



TUGAS AKHIR - TE 141599

**RANCANG BANGUN ALAT PEMBUAT PETA
KONSENTRASI GAS KARBON MONOKSIDA (CO) PADA
*UNMANNED AERIAL VEHICLE***

Ferry Kurniadi
NRP 0711144000021

Dosen Pembimbing
Ronny Mardiyanto, ST., MT., Ph.D.

DEPATERMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



TUGAS AKHIR - TE 141599

**RANCANG BANGUN ALAT PEMBUAT PETA
KONSENTRASI GAS KARBON MONOKSIDA (CO) PADA
*UNMANNED AERIAL VEHICLE***

Ferry Kurniadi
NRP 0711144000021

Dosen Pembimbing
Ronny Mardiyanto, ST., MT., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



FINAL PROJECT - TE 141599

***DESIGN AND IMPLEMENTATION OF CARBON
MONOXIDE (CO) GAS CONCENTRATION MAPPING
DEVICE ON UNMANNED AERIAL VEHICLE***

Ferry Kurniadi
NRP 0711144000021

Supervisor
Ronny Mardiyanto, ST., MT., Ph.D.

ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Electrical Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2018

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “Rancang Bangun Alat Pembuat Peta Konsentrasi Gas Karbon Monoksida (CO) pada *Unmanned Aerial Vehicle*” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 20 Juli 2018

Ferry Kurniadi
NRP. 0711 14 40000 021

**RANCANG BANGUN ALAT PEMBUAT PETA
KONSENTRASI GAS KARBON MONOKSIDA (CO) PADA
UNMANNED AERIAL VEHICLE**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

Pada

**Bidang Studi Elektronika
Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Menyetujui :

Dosen Pembimbing



Ronny Mardiyanto, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 198101182003121003



JULI, 2018

RANCANG BANGUN ALAT PEMBUAT PETA KONSENTRASI GAS KARBON MONOKSIDA (CO) PADA *UNMANNED AERIAL VEHICLE*

Nama : Ferry Kurniadi
Pembimbing : Ronny Mardiyanto, ST., MT., Ph.D.

ABSTRAK

Alat pembuat peta konsentrasi gas karbon monoksida (CO) pada *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) adalah alat yang dapat membuat peta konsentrasi gas CO pada suatu wilayah berdasarkan pembacaan sensor gas MQ-7 dan koordinat dari *Global Positioning System* (GPS), alat ini juga dapat membuat peta udara yang diambil dari kamera pada UAV. Dalam tugas akhir ini, gas yang akan dipetakan adalah gas CO. Data dari sensor gas dan GPS akan disimpan pada microSD. Data yang diperoleh akan diolah kembali dengan komputer yang nantinya akan digabungkan menjadi peta konsentrasi gas CO. Banyak alat pemantau kualitas udara yang sudah ada seperti *Air Quality Monitoring Sensor* (AQMS) yang digunakan untuk memantau kualitas udara nasional oleh Kementerian Negara Lingkungan Hidup. Namun alat ini tidak dapat berpindah tempat dan hanya memantau kualitas udara pada wilayah yang kecil (*stand alone system*). Sehingga pada tugas akhir ini dirancang dan dibuat Alat Pembuat Peta Konsentrasi Gas Karbon Monoksida (CO) pada *Unmanned Aerial Vehicle* yang dapat memetakan konsentrasi gas CO pada wilayah yang luas (*mobile system*)

Alat yang dirancang sudah berhasil dibuat dengan ukuran 6.5 cm x 5 cm x 2 cm dan dipasang pada UAV. Beberapa pengujian telah dilakukan, salah satunya di Jl. Raya Raci, Sawah, Masangan, Bangil, Pasuruan, Jawa Timur dengan waktu terbang selama 10 menit dan berhasil memetakan wilayah dengan luas 275.248,959 m². Alat ini memiliki ketelitian pembacaan sensor gas MQ-7 sebesar 6.675%.

Kata kunci: Pemetaan, Gas Karbon Monoksida (CO), *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV)

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF CARBON MONOXIDE (CO) GAS CONCENTRATION MAPPING DEVICE ON UNMANNED AERIAL VEHICLE

Name : Ferry Kurniadi
Supervisor : Ronny Mardiyanto, ST., MT., Ph.D.

ABSTRACT

Carbon monoxide (CO) gas concentration mapping device on unmanned aerial vehicle is a tool that can make a map of CO gas concentration in a region based on gas sensor measurement and GPS plane coordinates, this device can create an aerial map taken from the camera on the UAV. In this final project, gas to be mapped is carbon monoxide (CO). Data from gas sensor and GPS will be stored on microSD. The data will be processed again with computer that will be combined into a map of CO gas concentration. Many existing air quality monitoring tools such as Air Quality Monitoring Sensor (AQMS) are used to monitoring national air quality by the State Ministry of the Environment. But this tool can not move and only monitoring air quality in a small area (stand alone system). So in this final project is designed and made Carbon Monoxide (CO) Gas Concentration Mapping Device on Unmanned Aerial Vehicle that can made map of CO gas concentration on a large area (mobile system).

The designed tools have been successfully created with dimensions tool 6.5 cm x 5 cm x 2 cm and implemented. Several tests have been conducted at the location of Jl. Raya Raci, Sawah, Masangan, Bangil, Pasuruan, East Java with 10 minutes flight time and successfully mapped an area of 275.248,959 m². This tool has the accuracy of gas sensor readings of 6,675%.

Keywords: Mapping, Carbon Monoxide Gas (CO), Unmanned Aerial Vehicle (UAV)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Allah SWT atas berkat dan hikmat yang diberikan, penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul **“RANCANG BANGUN ALAT PEMBUAT PETA KONSENTRASI GAS KARBON MONOKSIDA (CO) PADA *UNMANNED AERIAL VEHICLE*”**, sebagai salah satu persyaratan dalam menyelesaikan pendidikan program Strata-Satu di Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Dalam penyusunan dan penyelesaian laporan Tugas Akhir ini penulis mendapatkan banyak sekali doa, bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Orang tua, yang tak henti-hentinya memberikan semangat dan kasih sayang yang luar biasa kepada penulis.
2. Bapak Ronny Mardiyanto, ST., MT., Ph.D selaku dosen pembimbing atas gagasan topik tugas akhir serta bimbingan dan arahan untuk penulis selama mengerjakan tugas akhir.
3. Seluruh dosen bidang studi elektronika Departemen Teknik Elektro ITS.
4. Teman-teman bidang studi elektronika yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang telah membantu dan memberikan semangat kepada penulis selama menjalani perkuliahan di Departemen Teknik Elektro ITS.

Penulis menyadari bahwa masih banyak yang dapat dikembangkan pada tugas akhir ini. Oleh karena itu penulis menerima setiap masukan dan kritik yang diberikan. Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi banyak pihak.

