dilakukan dalam beberapa tahap antara lain mulai mencari referensi atau studi literatur guna mendapatkan gambaran tentang beberapa komponen yang akan dianalisa selanjutnya melakukan perancangan sistem *Hardware* maupun *Software*. Selanjutnya hasil perancangan diimplementasikan ke dalam perakitan dengan mengintegrasikan komponen yang diperlukan untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Dari hasil analisis didalamnya juga akan diimplementasikan metode untuk mendapatkan hasil setelah itu baru melakukan pengujian sistem yang telah dibuat.



Gambar 3.4. Prosedur Penelitian

Dalam menyelesaikan penelitian ini terdapat beberapa kebutuhan yang harus dipenuhi untuk mendukung pembuatan mekanik hardware dan mekanik software sebagai media penelitian dan implementasi metode, yaitu:

1. Quadcopter yang dibangun dalam penelitian ini menggunakan material badan utama frame berdimensi 30 cm x 30 cm x 20 cm dan berat total 876 gram, lengan wahana dengan plastik atom, beserta mur dan baut sebagai penyambung perbagian badan wahana.
2. Perangkat keras Ardu Pilot Modul (APM) sebagai sistem kontrol utama, motor brushless 930 KV, ESC Turnigy Plush 18A, Baterai 5000 mAh/ 11.1 Volt, FPV, TX/RX RadioLink 9 channels, propeler 10 x 4.5 gemfan.
3. Perangkat lunak Arduino 1.0.5 sebagai perangkat lunak yang membantu proses upload program yang telah dibuat ke dalam mikrokontroler Atmega328P dan Matlab sebagai aplikasi simulasi untuk pembuatan grafik dalam pengujian algoritma PSO.

3.3.3 Kebutuhan Jenis *Quadcopter*

Seperti gambar dibawah ini *quadcopter* terdiri dari 4 motor brushless, 4 ESC (Electronic Speed Controller), 4 propeler, rangka frame plastik atom, dan juga kaki penyangga dari material karbon. Pemilihan mekanik quadcopter ini memperhatikan beban berat yang akan diangkat oleh quadcopter. Motor brushless yang digunakan adalah motor brushless 930KV untuk beban berat kurang dari 2kg. Untuk itu, digunakan driver motor ESC yang sesuai dengan motor brushless tersebut, yang mana kemudian digunakan ESC Turnigy Plush 18A. Sedangkan untuk pemilihan tipe propeler sendiri mengikuti motor brushless yang digunakan. Berdasarkan motor brushless 930KV tersebut, digunakan propeler GWS 10 x 4.5. Maka, fokus robot quadcopter yang akan dibangun pada penelitian ini adalah UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) dengan pertimbangan mudah untuk dikendalikan dan leluasa untuk memanfaatkan fungsinya.



Gambar 3.5. *Quadcopter*

3.3.4 Kebutuhan Komponen *Hardware*

Komponen mekanik adalah semua bahan-bahan pada tubuh robot yang dapat difungsikan tanpa adanya energi listrik. Komponen mekanik berperan penting dalam perakitan quadcopter. Berikut komponen-komponen mekanik yang dibutuhkan untuk merancang bangun quadcopter pendeteksi rute pemadam kebakaran :

- Frame

Frame ini nantinya digunakan untuk membuat kerangka dari *drone*. Yang berfungsi sebagai tempat komponen elektronik pada quadcopter yang menyangga 4 motor dan ESC pada sudut frame. Yang perlu diperhatikan dalam pemilihan frame ini adalah pada jumlah rotor yang dipakai, berat bahan frame dan bentuk yang presisi. badan utama frame quadcopter berdimensi 30 cm x 30 cm x 15 cm dan berat total 876 gram, lengan wahana dengan plastik atom.



Gambar 3.6. Frame

- Propeller (Baling-Baling)

Baling-baling ini berfungsi sebagai penggerak pada *drone* terdiri dari dua buah propeller akan dibuat berputar searah jarum jam, dan dua buah lagi berputar berlawanan arah jarum jam. Pemilihan *propeller* menitik beratkan ada ukuran, bahan dan bentuk yang presisi. Hal ini karena akan berpengaruh pada keseimbangan terbang. Karena penelitian ini menggunakan motor berukuran 980KV sehingga propeller yang cocok pada quadcopter ini berukuran 10 x 4.5 dengan bahan yang digunakan adalah nylon.



Gambar 3.7. Baling-Baling 10 X 4.5

- Mur Dan Baut

Mur dan baut digunakan sebagai penyambung perbagian badan wahana. Sehingga antara material komponen satu dengan yang lainnya dapat melekat dengan kuat pada frame yang telah digunakan.

3.3.5 Kebutuhan Komponen Elektronik

Komponen elektronik adalah semua komponen pada robot yang dapat difungsikan dengan bantuan energy listrik yang bersumber dari baterai robot. Melalui komponen inilah, robot dapat diberikan perintah untuk melakukan fungsi tertentu sesuai dengan program yang diberikan.

Komponen-komponen elektronika yang diperlukan oleh robot quadcopter antara lain :

- *Ardu Pilot Module*

Alat ini sebagai komponen utama yang akan digunakan untuk mengatur kestabilan terbang dari *drone* dengan kata lain sebagai pengontrol sayap pesawat, Alat ini menerima input output, dan selanjutnya digunakan untuk mengendalikan *drone* saat terbang.



Gambar 3.8. APM

- Motor Brushless

Motor ini berfungsi menggerakkan baling-baling. Terdapat 3 kabel pada motor brushless yaitu kabel kuning, merah dan hitam yang akan disambungkan pada 3 kabel ESC. Penelitian ini menggunakan motor berkekuatan 930KV. Pemilihan motor disesuaikan dengan Propeller dan ESC yang akan digunakan dalam penelitian ini. Sebagai catatan bahwa semakin besar satuan kekuatannya maka semakin besar pula daya yang akan diperlukan.



Gambar 3.9. Motor Brushless 930KV

- *Electronic Speed Controller*

ESC digunakan untuk mengatur kecepatan dari setiap motor. ESC akan otomatis mengatur kecepatan atau arus ke setiap motor. Untuk menyeimbangkan pesawat ketika dalam posisi miring maka ESC otomatis akan mengirimkan atau membuat salah satu atau beberapa motor berputar lebih cepat demi membuat keseimbangan pesawat.



Gambar 3.10. ESC Turnigy Plush 18A

- **Batrei Li-Po 5000MAH**

Penggunaan Baterai berjenis ini *Lithium Polymer* (LiPo) dikarenakan mampu menyediakan daya yang kuat untuk memutar 4 motor, beban menjadi perhitungan tersendiri dalam menggunakan

tenaga baterai berdasarkan jumlah cell dan kapasitasnya. Selain itu juga diperhatikan bentuk konektornya, yang cukup umum digunakan yaitu konektor model XT60 atau *Deans Plug*. Jumlah cell menentukan berapa voltage baterai tersebut. Satu cell LiPo adalah sebesar 3.7 Volt, jadi apabila menggunakan LiPo 3 cell, berarti memiliki ukuran 11.1 Volt. Jangan lupa sesuaikan dengan Motor dan ESC yang akan digunakan bersama-sama.



Gambar 3.11. Baterai Li-Po 5000 mAh

- Turnigy Remote Control 9 Chanel

Remote control akan digunakan untuk mengendalikan *drone* ketika dioperasikan. Tanpa remote ini *drone* tidak akan bisa beroperasi. Jumlah Channel yang mampu di control oleh Radio *Transmitter*nya 9 Chanel. Pada *drone* minimal diperlukan 4 channel yaitu untuk mengendalikan *Throttle*, *Yaw*, *Pitch* dan *Roll*. *Channel* tambahan bisa digunakan untuk keperluan lain misalnya mengganti *flight mode*, atau menggerakkan gimbal untuk mengambil foto atau video udara.