Surabaya, 20 Juli 2018

Ferry Kurniadi

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	i
TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Metodologi Penelitian.....	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
1.7. Relevansi	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Unmanned Aerial Vehicle (UAV)	7
2.2. Arduino.....	8
2.3. ATmega 2560.....	8
2.4. Sensor Gas Semikonduktor.....	9
2.5. Sensor Gas MQ-7	10
2.6. Global Positioning System (GPS).....	11
2.7. UBLOX NEO-M8N.....	12
2.8. BMP280.....	13
2.9. MicroSD	14
2.10. MicroSD Module	15
2.11. Buck Converter DC-DC	15
2.12. Baterai LiPo (Lithium Polymer)	16
2.13. Gas Karbon Monoksida (CO).....	17
2.14. Eksponensial Filter	18
2.15. Regresi Polinomial.....	18
2.16. Microsoft Visual Studio	18
2.17. OpenCV	19
2.18. Image Composite Editor (ICE).....	20
2.19. Tinjauan Pustaka.....	20

2.19.1.	Pemetaan Distribusi Gas Polutan Menggunakan Quadcopter Berbasis Autonomous Waypoint Navigation [2]	21
2.19.2.	<i>Implementation of Hazardous Chemical Gas Monitoring System Using Unmanned Aerial Vehicle (UAV)</i> [22]	21
2.19.3.	<i>Design of Real-Time Gas Monitoring System Based-on Wireless Sensor Networks for Merapi Volcano</i> [23]	21
2.19.4.	<i>Research in Automobile Exhaust Gas of Sulfur Dioxide and Nitrogen Dioxide Monitoring WSN and Optimization Coverage Algorithm</i> [24].....	22
2.19.5.	Monitoring Co dan Deteksi Dini Kebocoran Gas LPG pada Perumahan Menggunakan Wireless Sensor Network[25]	22
2.19.6.	<i>Desain Wireless Sensor Network untuk Monitoring Pencemaran Udara di Lingkungan Outdoor</i> [26]	22
2.19.7.	<i>Internet-based monitoring and warning system of methane gas generated in garbage center</i> [27] ...	23
BAB III PERANCANGAN SISTEM		25
3.1.	Diagram Blok Sistem	26
3.2.	Perancangan Perangkat Keras	27
3.2.1.	Mikrokontroler ATmega 2560	27
3.2.2.	<i>Bootloader</i> Mikrokontroler ATmega 2560.....	29
3.2.3.	<i>Downloader</i> Mikrokontroler ATmega 2560.....	29
3.2.4.	Sensor Gas MQ-7	30
3.2.5.	Sensor Barometer BMP280	30
3.2.6.	GPS.....	31
3.2.7.	Rangkaian microSD.....	32
3.2.8.	<i>Board</i> Mikrokontroler Terpadu	34
3.3.	Perancangan Perangkat Lunak	38
3.2.1.	Pembacaan BMP280.....	38
3.2.2.	Pembacaan UBLOX NEO-M8N	38
3.2.3.	Pembacaan MQ-7	39
3.2.4.	Penyimpanan Data	39
3.2.5.	Perhitungan Durasi Perekaman.....	40
3.2.6.	Pembuatan Skala Koordinat.....	41
3.4.	Langkah-langkah Pembuatan Peta Konsentrasi Gas CO..	

.....	41
3.4.1. Pengambilan Data.....	41
3.4.2. Pengolahan Data Menjadi Peta.....	43
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS	47
4.1. Pengujian BMP280	47
4.2. Pengujian UBLOX NEO-M8N.....	49
4.3. Kalibrasi Sensor MQ-7	49
4.4. Pengujian Sensor MQ-7.....	50
4.5. Pengujian Keseluruhan Sistem	53
4.4.1. Pengujian di Darat Rute Keputih – ITS.....	53
4.4.2. Pengujian di Teras Kota Residen	58
4.4.3. Pengujian di <i>Field Aeromodelling Air Force RACI</i> 63	
4.6. Pembuatan Peta Konsentrasi Gas CO	67
4.4.1. Penggabungan Foto	68
4.4.2. Pengolahan Data Sensor	69
4.4.3. Pembuatan Peta Kondisi Gas.....	70
4.7. Analisa Keseluruhan Sistem	72
BAB V PENUTUP	75
5.1. Kesimpulan	75
5.2. Saran	75
DAFTAR PUSTAKA	77
LAMPIRAN A	81
LAMPIRAN B	87
LAMPIRAN C	91
BIODATA PENULIS	93

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pesawat UAV Fix Wing	7
Gambar 2.2 Arduino UNO.....	8
Gambar 2.3 ATmega 2560[6].....	9
Gambar 2.4 Ilustrasi penyerapan O ² oleh sensor[2].....	10
Gambar 2.5 Struktur dan konfigurasi Sensor Gas MQ-7[7].	10
Gambar 2.6 Sensor Gas MQ-7[2].....	11
Gambar 2.9 GPS constellation[9].	12
Gambar 2.10 UBLOX NEO-M8N [15].	12
Gambar 2.12 Gambar BMP 280[11].....	13
Gambar 2.11 Gambar tabel spesifikasi BMP 280[11].....	14
Gambar 2.13 MicroSD Sandisk.....	15
Gambar 2.14 MicroSD Module.	15
Gambar 2.15 Buck converter[15].	16
Gambar 2.16 Baterai LiPo[16].....	17
Gambar 2.17 Logo Visual Studio[19].	19
Gambar 2.18 Logo OpenCV.	20
Gambar 2.20 Logo Image Composite Editor.	20
Gambar 3.1. Skema Sistem Keseluruhan.....	25
Gambar 3.2. Diagram Blok Sistem.....	26
Gambar 3.3 Skematik ATmega 2560.	28
Gambar 3.4 Antarmuka Arduino UNO dengan ATmega 2560.	29
Gambar 3.6 Antarmuka Sensor MQ-7 dengan ATmega 2560.....	29
Gambar 3.5 Antarmuka USB to Serial Communication dengan ATmega 2560.	30
Gambar 3.8 Skematik BMP280.....	31
Gambar 3.9 Antarmuka BMP280 dengan ATmega 2560.....	31
Gambar 3.11 Antarmuka GPS dengan ATmega 2560.....	32
Gambar 3.10 Skematik GPS UBLOX NEO-M8N.....	32
Gambar 3.12 Skematik Rangkaian MicroSD.....	33
Gambar 3.13 Antarmuka MicroSD dengan ATmega 2560.	33
Gambar 3.14 Skematik Catu Daya 5V dan Regulator 3.3V.....	34
Gambar 3.15 Desain Board Mikrokontroler pada Eagle.....	35
Gambar 3.16 Desain Board Mikrokontroler Bagian Atas.....	35
Gambar 3.17 Desain Board Mikrokontroler Bagian Bawah.....	36
Gambar 3.18 Board Mikrokontroler Bagian Atas.....	37
Gambar 3.19 Board Mikrokontroler Bagian Bawah.....	37

Gambar 3.20 Realisasi Board Mikrokontroler.	37
Gambar 3.21 Desain Board Mikrokontroler Tampak Atas.	42
Gambar 3.22 Desain Modul GPS.	43
Gambar 3.22 Desain Board Mikrokontroler Tampak Bawah.	43
Gambar 3.23 Desain Board Mikrokontroler Tampak Bawah.	44
Gambar 3.23 Hasil Gambar Pemetaan dengan Background Putih.	45
Gambar 3.23 Hasil Pemetaan dengan Gambar Peta Asli.	45
Gambar 4.1 Gambar Realisasi Alat.	47
Gambar 4.4 Lokasi Pengujian GPS dilihat Melalui Google Maps.	49
(a) (b).....	50
Gambar 4.5 (a) Kalibrasi Sensor MQ-7. (b) Alat Ukur CO meter.....	50
Gambar 4.6 Grafik Kalibrasi Sensor MQ-7.	50
Gambar 4.7 (a) Pengujian dengan Asap Kendaraan Bermotor (b) Pengujian dengan Asap Hasil Pembakaran Sampah.....	51
Gambar 4.9 Pengujian dengan Kipas Angin.	52
Gambar 4.9 Grafik Pembacaan Sensor Jika Terkena Angin.	53
Gambar 4.10 Tampilan Rute Keputih – ITS pada Peta.	55
Gambar 4.11 Pemasangan Alat pada Sepeda Motor.....	56
Gambar 4.12 Hasil Pemetaan Kondisi Gas Rute Keputih – ITS.	57
Gambar 4.13 Lokasi Pengujian di Teras Kota Residence.	58
Gambar 4.14 Pesawat Tanpa Awak Jenis Fix Wing.	59
Gambar 4.15 (a) Peletakan Board Mikrokontroler pada Pesawat. (b) Peletakan Sensor MQ-7 pada Pesawat.	59
Gambar 4.16 (a) Gambar Asap Diambil dari Darat (b) Gambar Asap Diambil dari Pesawat.	59
Gambar 4.17 Rute Pesawat di Teras Kota Residence.....	61
Gambar 4.18 Grafik Ketinggian Pesawat.....	62
Gambar 4.19 Hasil Pemetaan Konsentrasi Gas di Teras Kota Residence.	63
Gambar 4.20 Persiapan Pesawat yang Digunakan pada Pengujian.	64
Gambar 4.21 Peletakan Board Mikrokontroler dan Kamera pada Pesawat.....	64
Gambar 4.22 Peletakan Sensor MQ-7 pada Pesawat.	64
Gambar 4.23 Rute Pesawat pada saat Pengujian.....	66
Gambar 4.24 Grafik Ketinggian Pesawat pada saat Pengujian.	67
Gambar 4.25 Contoh Foto yang Diambil dari Pesawat.	68
Gambar 4.26 Hasil Penggabungan Foto di Field Aeromodelling Air Force RACI dengan Image Composite Editor.	68
Gambar 4.27 Hasil Pemotongan Foto.	69

Gambar 4.28 Hasil Pemetaan Konsentrasi Gas.	71
Gambar 4.29 Hasil Setelah Diolah pada Visual Studio.....	71
Gambar 4.30 Hasil Pemetaan Kondisi Gas.	72

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Fitur UBLOX NEO-M8N[10].....	13
Tabel 3.1. Spesifikasi Alat.	26
Tabel 4.1. Hasil Pengujian BMP280 di Gedung Teknik Fisika Terhadap Permukaan Laut.	48
Tabel 4.2. Hasil Pengujian BMP280 di Gedung Teknik Fisika Terhadap Permukaan Tanah.	48
Tabel 4.3. Data Koordinat GPS pada Atap Gedung A206.	49
Tabel 4.4. Pengujian dengan Asap Kendaraan Bermotor.....	51
Tabel 4.5. Pengujian dengan Asap Hasil Pembakaran Sampah.	52
Tabel 4.6. Data Pengujian Sistem Keseluruhan Rute Keputih – ITS.	54
Tabel 4.7. Hasil Pengujian di Teras Kota Residence.....	60
Tabel 4.8. Hasil Pengujian di Lapangan Terbang Aeromodelling Raci.	65
Tabel 4.9. Contoh Data Setelah Diskalakan.....	70

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

BAB I

PENDAHULUAN

Tugas akhir merupakan suatu penelitian yang dilakukan sebagai persyaratan akademik untuk mendapatkan gelar sarjana teknik di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Topik yang akan dibahas pada tugas akhir ini mengenai pemetaan kondisi gas menggunakan pesawat tanpa awak.

Pada bab ini membahas mengenai hal-hal yang mendahului pelaksanaan tugas akhir. Hal tersebut meliputi latar belakang, perumusan masalah, tujuan penulisan, batasan masalah, metodologi penelitian, sistematika penulisan, dan relevansi.

1.1. Latar Belakang

Pada saat ini polusi udara di Indonesia semakin bertambah. Indonesia menduduki posisi keempat dunia sebagai negara paling terpolusi [1]. Pencemaran udara merupakan suatu kondisi dimana udara disekitar dicemari oleh bahan-bahan kimia, zat atau partikel yang bersifat negatif, atau bahan biologis lainnya yang berbahaya bagi kehidupan makhluk hidup. Penyebab pencemaran udara terbesar yaitu kendaraan bermotor. Selain itu sektor industri dan limbah juga termasuk penyebab pencemaran udara.

Hasil emisi dari sektor industri turut menyumbang dalam penurunan kualitas udara disekitarnya. Industri yang mengeluarkan emisi harus memenuhi standar batas pencemaran udara (Baku Mutu Udara Ambien dan Baku Mutu Udara Emisi). Tidak semua industri memiliki alat pengendali udara yang memadai untuk mengatur emisi yang dikeluarkan agar tidak mencemari lingkungan.

Di wilayah Surabaya terdapat aktivitas industri seperti di Rungkut dan Berbek. Aktivitas di kawasan industri tersebut telah menunjukkan penurunan kualitas udara. Setiap pabrik selayaknya mengikuti Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor KEP-13/MENLH/03/1995 tentang baku mutu emisi sumber tidak bergerak dimana setiap pabrik wajib memenuhi baku mutu emisi udara menggunakan alat atau teknologi yang terbaru.

Pemantauan kualitas udara secara nasional dilakukan oleh Kementerian Negara Lingkungan Hidup dengan menggunakan peralatan *Air Quality Monitoring Station* (AQMS) yang ditempatkan di beberapa

daerah di Indonesia. Data yang diperoleh digunakan untuk menghitung Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU). Seluruh konsentrasi yang dipantau oleh AQMS membahayakan kesehatan bagi siapapun yang menghirupnya, diantaranya adalah gas Karbon Monoksida (CO). Konsentrasi gas CO dalam darah mengakibatkan penurunan fungsi sistem saraf pusat, perubahan fungsi jantung dan paru-paru, mengantuk, koma, sesak napas, dan dapat pula menyebabkan kematian [2].