Gambar 3.12. Remot Kontrol (*Receiver Dan Transmitter*)

- Action Camera

Camera ini digunakan sebagai alat untuk menampilkan data secara visual dalam bentuk video sehingga dapat memudahkan peneliti untuk melakukan survey lokasi atau *mapping* dimana lokasi kebakaran tersebut terjadi yang nantinya akan diolah menjadi rute pemadaman api.



Gambar 3.13. Yi Cam Action Camera

- Brushless Gimbal

Camera gimbal berfungsi untuk menjaga kamera agar tetap stabil dengan kata lain dapat mengatur kamera tetap pada posisi yang ditetapkan.



Gambar 3.14. Gimbal Camera

- FPV

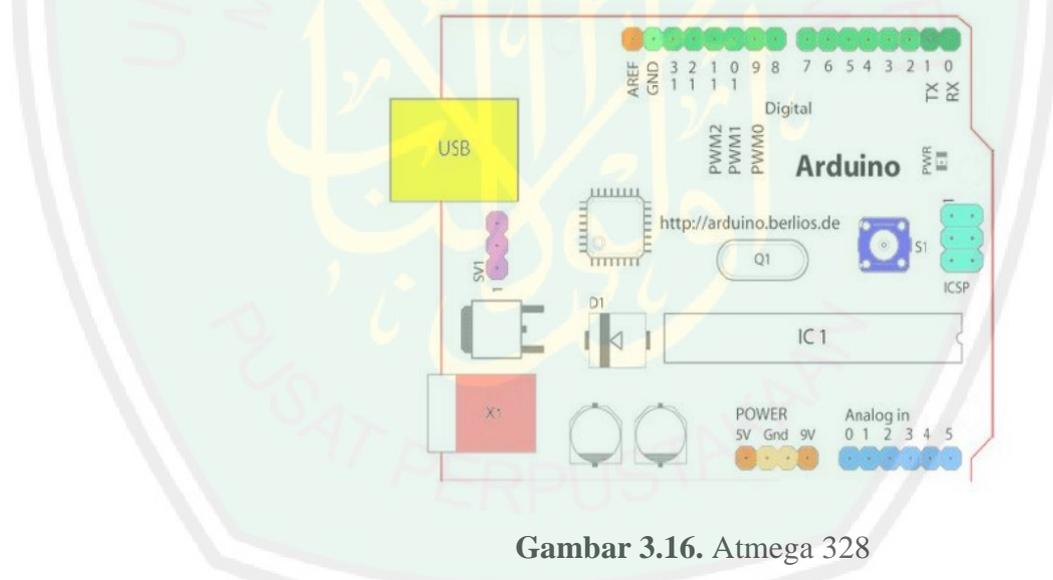
FPV digunakan untuk menerjemahkan data sinyal menjadi bentuk digital menerima dan menampilkan data visual di layar monitor dapat digunakan untuk mengirimkan salah satu informasi seperti kapasitas baterai yang tersisa, koordinat longitude latitude (GPS), konsumsi amper motor dan lain-lain secara *real time* sehingga ketika drone diterbangkan, data dapat diperoleh secara *real time*.



Gambar 3.15. FPV

- Microcontroller Atmega328 (Arduino UNO)

Arduino UNO digunakan untuk mengontrol kedua sensor yaitu gas dan suhu sebagai mikrokontroler yang didasarkan pada Atmega328 (datasheet). Arduino UNO mempunyai 14 pin digital input/output (6 di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, sebuah osilator Kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah power jack, sebuah ICSP header, dan sebuah tombol reset. Dalam penelitian ini microcontroller digunakan untuk mengontrol sensor dan data GPS.

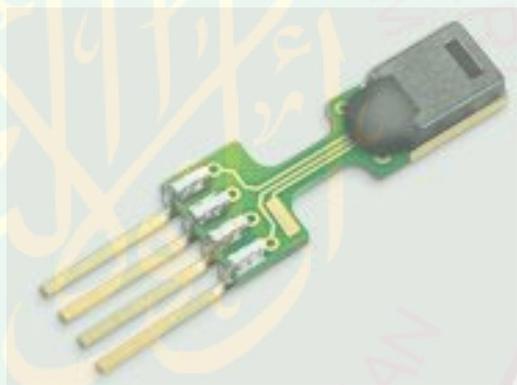


Gambar 3.16. Atmega 328

- Sensor Suhu

Sensor suhu membantu untuk mendeteksi adanya suhu panas pada lokasi terjadinya kebakaran lahan gambut (*Peat fire*). Dalam penelitian kali ini sensor panas ini berfungsi untuk mendeteksi adanya suhu panas pada lokasi terjadinya kebakaran lahan gambut (*Peat fire*). Sensor suhu memiliki definisi utama sebagai alat yang dirancang

khusus untuk mengukur panas suatu objek. Pada dasarnya, sensor panas sebenarnya mengukur aktivitas dan gerakan atom dari suatu objek. Ketika suhu sensor perangkat membaca objek dengan aktivitas atom nol, titik suhu dianggap nol mutlak. Ketika suatu zat dipanaskan, biasanya bergerak melalui beberapa tahapan: padat menjadi cair dan cair menjadi gas, sampai aktivitas atom mulai meningkat. Ada empat skala besar dalam metode pengukuran sensor panas, yang kemudian di pecah dan di kategorikan ke dalam berbagai satuan lagi. Kategori tersebut mewakili metode dalam menggunakan perangkat sensor tersebut untuk mengukur aktivitas molekul objek yang akan di ukur.



Gambar 3.17. Sensor Suhu LM35

- Sensor Gas

Begitu juga sensor gas ini berfungsi sebagai pendeteksi adanya asap atau gas yang digunakan untuk menentukan parameter telah ditemukanya titik api tersebut. Dalam penelitian kali ini sensor ini berfungsi sebagai pendeteksi adanya asap atau gas yang digunakan untuk menentukan parameter telah ditemukanya titik api tersebut. Prinsip kerja dari sensor gas adalah mendeteksi keberadaan gas-gas

yang dianggap mewakili asap untuk api kebakaran, yaitu gas Hydrogen dan Ethanol. Sensor AF-30 mempunyai tingkat sensitifitas yang tinggi terhadap dua jenis gas tersebut. Jika sensor tersebut mendeteksi keberadaan gas-gas tersebut diudara dengan tingkat konsentrasi tertentu, maka sensor akan menganggap terdapat asap api kebakaran di udara.



Gambar 3.18. Sensor Gas MQ2

3.3.6 Kebutuhan Komponen Software

Komponen Software adalah semua komponen pada robot yang dapat difungsikan dengan melalui program dari komputer build-in ke robot. Melalui komponen inilah, robot dapat diberikan perintah untuk melakukan fungsi tertentu sesuai dengan program yang diberikan. Komponen-komponen software yang diperlukan oleh robot quadcopter antara lain :

- Aplikasi *Mission Planner*

Digunakan untuk mengonfigurasi APM untuk memberikan *Artificial Intelligence* pada quadcopter agar *input user* yang berasal dari RC Turnigy dapat berfungsi untuk mengontrol quadcopter sesuai dengan prosedur penerbangan.

- Aplikasi Arduino

Aplikasi ini digunakan untuk memberikan program pada mikrokontroller Atmega328P sehingga sensor dapat berfungsi sesuai dengan metode yang di inputkan pada mikrokontroller dengan menggunakan algoritma PSO di dalam sistem.

3.4 Rancangan Implementasi Metode

Misalkan kita mempunyai fungsi berikut

$$\text{minimasi } f(x)$$

$$x^{(B)} \leq x \leq x^{(A)}$$

dimana $x^{(B)}$ adalah batas bawah dan $x^{(A)}$ adalah batas atas dari x .

Prosedur PSO dapat dijabarkan dengan langkah-langkah sebagai berikut Rao [2009]:

1. Asumsikan bahwa ukuran kelompok atau kawanan (jumlah partikel) adalah N . Untuk mengurangi jumlah evaluasi fungsi yang diperlukan untuk menemukan solusi, sebaiknya ukuran N tidak terlalu besar, tetapi juga tidak terlalu kecil, agar ada banyak kemungkinan posisi menuju solusi terbaik atau optimal. Jika terlalu kecil sedikit kemungkinan menemukan posisi partikel yang baik. Terlalu besar juga akan membuat perhitungan jadi panjang. Biasanya digunakan ukuran kawanan adalah 20 sampai 30 partikel.
2. Bangkitkan populasi awal x dengan rentang $x^{(B)}$ dan $x^{(A)}$ secara random sehingga didapat x_1, x_2, \dots, x_N . Partikel j dan kecepatannya

pada iterasi i dinotasikan sebagai $x_j(i)$ dan $v_j(i)$, sehingga partikel-partikel awal ini dinotasikan

$$x_1(0), x_2(0), \dots, x_N(0)$$

Vektor

$$v_1(0), v_2(0), \dots, v_N(0)$$

disebut partikel atau vektor koordinat dari partikel (seperti kromosom dalam algoritma genetika). Selanjutnya lakukan evaluasi nilai fungsi tujuan untuk setiap partikel dan nyatakan dengan.

$$f(x_1(0)), f(x_2(0)), \dots, f(x_N(0)).$$

3. Hitung kecepatan dari semua partikel. Semua partikel bergerak menuju titik optimal dengan suatu kecepatan tertentu. Awalnya semua kecepatan dari partikel diasumsikan sama dengan nol. Set iterasi $i = 1$.
4. Pada iterasi ke- i , temukan 2 parameter penting untuk setiap partikel j yaitu:
 - a) Nilai terbaik sejauh ini dari $x_j(i)$ (koordinat partikel j pada iterasi i) dan nyatakan sebagai $P_{best,j}$, dengan nilai fungsi tujuan paling rendah (kasus minimasi), $f[x_j(i)]$, yang ditemui sebuah partikel j pada semua iterasi sebelumnya. Nilai terbaik untuk semua partikel $x_j(i)$ yang ditemukan sampai iterasi ke- i , G_{best} , dengan nilai fungsi tujuan paling kecil/minimum diantara semua partikel untuk semua iterasi sebelumnya, $f[x_j(i)]$,
 - b) Hitung kecepatan partikel j pada iterasi ke i dengan rumus sebagai berikut

$$v_j(i) = v_j(i-1) + c_1 r_1 [P_{best,j} - x_j(i-1)] +$$

$$c_2 r_2 [G_{best} - x_j(i-1)], j = 1, 2, \dots, N$$

dimana c_1 dan c_2 masing-masing adalah *learning rates* untuk kemampuan individu (cognitive) dan pengaruh sosial (kawan), dan r_1 dan r_2 bilangan random yang berdistribusi uniform dalam interval 0 dan 1. Jadi parameter c_1 dan c_2 menunjukkan bobot dari memory (position) sebuah partikel terhadap memory (posisi) dari kelompok (swarm). Nilai dari c_1 dan c_2 biasanya adalah 2 sehingga perkalian $c_1 r_1$ dan $c_2 r_2$ memastikan bahwa partikel-partikel akan mendekati target sekitar setengah selisihnya.

c) Hitung posisi atau koordinat partikel j pada iterasi ke- i dengan cara

$$x_j(i) = x_j(i-1) + v_j(i), j = 1, 2, \dots, N$$

Evaluasi nilai fungsi tujuan untuk setiap partikel dan nyatakan sebagai

$$f[x_1(i)], f[x_2(i)], \dots, f[x_N(i)]$$

5. Cek apakah solusi yang sekarang sudah konvergen. Jika posisi semua partikel menuju ke satu nilai yang sama, maka ini disebut konvergen. Jika belum konvergen maka langkah 4 diulang dengan memperbarui iterasi $i = i + 1$, dengan cara menghitung nilai baru dari $P_{best,j}$ dan G_{best} . Proses iterasi ini dilanjutkan sampai semua partikel menuju ke satu titik solusi yang sama. Biasanya akan ditentukan dengan kriteria penghentian (stopping criteria), misalnya jumlah selisih solusi sekarang dengan solusi sebelumnya sudah sangat kecil.

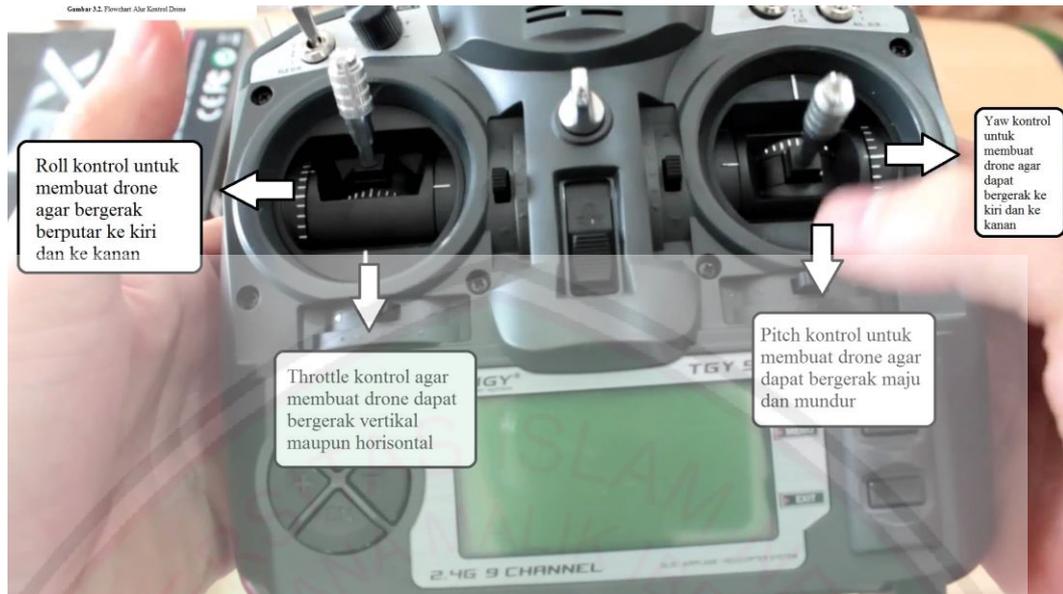
Dengan adanya implementasi algoritma PSO drone diharapkan dapat membantu proses penemuan titik kebakaran dengan cepat dan

efisien. Sensor suhu dan gas berfungsi untuk mendeteksi kebakaran dengan menyimpan data koordinat dari GPS berupa latitude, longitude akan dijadikan parameter untuk penentuan rute (Mapping).

3.5 Sistem Kontrol

Sistem kontrol digunakan sebagai seperangkat aturan yang difungsikan untuk mengatur kendali pada robot quadcopter. Sistem control tersebut berperan penting untuk mengatur perintah agar quadcopter dapat bergerak sesuai dengan intruksi yang dikendalikan oleh pemegang kendali.