Unmanned Aerial Vehicle (UAV) atau disebut wahana udara tak berawak merupakan sebuah wahana terbang yang mempunyai kemampuan dapat beroperasi tanpa adanya pilot didalam wahana tersebut. *Fixed wing* UAV merupakan jenis pesawat UAV yang mempunyai sayap dan memiliki *airfoil* yang ditentukan sehingga mampu mengangkat pesawat dengan dorongan dari kecepatan pesawat UAV.

Penelitian ini dirancang untuk mengaplikasikan UAV dengan mikrokontroler ATmega 2560 untuk proses pembacaan sensor gas, sensor barometer, dan GPS untuk membuat pemetaan konsentrasi gas CO pada suatu wilayah.

1.2. Perumusan Masalah

Permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana merancang desain alat yang *compact* dan efisien yang dapat diaplikasikan pada UAV?
2. Bagaimana cara menyimpan data dari sensor gas, sensor barometer, dan GPS ke microSD?
3. Bagaimanana cara membuat peta konsentrasi gas CO secara *offline*?

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian pada tugas akhir ini bertujuan sebagai berikut:

1. Memperoleh alat pembuat peta konsentrasi gas CO dengan ukuran yang kecil dan dapat diaplikasikan pada UAV.
2. Memperoleh data pembacaan sensor gas, sensor barometer, dan GPS dalam format .csv yang tersimpan dalam microSD.
3. Dapat membuat peta kondisi gas CO dalam wilayah yang luas.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Gas yang akan dipetakan yaitu gas CO.

2. Tidak ikut serta dalam pembuatan UAV.

1.5. Metodologi Penelitian

Langkah-langkah yang dikerjakan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur

Studi literatur berisi kegiatan pengumpulan dan pengkajian dasar teori yang terpercaya untuk menunjang penulisan tugas akhir ini. Literatur dapat bersumber dari paper, jurnal, artikel, buku, maupun website yang bertaraf nasional dan internasional, serta dari hasil konsultasi dengan dosen pembimbing.

2. Observasi dan Analisa Masalah

Pada tahap ini dilakukan pengkajian terhadap sistem UAV dan alat yang akan dibuat. Analisa terhadap kekurangan-kekurangan sensor gas guna menyempurnakan alat tersebut. Observasi dan analisa masalah dilakukan dengan mengkaji paper, jurnal, dan isu-isu terkini di website terkait pemetaan menggunakan UAV. Salah satu masalah yang ditemukan saat pengkajian berbagai sumber adalah respon dari sensor gas yang kurang begitu cepat. Selanjutnya melakukan inovasi yang implementatif untuk mengatasi masalah tersebut.

3. Persiapan Alat dan Bahan

Tahap ini merupakan tahap pencarian informasi mengenai konsep yang dibutuhkan untuk merancang alat ini, yang bisa didapatkan dari studi literatur dan bimbingan dosen pembimbing. Kemudian dilakukan pengumpulan alat dan bahan yang dibutuhkan. Alat dan bahan yang diperlukan adalah seperangkat laptop, modul gps, sensor gas, sensor barometer, ATmega 2560, modul microSD, microSD serta alat dan bahan pendukung lainnya.

4. Perancangan Alat

Perancangan bertujuan untuk mendapatkan desain dan mekanisme yang optimal dengan memperhatikan data-data yang diperoleh sebelumnya. Perancangan disini termasuk perancangan software dan hardware. Software dirancang dengan pembuatan source code yang meliputi membaca sensor gas, sensor barometer,

GPS dan penyimpanan data ke micro SD.

5. Pembuatan Alat

Perancangan bertujuan untuk mendapatkan desain dan mekanisme yang optimal dengan memperhatikan data-data yang diperoleh sebelumnya. Perancangan disini termasuk perancangan software dan hardware. Software dirancang dengan pembuatan source code yang meliputi membaca sensor gas, sensor barometer, GPS dan penyimpanan data ke micro SD. Desain hardware meliputi arsitektur elektronik, interface dan desain mekanik penunjang lainnya.

6. Tahap Pengujian

Pengujian dilakukan secara bertahap, dari pengujian software terhadap masing-masing komponen hingga pengujian hardware yang sudah tertanam software yang telah dibuat. Bagian-bagian tersebut meliputi sistem penyimpanan data di microSD dan pengujian pembacaan sensor gas, barometer dan GPS.

Tahap pengujian selanjutnya yaitu memasang alat pada pesawat UAV kemudian diterbangkan sesuai dengan daerah yang akan dipetakan.

7. Analisa dan Evaluasi

Analisa dilakukan terhadap hasil pengujian sehingga karakteristik software dan hardware dapat diketahui. Analisa dilakukan pada respon pembacaan sensor dan penyimpanan data ke micro SD. Apabila karakteristik dari dua bagian utama tersebut belum sesuai, maka perlu dilakukan evaluasi pada sistem untuk dirancang dan diuji kembali.

8. Penyusunan Laporan Tugas Akhir

Tahap penyusunan laporan merupakan tahap terakhir dari proses pengerjaan tugas akhir ini. Laporan berisi seluruh hal yang berkaitan dengan tugas akhir yang telah dikerjakan yaitu meliputi pendahuluan, studi literatur, tinjauan pustaka, perancangan dan pembuatan sistem, pengujian dan analisa, serta penutup.

1.6. Sistematika Penulisan

Dalam buku tugas akhir ini, pembahasan mengenai sistem yang

dibuat terbagi menjadi lima bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

- **BAB I : Pendahuluan**
Bab ini meliputi penjelasan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, metodologi, sistematika penulisan, dan relevansi.
- **BAB II : Tinjauan Pustaka**
Pada bab ini berisi mengenai teori yang mendasari penyusunan laporan tugas akhir secara umum khususnya yang berhubungan komponen yang akan digunakan.
- **BAB III : Perancangan Sistem**
Bab ini menjelaskan tentang perencanaan sistem yang meliputi perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) untuk pembuatan alat ini.
- **BAB IV : Pengujian dan Analisis**
Pada bab ini menguraikan tentang pengujian alat pada pesawat dan analisa hasil pengujian.
- **BAB V : Penutup**
Bab ini berisi tentang kesimpulan yang diperoleh dari pembuatan alat serta saran untuk pengembangan lebih lanjut.

1.7. Relevansi

Dengan dibuatnya tugas akhir ini akan membantu pemetaan konsentrasi gas pada suatu wilayah dalam skala yang luas sehingga dapat diketahui tingkat polusi pada wilayah tersebut. Pemetaan dilakukan dengan menerbangkan UAV pada wilayah yang akan dipetakan. UAV akan memotret wilayah tersebut menggunakan kamera yang sudah terpasang pada pesawat dan mengambil data pembacaan sensor gas, ketinggian, dan koordinat GPS.

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Suatu penelitian memerlukan teori-teori yang sudah ada sebelumnya untuk dikaji lebih dalam memperkuat argumen penulis. Teori tersebut digunakan untuk membantu penulis dan sebagai dasar dalam membuat suatu penelitian.

Pada bab ini terdapat teori dasar yang menjadi landasan untuk merumuskan dan menyelesaikan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini. Pada bagian ini terdapat tinjauan pustaka tentang komponen yang akan digunakan untuk membuat alat pada penelitian ini.

2.1. *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)*

UAV (Unmanned Aerial Vehicle) merupakan pesawat tanpa awak yang pengaplikasiannya untuk melakukan sistem monitoring pada suatu wilayah[2]. UAV dapat dikendalikan dengan *remote* dari jarak jauh, diprogram dengan perintah tertentu, atau bahkan dengan sistem pengendali otomatis yang lebih kompleks. Aplikasi dari UAV sangat beragam tergantung kebutuhan mulai dari tugas militer hingga pengamatan udara. Selain itu, UAV juga digunakan pada keperluan umum seperti pemadam kebakaran, keamanan, pengecekan, dan masih banyak lagi[3]. Kontrol pesawat tanpa awak ada dua variasi utama, variasi pertama yaitu dikontrol melalui pengendali jarak jauh dan variasi kedua adalah pesawat yang terbang secara mandiri berdasarkan program yang dimasukkan ke dalam pesawat sebelum terbang. Perkembangan UAV di Indonesia pada 2011 mulai dirintis oleh Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN).



Gambar 2.1 Pesawat UAV *Fix Wing*.



Gambar 2.2 Arduino UNO.

2.2. Arduino

Arduino merupakan pengendali mikro *single-board* yang bersifat *open-source* yang didalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah *chip* mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan ATMEL dan menggunakan *software* dan bahasa sendiri. Chip tersebut dapat deprogram sesuai kebutuhan menggunakan komputer dengan Bahasa C. Karena Arduino bersifat *open source* pengguna dapat mengembangkannya secara mandiri sesuai dengan kebutuhan. Hal ini membuat arduino dapat berkembang pesat karena sifatnya yang *open source*. Pada Arduino terdapat produk tambahan seperti *X-bee shield*, *Ethernet shield*, *microSD shield* dan produk lainnya yang dapat dipasang dan digunakan dengan mudah pada Arduino. Terdapat beberapa jenis Arduino antara lain Arduino PRO MINI, Arduino NANO, Arduino UNO, Arduino MEGA dan produk Arduino lainnya[4].

2.3. ATmega 2560

ATmega 2560 merupakan mikrokontroler yang dipakai pada Arduino mega 2560. ATmega 2560 adalah mikrokontroler CMOS 8 bit dengan daya rendah. ATmega 2560 dibuat berdasarkan arsitektur RISC (*Reduce Instruction Set Computing*) yang ditingkatkan oleh AVR dimana semua instruksi dikemas dalam kode 16-bit dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam 1 siklus *clock*. Inti dari Atmel AVR mengkombinasikan banyak instruksi set dengan 32 *general purpose register* yang bekerja. Semua 32 register terhubung secara langsung ke ALU (*Arithmetic Logic Unit*), memungkinkan 2 *independent registers* untuk diakses dalam satu instruksi tunggal yang dijalankan dalam satu siklus *clock*. Hasil arsitektur ini pengkodeannya lebih efisien dan lebih cepat[5].

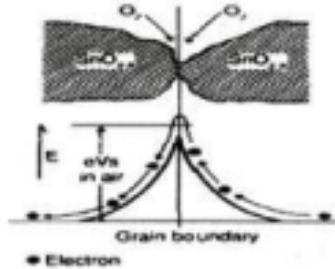


Gambar 2.3 ATmega 2560[6].

Pada ATmega 2560 terdapat fitur *In-System Programmable Flash* sebesar 256 KB dengan kemampuan *Read-While-Write*, 4 KB EEPROM, 8 KB SRAM, 86 *General Purpose Input Output* (GPIO), 32 *General purpose register* yang bekerja, *Real Time Counter* (RTC), 6 fleksibel *Timer/Counter* dengan mode pembandingan dan *Pulse Width Modulation* (PWM), 4 *Universal Synchronous and Asynchronous Serial Receiver and Transmission* (USART), orientasi 1 byte *2-wire Serial Interface*, 16-channel, 10-bit *Analog Digital Converter* (ADC) dengan pilihan *differential input stage* dengan penguatan yang dapat diprogram, *Watchdog Timer* yang dapat diprogram dengan *Internal Oscillator* dan sebuah *Serial Peripheral Interface* (SPI) *serial port*. Perangkat ini diproduksi menggunakan teknologi memori *non-volatile* berkepadatan tinggi. *On-chip memory Flash* memungkinkan memori untuk diprogram ulang dalam sistem melalui sebuah SPI *serial interface*[5]

2.4. Sensor Gas Semikonduktor

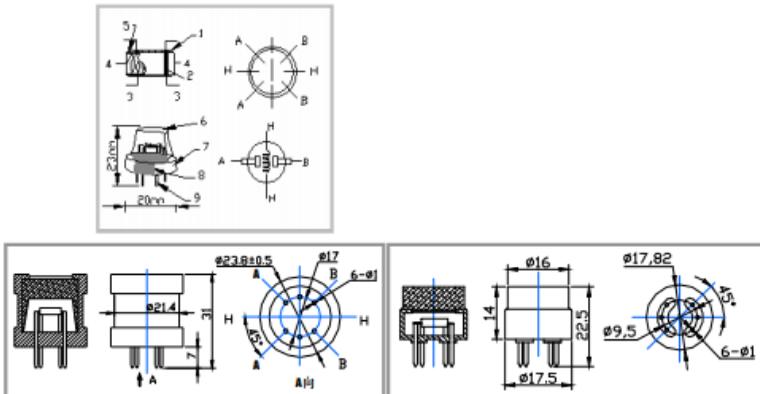
Sensor semikonduktor adalah komponen elektronik yang menggunakan sifat-sifat dari materi semikonduktor diantaranya silikon, germanium dan gallium arsenad. Sensor gas merupakan sensor yang berfungsi untuk mengukur senyawa gas polutan yang ada di udara seperti karbon monoksida, karbondioksida, hidrokarbon, nitrooksida, dan yang lain. Elemen sensor yang digunakan pada sensor gas semikonduktor adalah material timah oksida (SnO_2). Mekanisme utama reaksi gas dengan SnO_2 terjadi pada suhu tinggi yaitu $200^\circ\text{C} - 600^\circ\text{C}$. Terdapat beberapa jenis dari sensor gas semikonduktor. Yang membedakan adalah sensitivitas dari sensor tersebut. Prinsip kerja dari sensor ini yaitu semakin tinggi konsentrasi gas maka resistansi dari sensor akan semakin rendah. Sensor gas semikonduktor terbentuk dari permukaan luar kristal, tegangan permukaan yang terbentuk akan menghambat laju aliran elektron[2].