Berikut ini adalah konfigurasi pada Compass, yang berguna untuk mengenalkan quadcopter terhadap arah mata angin : utara ; selatan ; timur ; barat ; klik “Live Calibration” kemudian putar quadcopter keseluruhan penjurua mata angin. Konfigurasi selajutnya adalah pengaturan radio calibration, yaitu menghubungkan antara remote control turnigy pada receiver turnigy yang terdapat pada quadcopter. Pengaturan radio calibration akan memastikan bahwa antara remote control dan receiver benar-benar terkoneksi. Ada 4 channel utama untuk mengatur radio calibration, yaitu



Gambar.3.19. Sistem kontrol

- a. Throttle, untuk mengontrol quadcopter secara vertical maupun horizontal
- b. Pitch, untuk mengatur quadcopter agar bergerak maju atau mundur
- c. Roll, untuk mengatur quadcopter agar dapat berputar.
- d. Yaw, untuk mengatur quadcopter agar bergerak ke kiri atau ke kanan

Klik calibrate radio untuk memulai kalibrasi dan klik done ketika selesai, maka muncul dialog yang menandakan bahwa kalibrasi radio telah selesai. Kemudian, konfigurasi terakhir yaitu mode penerbangan, yaitu mengatur channel tertentu agar dapat melaksanakan perintah tertentu secara otomatis.

3.6 Desain Visual Robot

Perancangan berupa visualisasi bentuk robot quadcopter diperlukan untuk menggambarkan realisasi robot yang akan dibangun pada penelitian ini. Desain

visual robot juga menjadi rujukan untuk merakit robot berjenis UAV hingga proses penyelesaian akhir.



Gambar 3.20. Desain Visual Robot Quadcopter

Sebagaimana yang terlihat pada gambar diatas, Robot quadcopter akan dirancang menggunakan frame berbentuk “+” yang dilengkapi dengan 4 baling-baling pada tiap sudut frame. Dimensi robot ini akan dibangun dengan panjang maksimum 30 cm, lebar 30 cm serta tinggi 15 cm. Serta dilengkapi dengan sensor suhu dan gas yang dikontrol melalui Arduino UNO Atmega328 untuk mendapatkan hasil inputan berupa X dan Y (*Longitude, Langitude*).

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini menjelaskan mengenai hasil uji coba dan pembahasan sistem yang telah dibuat. Sub bab yang akan dibahas meliputi implementasi *hardware* dan *software* dan uji coba yang dilakukan penulis. Dilakukan untuk mengetahui kerja dari perangkat keras dan perangkat lunak sistem, apakah dapat berjalan sesuai dengan spesifikasi perencanaan yang telah ditentukan. Serta integrasi keterkaitan sistem yang telah dibuat terhadap kaidah-kaidah islamiyah.

4.1 Kebutuhan Komponen *Hardware* Dan *Software*

Kebutuhan dalam penelitian ini meliputi perangkat lunak (*Software*) dan perangkat keras (*Hardware*) yang digunakan. Spesifikasi perangkat lunak dan perangkat keras yang digunakan dalam uji coba antara lain adalah :

1. Perangkat Keras (*Hardware*)
 - a) Processor Intel(R) Core(TM)i3 CPU 4 GHz.
 - b) Drone (Quadcopter)
 - c) Arduino UNO Atmega328
 - d) GPS
 - e) Sensor Suhu
 - f) Sensor Gas
2. Perangkat Lunak (*Software*)
 - a) Windows 7 Ultimate 64 bit.
 - b) Arduino 1.6.5

- c) Matlab R2008a
- d) *Mission Planer*

4.2 Pengujian Software

Berikut adalah hasil kalibrasi untuk pengujian remote dan quadcopter dalam menyesuaikan tenaga untuk mengontrol propeller saat terbang di udara, yaitu menghubungkan antara remote control turnigy pada *receiver* turnigy yang terdapat pada quadcopter. Pengaturan *radio calibration* akan memastikan bahwa antara remote control dan receiver benar-benar terkoneksi. Dan telah dilakukan beberapa seting pada drone untuk kestabilan dan GPS.



Gambar 4.1. Hasil kalibrasi remot dengan drone

Kemudian, juga telah dilakukan hasil mode penerbangan, yaitu mengatur channel tertentu agar dapat melaksanakan perintah tertentu secara otomatis.



Gambar 4.2. Hasil seting mode penerbangan

4.3 Pengujian Hardware

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan alat ini mampu bekerja dengan baik sehingga apa yang akan dilakukan menjadi simulasi dapat bekerja dengan maksimal. Meskipun jarak yang diinginkan belum bisa seperti apa yang diinginkan namun alat ini mampu bekerja dengan baik dan mampu mendeteksi adanya keberadaan titik kebakaran pada lahan gambut sehingga hasilnya adalah rancang bangun untuk pendeteksian kebakaran dalam pembuatan rute optimum telah berhasil di uji.



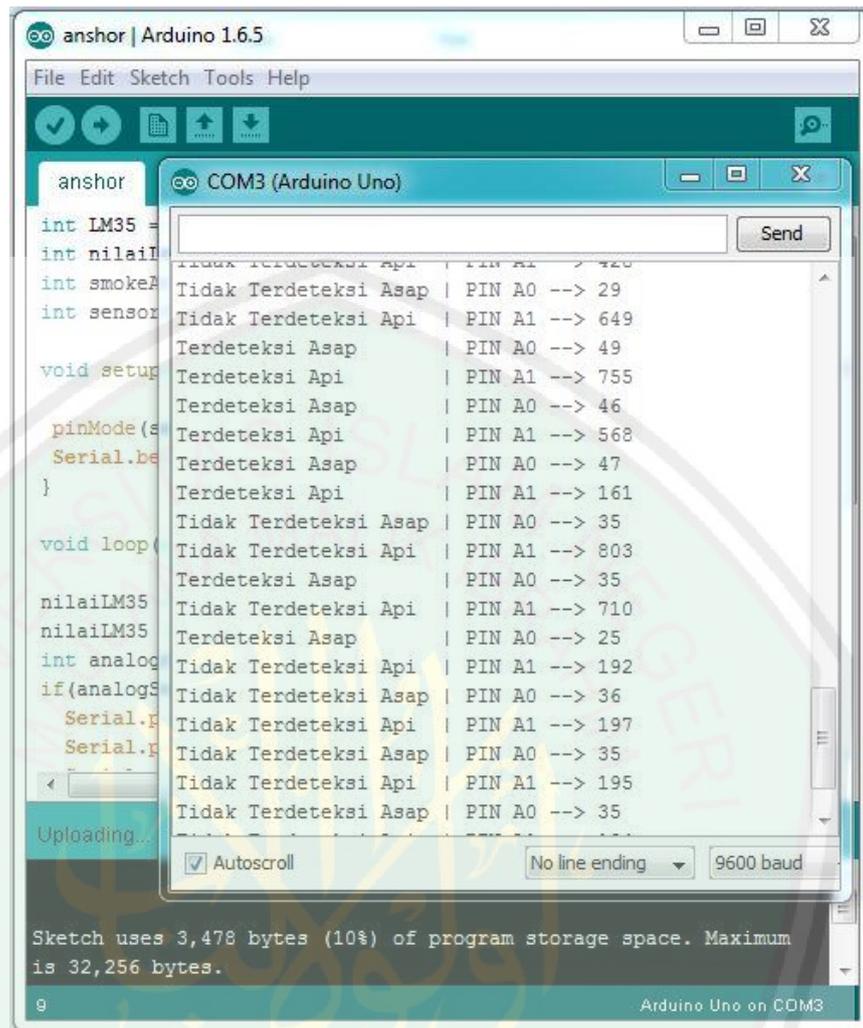
Gambar 4.3. Tampilan *Hardware*

Gambar diatas merupakan tampilan hasil implementasi komponen yang telah dirakit dari beberapa alat hasil analisa perangkat keras, elektronik dan perangkat lunak menjadi satu kesatuan untuk mendukung proses penelitian. Uji coba perangkat keras ini berupa *Quadcopter* yang di terbangkan langsung oleh pilot di lapangan agar mendapatkan titik koordinat berupa *longitute latitute* yang didapatkan dari GPS sehingga menjadi sebuah inputan yang mengacu pada titik koordinat sebagai simulasi untuk mendapatkan rute. Selanjutnya langkah awal yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan proses perakitan *Quadcopter* melibatkan beberapa komponen yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Semua elemen di integrasikan hingga membentuk sebuah sistem yang dapat berfungsi untuk mengambil koordinat *longitute latitute* pada GPS sehingga dapat mendeteksi keberadaan titik api.