Gambar 2.4 Ilustrasi penyerapan O_2 oleh sensor[2].

2.5. Sensor Gas MQ-7

Sensor gas MQ-7 merupakan perangkat yang digunakan untuk mendeteksi gas *carbon monoxide* (CO) dalam kehidupan sehari-hari, industri ataupun mobil. Sensor ini sensitif terhadap gas *carbon monoxide*. Struktur dan konfigurasi sensor gas MQ-7 ditunjukkan pada gambar 2.5. Sensor tersusun oleh tabung keramik mikro AL_2O_3 dan lapisan yang sensitif yaitu *Tin Dioxide* (SnO_2). Selain itu terdapat elektroda pengukur, pemanas dan jarring baja anti karat. Pemanas menyediakan kondisi kerja yang diperlukan oleh komponen sensitif untuk bekerja. MQ-7 mempunyai 6 pin dimana 4 pinnya berfungsi untuk mengambil sinyal dan 2 pin lainnya berfungsi untuk menyediakan arus pada pemanas [7].



Gambar 2.5 Struktur dan konfigurasi Sensor Gas MQ-7[7].



Gambar 2.6 Sensor Gas MQ-7[2].

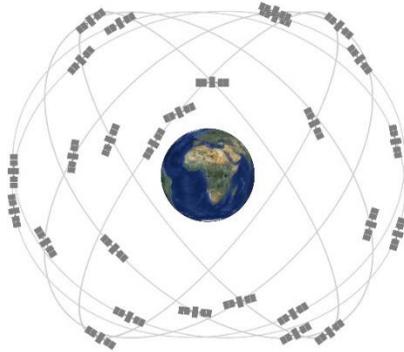
Sensor ini memiliki keluaran berupa sinyal analog. Terdapat nilai resistansi (R_s) yang terdapat pada sensor ini yang dapat berubah bila terkena gas dan juga sebuah pemanas yang digunakan sebagai pembersihan ruangan sensor dari kontaminasi udara luar. Output dari sensor dihubungkan ke *analog digital converter* (ADC) sehingga keluaran dapat ditampilkan dalam bentuk sinyal digital[2].

2.6. Global Positioning System (GPS)

Global Positioning System (GPS) adalah konstelasi satelit yang mengorbit bumi dimana alat ini akan mengirimkan informasi berupa waktu dan posisi berupa lintang, bujur dan ketinggian. Dengan GPS *receiver* pengguna dapat menentukan lokasi mereka di bumi. Sistem GPS terdiri dari 24 satelit yang mengorbit bumi. Ketinggian satelit ini sekitar 12.000 mil diatas bumi. Selain itu terdapat 5 *ground station* yang berguna untuk memantau dan mengelola konstelasi satelit. Satelit ini dapat diakses 24 jam untuk menentukan tempat dua dan tiga dimensi di bumi[8].

Sistem navigasi satelit GPS dimulai pada tahun 1970 oleh militer Departemen Pertahanan Amerika Serikat untuk menyediakan data posisi dan navigasi yang berkelanjutan kepada pasukan militer Amerika Serikat. GPS menawarkan dua tingkat layanan yaitu *Standart Positioning Service* (SPS) yang dapat diakses oleh warga sipil dan *Precise Positioning Service* (PPS) yang digunakan untuk militer dengan tingkat enkripsi yang lebih tinggi. Dasar dari teknologi GPS berkisar tentang informasi waktu dan posisi yang tepat, yang dicapai melalui *atomic clock* dan data lokasi[8].

Pada dasarnya satelit mengirimkan waktu dan posisi mereka. GPS *receiver* menerima sinyal ini, menerima tiga atau lebih satelit (juga disebut pelacak) untuk menentukan posisi pengguna di bumi. Prinsip kerja GPS yaitu mengukur interval waktu mengirim dan menerima sinyal sateli, dan menghitung jarak antara pengguna dan setiap satelit. [8].



Gambar 2.9 GPS constellation[9].

2.7. UBLOX NEO-M8N

NEO-M8N memberikan sensitivitas yang tinggi dan waktu akuisisi minimal dengan mempertahankan daya istem yang rendah. NEO-M8N memberikan kinerja terbaik dan integrasi RF yang lebih mudah. Arsitektur RF yang canggih dan penekanan gangguan memastikan kinerja maksimum bahkan di lingkungan GNSS yang berlawanan. Seri NEO-M8 menggabungkan tingkat ketahanan dan kemampuan yang terintegrasi dengan pilihan koneksi yang fleksibel[10].

Pada NEO-M8N terdapat 6 pin, yaitu pin vcc, gnd, Rx, Tx, SDA, dan SCL. Didalam NEO-M8N sudah dilengkapi dengan kompas. Untuk mengakses GPS dengan cara menghubungkan pin Rx dan Tx, sedangkan untuk mengakses kompas dengan menghubungkan pin SDA dan SCL. Dalam NEO-M8N terdapat fitur yang dapat mendukung kinerja *device* ini antara lain:



Gambar 2.10 UBLOX NEO-M8N [15].

Tabel 2.1. Fitur UBLOX NEO-M8N[10].

<i>Supply</i>	<i>Interface</i>	<i>Feature</i>
<ul style="list-style-type: none"> • 2.7 V – 3.6 V • <i>Lowest Power</i> (DC/DC) 	<ul style="list-style-type: none"> • UART • USB • SPI • DDC (I2C compliant) 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Programable flash</i> • <i>Data logging</i> • <i>Additional SAW</i> • <i>Additional LNA</i> • <i>RTC crystal</i> • <i>Internal oscillator</i> • <i>Active antenna / LNA supply</i> • <i>Active antenna / LNA control</i>

2.8. BMP280

BMP280 merupakan sensor tekanan *barometric* yang mutlak yang didesain khusus untuk keperluan monilitas. Modul sensor ini disimpan dalam sebuah *metal lid 8-pin* LGA yang sangat rapat dengan ukuran 2.0 x 2.5 mm² dan tinggi 0.95 mm sehingga BMP 280 memiliki dimensi yang kecil dan konsumsi daya yang rendah. Hal ini memungkinkan BMP 280 untuk diimplementasikan dengan perangkat elektronik bertenaga baterai. BMP 280 dilengkapi dengan sensor suhu yang dapat digunakan untuk mendeteksi suhu disekitar. Untuk mendapatkan tekanan *barometric* dengan cara menghubungkan SDA dan SCL, yang nantinya dikonversi menjadi satuan *pascal*. Dari tekanan *barometric* ini maka akan didapatkan ketinggian dari daerah yang diukur tersebut. BMP 280 sangat cocok untuk mengukur ketinggian dari suatu lantai karena memiliki akurasi yang relative sangat baik[11].



Gambar 2.12 Gambar BMP 280[11].

Parameter	Symbol	Condition	Min	Typ	Max	Units
Operating temperature range	T _A	operational	-40	25	+85	°C
		full accuracy	0		+65	
Operating pressure range	P	full accuracy	300		1100	hPa
Sensor supply voltage	V _{DD}	ripple max. 50mVpp	1.71	1.8	3.6	V
Interface supply voltage	V _{DDIO}		1.2	1.8	3.6	V
Supply current	I _{DD,LP}	1 Hz forced mode, pressure and temperature, lowest power		2.8	4.2	µA
Peak current	I _{peak}	during pressure measurement		720	1120	µA
Current at temperature measurement	I _{DDT}			325		µA
Sleep current ¹	I _{DDSL}	25 °C		0.1	0.3	µA
Standby current (inactive period of normal mode) ²	I _{DDSB}	25 °C		0.2	0.5	µA
Relative accuracy pressure V _{DD} = 3.3V	A _{rel}	700 ... 900hPa		±0.12		hPa
		25 ... 40 °C		±1.0		m

Gambar 2.11 Gambar tabel spesifikasi BMP 280[11].

2.9. MicroSD

MicroSD merupakan kartu memori *non-volatile* yang dikembangkan oleh *SD Card Association*. MicroSD berfungsi untuk menyimpan berbagai macam file. MicroSD terbagi menjadi SDSC yang berkapasitas maksimum sekitar 2 GB, SDHC (*High Capacity*) memiliki kapasitas dari 4 GB sampai 8 GB, SDCX (*Extended Capacity*) memiliki kapasitas diatas 32 GB. MicroSD sudah terformat dengan system file sebagai FAT16, SDHC sebagai FAT32, sedangkan SDXC sebagai ExFAT. FAT16 dan FAT32 memungkinkan dapat diakses melalui semua perangkat host *SD reader*. Perangkat yang menggunakan microSD mengidentifikasi kartu dengan string *128-bit*. Untuk kartu standar, 12 dari *bit* digunakan untuk mengidentifikasi jumlah *cluster* memori (antara 1 sampai 4096) dan 3 *bit* digunakan untuk mengidentifikasi jumlah blok per *cluster*. Pada tugas akhir ini, microSD digunakan untuk menyimpan data yang didapat dari GPS, ketinggian dan sensor gas dalam format .csv[12].



Gambar 2.13 MicroSD Sandisk.



Gambar 2.14 MicroSD Module.

2.10. MicroSD Module

MicroSD card module adalah modul pembaca kartu Micro SD, melalui sistem file dan *driver* antarmuka SPI, MCU digunakan untuk melengkapi sistem file untuk membaca dan menulis kartu MicroSD. Pengguna Arduino dapat secara langsung menggunakan *software* Arduino IDE yang dilengkapi dengan kartu SD untuk menyelesaikan inialisasi librari, membaca dan menulis pada microSD.

Modul ini mendukung kartu microSD dan kartu micro SDHC (kartu kecepatan tinggi). *Power supply* untuk modul ini adalah 4.5 – 5.5 VDC yang dilengkapi regulator tegangan 3.3 volt.

2.11. Buck Converter DC-DC

Tegangan masukan dari ATmega 2560 adalah 5 volt, sehingga diperlukan penurunan tegangan agar tegangan yang diberikan pada ATmega 2560 tidak melebihi atau kurang dari tegangan yang dibutuhkan. *Buck converter* merupakan konverter penurunan tegangan dari *input* ke *output*. *Buck converter* ini menerapkan sistem *Switching Mode Power Supply* (SMPS). Sistem SMPS adalah catu daya elektronik yang menggabungkan pengaturan penggantian (*switching*) untuk mengubah daya listrik secara efisien[13].



Gambar 2.15 *Buck converter*[15].

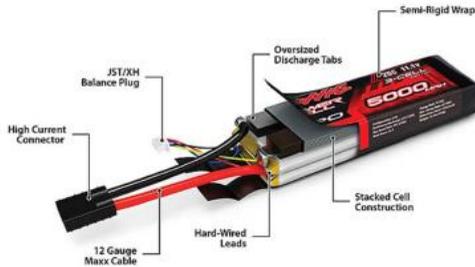
Buck converter yang digunakan adalah IC XL4005. Tegangan masukan pada IC yaitu dari 5 volt sampai 30 volt. Sedangkan tegangan keluaran yang dihasilkan yaitu 0.8 volt sampai 30 volt. Tegangan keluaran ini dapat diatur dengan cara memutar *multiturn* yang ada pada *board buck converter*. Arus keluaran maksimum sebesar 5 A dan kecepatan *switching* frekuensinya yaitu pada 300 KHz[14].

2.12. Baterai LiPo (*Lithium Polymer*)

Baterai LiPo seperti pada gambar.10 digunakan sebagai sumber dari rangkaian yang sudah dibuat seperti Arduino dan sensor-sensor lainnya. Baterai LiPo tidak menggunakan cairan sebagai elektrolit melainkan menggunakan elektrolit polimer kering yang berbentuk seperti lapisan plastic film tipis. Lapisan ini tersusun berlapis-lapis diantara anoda dan katoda yang mengakibatkan pertukaran ion. Metode ini dapat membuat baterai LiPo dibentuk dengan berbagai macam ukuran. Terdapat kekurangan dari baterai LiPo ini yaitu lemahnya aliran pertukaran ion yang terjadi melalui elektrolit polimer kering. Hal ini menyebabkan penurunan pada charging dan discharging rate. Dapat diatasi dengan memanaskan baterai sehingga menyebabkan pertukaran ion menjadi lebih cepat, namun metode ini tidak dapat diaplikasikan pada keadaan sehari-hari karena dapat menimbulkan bahaya[16].

Ada tiga kelebihan dari baterai LiPo daripada baterai jenis lain seperti NiCad atau NiMH yaitu :

- Baterai LiPo memiliki berat lebih ringan dan tersedia dalam berbagai bentuk atau ukuran.
- Baterai LiPo memiliki kapasitas penyimpanan lebih besar.
- Baterai LiPo memiliki tingkat discharge rate energy yang tinggi.



Gambar 2.16 Baterai LiPo[16].