Selanjutnya adalah menambahkan komponen tambahan berupa mikrokontroler arduino uno untuk mengontrol kedua sensor yang diletakan pada bagian frame *Quaadcopter*. Sensor suhu dan sensor gas dipasang untuk mendeteksi titik kebakaran yang digunakan sebagai inputan GPS. Berikut ini akan dibahas hasil dari pengujian sensor yang telah diimplementasikan ke dalam sistem.

4.3.1 Pengujian Sensor

Untuk mengetahui apakah sensor yang telah dirancang dapat berkerja dengan baik maka perlu dilakukan pengujian. Tahap pengujian sensor ini penting karena sensor ini yang nantinya akan menjadi inputan untuk menyimpan koordinat dari GPS ketika sensor ini mendeteksi adanya asap dan suhu panas pada lahan gambut. Rangkain sensor tersebut telah dipasang pada drone yang akan melakukan survey lokasi kebakarann untuk menghasilkan simulasi rute yang dihasilkan. Berikut ini adalah tampilan sensor dan rangkaian mikrokontroller yang telah dipasang pada drone.



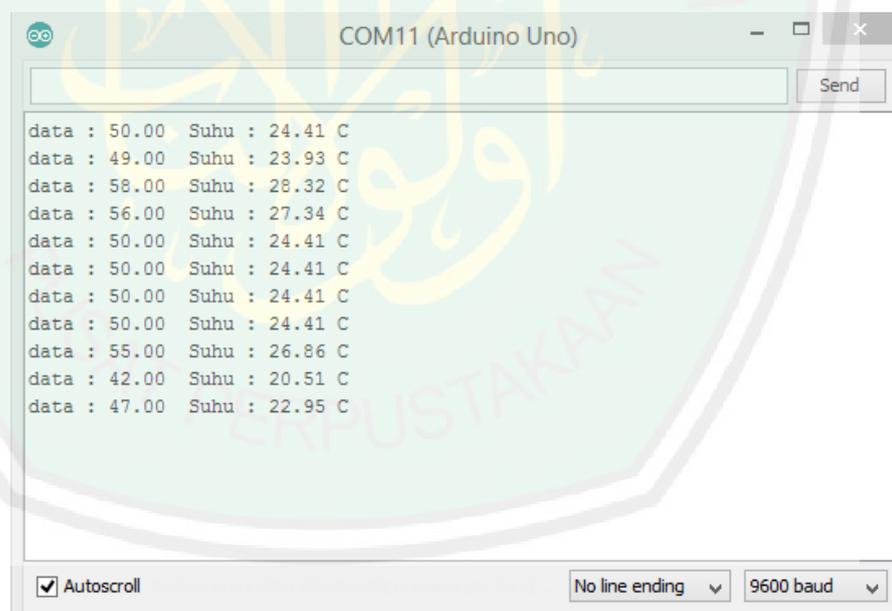
Gambar 4.4. Hasil Uji Coba Deteksi Sensor

Dari hasil pengujian sensor program diatas dapat dibaca bahwa kedua sensor yang telah dipasang ke dalam rangkaian quadcopter dapat bekerja dengan baik sehingga keberadaan kebakaran dapat diketahui posisinya lewat sensor tersebut saat mendeteksi adanya gas asap dan suhu panas yang dihasilkan dari kebakaran tersebut. Dengan ketentuan pada program sensor gas dapat membaca adanya kebakaran ketika variabel 450 keatas maka dapat ditentukan di posisi tersebut terdapat titik kebakaran. Dan

sensor suhu variabel 50 keatas. Selanjutnya data posisi kebakaran dari sensor diatas akan disimpan dan dilanjutkan ke dalam pengujian sistem *Software*.

4.3.1.1 Pengujian Sensor Suhu

Sensor ini telah dilakukan tahap pengujian untuk mengambil data ketika mendeteksi keberadaan titik panas. Alat ini mampu bekerja ketika dalam kondisi suhu yang telah ditentukan. Berikut ini adalah hasil pengujian dari sensor suhu yang digunakan untuk mengontrol sensor tersebut saat mendeteksi adanya titik api. Hasil perhitungan suhu ditampilkan dalam serial monitor arduino secara real-time setiap 1000 milisekon.



Gambar 4.5. Hasil Uji Coba Sensor Suhu

Program diatas akan membaca data dari sensor suhu pada pin A0 di board Arduino kemudian mengkonversinya menjadi suhu. Informasi suhu akan dikirim ke komputer melalui komunikasi serial

dengan baud rate 9600 setiap 1000 milisekon. Variabel suhu dan data menggunakan float, yaitu tipe data yang memungkinkan memuat angka desimal. Di sini menggunakan desimal karena adanya pembagian sehingga jika kita menggunakan integer, maka hasil perhitungan kita kurang presisi karena hasil pembagiannya akan selalu dibulatkan.

Fungsi `analogRead()` digunakan untuk membaca masukan dari sensor analog. Nilai dari analog read ini berkisar dari 0 hingga 1023 berdasarkan kemampuan dari mikrokontroler dalam mencacah dari 0 – 5 volt. Selanjutnya hasil perhitungan suhu akan dimasukkan dalam variabel suhu, lalu nilai dari variabel suhu akan ditampilkan melalui `Serial.print(suhu)`. Sensor ini mulai bekerja ketika mendeteksi adanya suhu panas maka sensor ini mengirimkan sinyal ke arduino melalui pin analog input A0 kemudian oleh arduino di klasifikasi sesuai nilai 50 c apabila kurang dari itu maka dianggap tidak terdeteksi dan apabila melebihi itu maka mendeteksi kebakaran.

4.3.1.2 Pengujian Sensor Gas

Sensor ini telah dilakukan tahap pengujian untuk mengambil data ketika mendeteksi keberadaan gas yang dikonversi menjadi asap. Alat ini mampu bekerja ketika dalam kondisi gas asap yang telah ditentukan. Sensor ini mulai bekerja ketika mendeteksi adanya asap maka sensor ini mengirimkan sinyal ke arduino melalui pin

analog input A0 kemudian oleh arduino di klasifikasi sesuai nilai treshold 450 apabila kurang dari itu maka dianggap tidak mendeteksi asap dan apabila melebihi itu maka mendeteksi asap.

```

COM4 (Arduino Uno)
Send
Pin A0: 200 | Tidak Terdeteksi Asap
Pin A0: 197 | Tidak Terdeteksi Asap
Pin A0: 196 | Tidak Terdeteksi Asap
Pin A0: 194 | Tidak Terdeteksi Asap
Pin A0: 236 | Tidak Terdeteksi Asap
Pin A0: 317 | Tidak Terdeteksi Asap
Pin A0: 371 | Tidak Terdeteksi Asap
Pin A0: 400 | Tidak Terdeteksi Asap
Pin A0: 447 | Tidak Terdeteksi Asap
Pin A0: 732 | Terdeteksi Asap
Pin A0: 832 | Terdeteksi Asap
Pin A0: 848 | Terdeteksi Asap
Pin A0: 868 | Terdeteksi Asap
Pin A0: 889 | Terdeteksi Asap
Pin A0: 905 | Terdeteksi Asap
Pin A0: 915 | Terdeteksi Asap
Pin A0: 916 | Terdeteksi Asap
Pin A0: 864 | Terdeteksi Asap
Pin A0: 370 | Tidak Terdeteksi Asap
Pin A0: 258 | Tidak Terdeteksi Asap
Pin A0: 254 | Tidak Terdeteksi Asap
Pin A0: 304 | Tidak Terdeteksi Asap
Pin A0: 311 | Tidak Terdeteksi Asap
Autoscroll No line ending 9600 baud

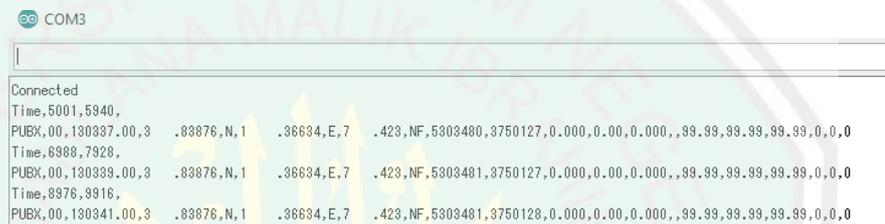
```

Gambar 4.6. Hasil Uji Coba Sensor Gas

Hasil perhitungan asap ditampilkan dalam serial monitor arduino secara real-time setiap 1000 milisekon. Sesuai hasil uji coba berjarak 1-3 meter masih terdeteksi asap ketika lebih dari jarak tersebut sensor tidak dapat bekerja dengan maksimal.

4.3.1.3 Pengujian GPS

GPS dalam pengujian ini berperan sangat penting terhadap penentuan rute dikarenakan parameter mengacu pada koordinat yang telah didapatkan dari hasil data survey lokasi. Sebelum diberikan metode untuk mendukung penentuan jalur terpendek yang hasilnya nanti akan divisualisasikan dari MATLAB pada sistem yang telah dibuat ini.



```

COM3
Connected
Time,5001,5940,
PUBX,00,130337.00,3 .83876,N,1 .36634,E,7 .423,NF,5303480,3750127,0.000,0.00,0.000,,99.99,99.99,99.99,0,0,0
Time,6988,7928,
PUBX,00,130339.00,3 .83876,N,1 .36634,E,7 .423,NF,5303481,3750127,0.000,0.00,0.000,,99.99,99.99,99.99,0,0,0
Time,8976,9916,
PUBX,00,130341.00,3 .83876,N,1 .36634,E,7 .423,NF,5303481,3750128,0.000,0.00,0.000,,99.99,99.99,99.99,0,0,0

```

Gambar 4.7. Hasil Uji Coba GPS

Data diatas adalah hasil uji coba GPS ke arduino untuk menentukan lokasi terjadinya kebakaran dengan mengambil inputan data nimea melalui SD card *wafeshare* dan TTL untuk mengambil X dan Y nya saja yang lain tidak perlu disimpan ke memori.

4.4 Uji Terbang

Hasil uji coba terbang drone untuk mengambil data inputan dari longitude, latitude GPS dengan survey lokasi sesuai simulasi yang dibuat secara manual di lapangan. Maka diperlukan pilot untuk membawa drone ke

lokasi yang menjadi parameter sumber titik api sebagai inputan koordinat yang didapatkan.



Gambar 4.8. Uji terbang sesuai simulasi dilapangan

Dengan ketinggian sekitar 10 sampai 15 meter sensor yang telah dipasang di dalam drone belum mampu mendeteksi adanya titik api dan ketika jarak dengan object sekitar 1-3 meter baru sensor dapat mendeteksi adanya potensi kebakaran selanjutnya data koordinat tersebut disimpan ke dalam memori untuk dilakukan pengujian ke tahap sistem *software*.

Uji Terbang ini dikendalikan manual oleh pilot dengan menggunakan *remote control* turnigy 9 canel frekuensi 2.4 GHz. Adapun kendala saat melakukan test uji coba yaitu seorang pilot harus menguasai medan ketika mengendalikan pesawat tanpa awak *quadcopter*. Dari hasil simulasi terbang ini maka data yang diperoleh akan di *input* ke dalam sistem yang telah dibuat dengan menggunakan metode *particle swarm optimization*.



Gambar 4.9. Menentukan koordinat GPS

4.5 Hasil Implementasi Algoritma PSO

Berikut ini adalah hasil dari implementasi metode particle swarm optimization yang telah diimplementasikan ke dalam sistem penentuan rute terdekat dan optimum. Sehingga jarak antar koordinat dari hasil pembuatan rute terpendek bisa diatasi dengan menggunakan metode PSO. Dibawah ini adalah uji coba implementasi algoritma PSO yang di program untuk seting waypoint koordinat untuk implementasi ke dalam sistem ini. Dari hasil uji coba telah ditemukan bahwa nilai rata-rata jarak minimum pada proses penentuan rute yaitu bernilai 151 dengan hanya memakan waktu 0.0936 *milisecond*. Dengan *waypoint* yang dilalui meliputi koordinat { 3, 4, 8, 6, 2, 7, 1, 5, 3 }.

```

Koordinat =
    0    18    9    12    8    24    3    21
   18    0    27    17    14    26    7    27
    9    27    0    19    16    30    15    29
   12    17    19    0    21    41    19    33
    8    14    16    21    0    53    32    36
   24    26    30    41    53    0    40    39
    3    7    15    19    32    40    0    44
   21    27    29    33    36    39    44    0

>> [rute_optimum,jarak_minimum,t]=psfortsp5kota(Koordinat,100,0,100,100)

waypoints =

-7.9622  112.6222
-7.9518  112.6056
-7.9578  112.6100
-7.9628  112.6163
-7.9524  112.6107
-7.9465  112.6132
-7.9372  112.6043
-7.9378  112.6246

rute_optimum =
     3     4     8     6     2     7     1     5     3

jarak_minimum =

    151

t =

    0.0936

```

4.6 Pengujian Sistem

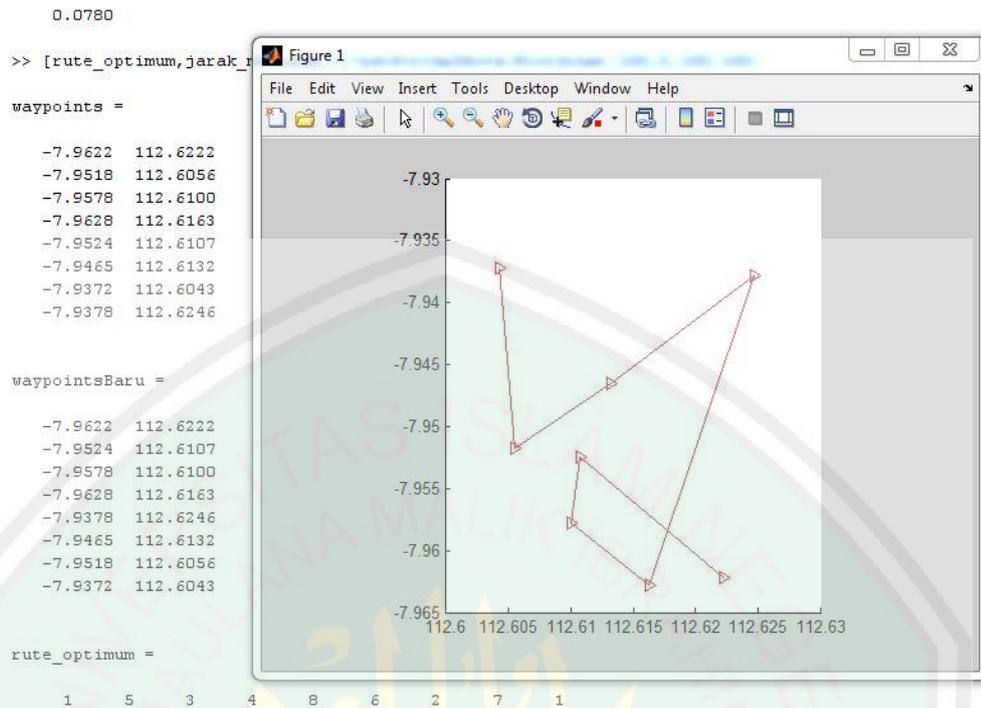
Pengujian sistem ini dilakukan untuk menentukan rute tercepat dengan mengimplementasikan metode PSO didalamnya yang hasilnya nanti akan diketahui dari aplikasi yang telah dibuat. Untuk tampilan interface sistem Button “Map” akan menampilkan rute yang dihasilkan dari survey lokasi terjadinya kebakaran dengan menjadikan koordinat sebagai parameter telah diidentifikasinya keberadaan persebaran titik api di lapangan. Button “About” berisi tentang pembuat aplikasi yang dijalankan sedangkan button aplikasi yang didapatkan dari GPS. Berikut ini adalah tabel yang didapatkan dari hasil inputan sensor pada saat mendeteksi adanya titik api di lapangan

dan menginstruksikan bahwa mikrokontroller yang akan mengambil data koordinat dan disimpan di Sdcard *wafeshare*

Tabel 4.1 Koordinat

No	Longitude	Latitude
1	-7.9621572	112.622207
2	-7.9517969	112.605553
3	-7.9578017	112.6100269
4	-7.962774	112.616289
5	-7.9524401	112.6107294
6	-7.9465253	112.6132067
7	-7.9372192	112.6042701
8	-7.9377867	112.6246342

Dari pengujian tahap 1 diketahui waypoint menghasilkan koordinat longitude, latitude dan telah ditemukan hasil rute terdekat dari pengujian sistem yang menjadi inputan koordinat diatas. Implementasi metode yang di buat di dalam sistem ini berhasil mengambil data tercepat dari hasil inisiasi partikel terbaik untuk menghasilkan jarak terdekat dalam mengeksekusi data diantara semua partikel yang telah diinputkan ke dalam sistem ini. Dibawah ini adalah hasil dari pengambilan jarak terpendek untuk visualisasi rute pemadaman berbasis sistem informasi.



Gambar 4.10. Hasil Pengujian Sistem

Dari hasil uji coba diatas maka telah ditarik kesimpulan penelitian ini berhasil mendapatkan titik terjadinya kebakaran dan telah divisualisasikan ke dalam bentuk rute melalui koordinat yang didapatkan dari hasil uji coba simulasi di lapangan dan ditemukan data tercepat untuk memadamkan titik api dengan menggunakan algoritma *particle swarm optimization*.

Integrasi Dengan Islam

Penelitian yang dijalankan menghasilkan keluaran berupa *waypoint* untuk menentukan lokasi dalam memadamkan kebakaran lahan gambut. Dari sini kita mengerti bahwasanya agama islam yang mengajarkan kita untuk terus peduli terhadap lingkungan yang ada di sekitar kita. Seperti yang termaktub dalam ayat Al-quran surat Ar-Rum ayat 41-42.

قُلْ لَعَلَّهُمْ غَمَلُوا الَّذِي بَعْضَ لِيُذِيقَهُمُ النَّاسِ أَيْدِي كَسَبَتْ بِمَا وَالْبَحْرِ الْبَرِّ فِي الْفَسَادُ ظَهَرَ
 يَرْجِعُونَ (٤١) أَكْثَرُهُمْ كَانَ قَبْلَ مِنَ الَّذِينَ عَابَهُ كَانَ كَيْفَ فَانظُرُوا الْأَرْضِ فِي سِيرُوا
 مُشْرِكِينَ (٤٢)

Artinya : “Telah tampak kerusakan di darat dan dilaut disebabkan perbuatan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar). Katakanlah : Adakanlah perjalanan dimuka bumi dan perhatikanlah bagaimana kesudahan orang-orang yang dulu. Kebanyakan dari mereka itu adalah orang-orang yang mempersekutukan (Allah).” (QS Ar Rum : 41-42)

Selain untuk beribadah kepada Allah, manusia juga diciptakan sebagai khalifah dimuka bumi. Sebagai khalifah, manusia memiliki tugas untuk memanfaatkan, mengelola dan memelihara alam semesta. Allah telah menciptakan alam semesta untuk kepentingan dan kesejahteraan semua makhluk-Nya, khususnya manusia.

Keserakahan dan perlakuan buruk sebagian manusia terhadap alam dapat menyengsarakan manusia itu sendiri. Tanah longsor, banjir, kekeringan, tata ruang daerah yang tidak karuan dan udara serta air yang tercemar adalah

buah kelakuan manusia yang justru merugikan manusia dan makhluk hidup lainnya.

Islam mengajarkan agar umat manusia senantiasa menjaga lingkungan. Hal ini seringkali tercermin dalam beberapa pelaksanaan ibadah, seperti ketika menunaikan ibadah haji. Dalam haji, umat Islam dilarang menebang pohon-pohon dan membunuh binatang. Apabila larangan itu dilanggar maka ia berdosa dan diharuskan membayar denda (dam). Lebih dari itu Allah SWT melarang manusia berbuat kerusakan di muka bumi

Tentang memelihara dan melestarikan lingkungan hidup, banyak upaya yang bisa dilakukan, misalnya rehabilitasi SDA berupa hutan, tanah dan air yang rusak perlu ditingkatkan lagi. Dalam lingkungan ini program penyelamatan hutan, tanah dan air perlu dilanjutkan dan disempurnakan. Pendayagunaan daerah pantai, wilayah laut dan kawasan udara perlu dilanjutkan dan makin ditingkatkan tanpa merusak mutu dan kelestarian lingkungan hidup.

Ayat tersebut telah memotivasi peneliti untuk mencari solusi terhadap masalah yang meresahkan masyarakat saat ini terutama yang tinggal di hutan gambut. Solusinya penulis telah meneliti bagaimana caranya supaya penanganan tentang kebakaran hutan gambut bisa cepat diselesaikan dengan membuat jalur pemadaman yang lebih efisien dan tidak memakan korban. Didalam Al-quran juga diterangkan bahwasanya kita sebagai umat manusia diharuskan untuk tetap melestarikan lingkungan sehingga apa yang allah telah dianugerahkan kepada kita dapat dinikmati oleh anak dan cucu kita suatu saat nanti seperti yang terkandung dalam Al-Quran Surat Al A'raf : 56-58.

قَرِيبُ اللَّهِ رَحْمَتِ إِنَّ وَطَمَعاً خَوْفًا وَادْعُوهُ إِصْلَاحِهَا بَعْدَ الْأَرْضِ فِي تَفْسِدُوا وَلَا
الْمُحْسِنِينَ مَنْ (٥٦)

مَيِّتٍ بَلَدٍ سُقْنَاهُ ثَقَالاً سَحَاباً أَقَلَّتْ إِذَا حَتَّى رَحْمَتِهِ يَدِي بَيْنَ بَشَرًا الرِّيحَ يُرْسِلُ الَّذِي وَهُوَ
تَذَكَّرُونَ لَعَلَّكُمْ الْمَوْتَى نُخْرِجُ كَذَلِكَ الثَّمَرَاتِ كُلِّ مِنْ بِهِ فَأَخْرَجْنَا الْمَاءَ بِهِ فَأَنْزَلْنَا (٥٧)
نُصْرَفُ كَذَلِكَ نَكِدًا إِلَّا يَخْرُجُ لَا خَبَثٌ وَالَّذِي رَبَّهُ بِإِذْنِ نَبَاتُهُ يَخْرُجُ الطَّيِّبُ وَالْبَلَدُ
يَشْكُرُونَ لِقَوْمِ الْآيَاتِ (٥٨)

Artinya : “Dan janganlah kamu berbuat kerusakan di muka bumi sesudah (Allah) memperbaikinya dan berdoalah kepadanya rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik. Dan dialah yang meniupkan angin sebagai pembawa berita gembira sebelum kedatangan rahma Nya (hujan) hingga apabila angin itu telah membawa awan mendung, kami halau ke suatu daerah yang tandus, lalu kami turunkan hujan di daerah itu. Maka kami keluarkan dengan sebab hujan itu berbagai macam buah-buahan. Seperti itulah kami membangkitkan orang-orang yang telah mati, mudah-mudahan kamu mengambil pelajaran. Dan tanah yang baik, tanam-tanamannya tumbuh dengan seizin Allah, dan tanah yang tidak subur, tanaman-tanamannya hanya tumbuh merana. Demikianlah kami mengulangi tanda-tanda kebesaran (Kami) bagi orang-orang yang bersyukur.” (QS Al A’raf : 56-58)

Bumi sebagai tempat tinggal dan tempat hidup manusia dan makhluk Allah lainnya sudah dijadikan Allah dengan penuh rahmat-Nya. Gunung-gunung, lembah-lembah, sungai-sungai, lautan, daratan dan lain-lain semua

itu diciptakan Allah untuk diolah dan dimanfaatkan dengan sebaik-baiknya oleh manusia, bukan sebaliknya dirusak dan dibinasakan

Hanya saja ada sebagian kaum yang berbuat kerusakan di muka bumi. Mereka tidak hanya merusak sesuatu yang berupa materi atau benda, melainkan juga berupa sikap, perbuatan tercela atau maksiat serta perbuatan jahiliyah lainnya. Akan tetapi, untuk menutupi keburukan tersebut sering kali mereka menganggap diri mereka sebagai kaum yang melakukan perbaikan di muka bumi, padahal justru merekalah yang berbuat kerusakan di muka bumi

Allah SWT melarang umat manusia berbuat kerusakan di muka bumi karena Dia telah menjadikan manusia sebagai khalifah-Nya. Larangan berbuat kerusakan ini mencakup semua bidang, termasuk dalam hal muamalah, seperti mengganggu kehidupan dan sumber-sumber kehidupan orang lain. Allah menegaskan bahwa salah satu karunia besar yang dilimpahkan kepada hamba-Nya ialah Dia menggerakkan angin sebagai tanda kedatangan rahmat-Nya. Angin yang membawa awan tebal, dihalau ke negeri yang kering dan telah rusak tanamannya karena tidak ada air, sumur yang menjadi kering karena tidak ada hujan, dan kepada penduduk yang menderita lapar dan haus. Lalu Dia menurunkan hujan yang lebat di negeri itu sehingga negeri yang hampir mati tersebut menjadi subur kembali dan penuh berisi air. Dengan demikian, Dia telah menghidupkan penduduk tersebut dengan penuh kecukupan dan hasil tanaman-tanaman yang berlimpah ruah.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh penulis, identifikasi peat fire menggunakan drone untuk visualisasi rute pemadaman berbasis sistem informasi geografis dengan menggunakan metode *particle swarm optimization*, yang telah dilakukan uji coba dapat ditarik kesimpulan pencarian jalur terpendek dengan menggunakan metode *particle swarm optimization* akan menghasilkan data yang akurat dan lebih cepat dikarenakan inisiasi partikel di sesuaikan dengan jarak terbaik. Sehingga diantara partikel satu dan lainnya akan saling terkait.

5.2 Saran

Dalam pembuatan alat dan sistem pendeteksi kebakaran gambut untuk mendapatkan rute dengan menggunakan metode *particle swarm optimization* masih terdapat beberapa kelemahan. Oleh karenanya penulis berharap agar sistem ini dapat dikembangkan lagi. Komponen yang digunakan seperti sensor tipe *lm35* masih belum dapat digunakan dengan maksimal karena terkendala jarak yang cukup jauh dari titik kebakaran dengan drone sehingga suhu panas yang dihasilkan dari api tidak terdeteksi dengan maksimal begitu juga dengan sensor gas yang dikonversi menjadi pendeteksi asap masih belum dapat digunakan untuk mendeteksi asap dengan maksimal dikarenakan asap yang seharusnya dapat di deteksi oleh sensor akan menjauh ketika drone mendekati object tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Waliadi, Suhada, dan Dedi. (2005). *Mengelola Bencana Kebakaran Lahan dan Hutan*. Palangkaraya: CARE International Indonesia.
- [2] Waluyo. (2010). *Pencarian Jalur Terbaik Menggunakan Particle Swarm Optimization* untuk mengoptimasi Lalu Lintas Kendaraan, Bidang Studi Teknik Komputer & Telematika, Jurusan Teknik Elektro ITS Surabaya.
- [3] Fahmuddin Agus dan I.G. Made Subiksa. (2008). *Lahan Gambut: Potensi untuk Pertanian dan Aspek Lingkungan*. Balai Penelitian Tanah dan *World Agroforestry Centre (ICRAF)*.
- [4] Eero Paavilainen dan Juhani Päivänen. (1995). *Peatland Forestry: Ecology and Principles*. Springer.
- [5] Novichasari Suamanda Ika, 2015. *Particle Swarm Optimization Meningkatkan Akurasi Naïve Bayes Classifier*. Didownload pada 03 Februari 2016.
- [6] Eberhart, R.C., and Kennedy, J. *A new optimizer using particle swarm theory*. *Proceedings of the sixth International Symposium on Micro Machine and Human Science*, Nagoya, Japan, 39-43. Piscataway, NJ: IEEE Service Center.
- [7] Husein, Rahmad. *Konsep Dasar Sistem Informasi Geografis*, (Online), (<http://www.ilmukomputer.com> diakses 03 Februari 2016)
- [8] Kennedy and R. C. Eberhart. *Particle swarm optimization*. In *Proceedings of the 1995 IEEE International Conference on Neural Networks*. IEEE Service Center, Piscataway, 1995.
- [9] Budi Santosa dan Paul Willy, *Metoda metaheuristik, Konsep dan Implementasi*, Graha Ilmu 2011.

- [10] J. Kennedy and R. C. Eberhart. *Particle swarm optimization*. In Proceedings of the 1995 *IEEE International Conference on Neural Networks*. IEEE Service Center, Piscataway, 1995.
- [11] Singiresu S. Rao. *Engineering Optimization, Theory and Practice*. John Wiley & Sons, New York, fourth edition, 2009.
- [12] Y. Shi and R. C. Eberhart. *Parameter selection in particle swarm optimization*. In V. W. Porto, N. Saravanan, D. Waagen, and A. Eibe, editors, *Proceedings of the Seventh Annual Conference on Evolutionary Programming*, page 591-600. Springer-Verlag, 1998.
- [13] Hansson, A., 2010, *Quadrotor UAV Konstruktion och användbarhetsstudie avn UAV i sensornätverk*, Uppsala Universitet, Uppsala.
- [14] Bresciani T (2008). *Modelling, identification and control of a quadrotor helicopter*. M.Sc. Thesis, Department of Automatic Control, Lund University.
- [15] Luukonen, T., 2011, *Modeling and Control of Quadcopter*, Aalto University, Espoo.
- [16] Miguel, J., 2009, *Quadrotor Prototype*, Technical University of Lisbon, Lisboa.
- [17] Puntadewo, A+. 2003. *Sistem Informasi Geografis Untuk Pengelolaan Sumberdaya Alam*, Jakarta: Graha Ilmu. (Online), (http://www.cifor.cgiar.org/publications/pdf_files/Books/SIGeografis/SIG-part-2.pdf diakses 12 Agustus 2016)
- [18] Margiasih, Yohana Sekty. 2007. *Penerapan Algoritma Dijkstra Dalam Penentuan Rute Perjalanan Wisata Dengan Dukungan SIG Berbasis Web*. Malang: Universitas Brawijaya.

[19] Sembiring. 2007. *Konsep Sistem Informasi Geografis*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