Selain keuntungan yang disebutkan diatas, baterai ini memiliki beberapa kekurangan antara lain :

- Harga dari baterai LiPo relatif lebih mahal.
- Memiliki umur yang lebih pendek dari baterai lain.
- Dari segi keamanan baterai LiPo kurang begitu aman karena menggunakan bahan elektrolit yang mudah terbakar

2.13. Gas Karbon Monoksida (CO)

Gas karbon monoksida (CO) adalah gas yang tidak berwarna, tidak terasa, tidak mengiritasi dan tidak berbau. Karbon monoksida dihasilkan dari pembakaran tak sempurna dari senyawa karbon, sering terjadi pada mesin pembakaran dalam. Karbon monoksida terbentuk apabila terdapat kekurangan oksigen dalam proses pembakaran. Reaksi O₂ dengan karbon membentuk CO disebut sebagai kesetimbangan *Boudouard*. Di atas 800 °C, CO adalah produk yang predominan:



Karbon monoksida dianggap sebagai polutan atau gas yang dapat mencemari udara. Karbon monoksida telah lama berada di atmosfer sebagai hasil produk dari aktivitas gunung berapi. Kandungan karbon monoksida pada gas gunung berapi kurang dari 0.01% sampai sebanyak 2%. Batas paparan gas karbon monoksida yang diperoleh oleh OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*) adalah 35 ppm untuk waktu 8 jam/hari. Kadar yang dianggap langsung berbahaya terhadap kehidupan atau kesehatan adalah 1500 ppm. Paparan dari 1000 ppm selama beberapa menit dapat menyebabkan 50 % kejenuhan dari karboksi hemoglobin dan dapat berakibat fatal.

2.14. Eksponensial Filter

Filter eksponensial merupakan filter linier rekursif. Filter ini secara umum digunakan dalam analisis kawasan waktu[17]. Persamaan filter eksponensial orde 2 dapat dilihat pada gambar 2.15.

$$y(n) = (1 - a)(x_n + ax_{n-1}) + a.y_{(n-1)}^2$$
$$a = \frac{1}{(1 + 2\pi \cdot \frac{f_c}{f_s})}$$

Eksponensial filter merupakan *Low Pass Filter* paling sederhana yang diperuntukkan untuk melewatkan data dengan frekuensi yang rendah dan meredam data dengan frekuensi yang tinggi. Filter ini hanya mempunyai satu parameter penyetelan dan membutuhkan penyimpanan hanya satu variabel yaitu output sebelumnya. Filter ini menyebabkan peluruhan perubahan input secara eksponensial.

2.15. Regresi Polinomial

Analisis regresi merupakan suatu metode statistik untuk menyelidiki dan memodelkan hubungan antara satu variabel respon Y dengan satu atau lebih variabel predictor X. Misalnya diberikan himpunan data $\{(X_i, Y_i)\}$, $i = 1, \dots, n$ [18]. Secara umum hubungan antara Y dan X dapat ditulis sebagai berikut :

$$Y_i = m(X_i) + \varepsilon_i$$

Dimana $m(x)$ adalah fungsi regresi, dan ε_i adalah suatu variabel acak yang menggambarkan variasi Y disekitar $m(x)$. Regresi polinomial merupakan penaksiran fungsi regresi dengan cara parametrik. Pada regresi parametrik digunakan bentuk fungsi parametrik tertentu sebagai $m(x)$. $m(x)$ digambarkan oleh sejumlah hingga parameter yang harus ditaksir[18]. Model dari regresi polinomial orde 2 (model kuadrat) sebagai berikut :

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \varepsilon$$

2.16. Microsoft Visual Studio

Microsoft Visual Studio merupakan *Integrated Development Environment* (IDE) dari Microsoft. *Software* ini digunakan untuk mengembangkan program komputer, serta situs web, aplikasi web, layanan web, dan aplikasi seluler dalam bentuk aplikasi *console*, aplikasi windows, atau aplikasi Web.



Gambar 2.17 Logo Visual Studio[19].

Visual Studio merupakan editor kode yang mendukung *IntelliSense* (komponen penyelesaian kode) serta *refactoring*. Alat bawaan lainnya meliputi *code profiler*; perancangan bentuk untuk aplikasi GUI, *web designer*, *class designer*, dan skema perancangan *database*.

Visual Studio mendukung 36 bahasa pemrograman yang berbeda dan memungkinkan editor kode dan *debugger* untuk mendukung hampir semua bahasa pemrograman. Bahasa bawaan dari *software* ini termasuk *C*, *C++*, *C++/CLI*, *Visual Basic .NET*, *C#*, *F#*, *JavaScript*, *TypeScript*, *XML*, *XSLT*, *HTML*, dan *CSS*. Bahasa pendukung lainnya seperti *Python*, *Ruby*, *Node.js*, dan *M* tersedia melalui *plug-in*[19].

2.17. OpenCV

Open Source Computer Vision Library (OpenCV) merupakan library komputer visual dan *machine learning*. OpenCV dibuat untuk menyediakan infrastruktur umum untuk *computer vision* dan mempercepat penggunaan mesin persepsi pada produk komersial. Menjadi produk berlisensi BSD, OpenCV mempermudah pengguna *machine learning* yang *open source*.

Library ini memiliki lebih dari 2500 algoritma yang dioptimalkan, yang mencakup satu set lengkap *computer vision* dan algoritma *machine learning*. Algoritma ini dapat digunakan untuk mendeteksi wajah dan mengenali wajah, mengidentifikasi objek, mengklasifikasikan tindakan manusia dalam video, melacak gerakan dengan kamera, melacak objek yang bergerak, mengekstrak objek model 3D, menggabungkan gambar untuk menghasilkan gambar dengan resolusi tinggi, menemukan gambar yang sama pada database gambar, mengikuti gerakan mata, dan lain-lain. OpenCV memiliki lebih dari 47 ribu pengguna dan perkiraan jumlah yang mengunduh lebih dari 14 juta[20]. Logo dari openCV ditunjukkan pada Gambar 2.18.



Gambar 2.18 Logo OpenCV.



Gambar 2.20 Logo Image Composite Editor.

2.18. Image Composite Editor (ICE)

Image composite editor merupakan aplikasi yang berfungsi untuk menyempurnakan gambar panorama secara canggih yang dibuat oleh *Microsoft Research Computation Photography Group*. Aplikasi ini mengambil satu set foto tumpang tindih dari beberapa gambar pemotretan suatu lokasi dengan kamera dan membuat panorama yang menggabungkan semua gambar sumber pada resolusi penuh. Selain membuat panorama dari gambar ICE juga dapat membuat panorama dari video panning. Panning merupakan gerakan kamera menyamping kearah kiri maupun kanan. Setelah pembuatan panorama selesai, gambar dapat disimpan dalam berbagai format, termasuk JPEG, TIFF, dan format PSD/PSB *Photoshop*, serta format *multiresolution* yang digunakan oleh *HD View* dan *Deep Zoom*[21]. Logo dari Image Composite Editor ditunjukkan pada gambar 2.20.

2.19. Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka bertujuan untuk membandingkan perangkat yang telah ada dan dikembangkan sebelumnya dengan perangkat yang dirancang pada tugas akhir ini. Berikut merupakan judul paper atau proyek yang dibandingkan dengan proyek pada tugas akhir ini.

2.19.1. Pemetaan Distribusi Gas Polutan Menggunakan Quadcopter Berbasis Autonomous Waypoint Navigation [2]

Implementasi sensor gas pada quadcopter dapat menunjang pengukuran kadar gas diudara, sehingga kadar gas diudara dapat dimonitoring secara otomatis. Quadcopter merupakan salah satu jenis *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) yang mampu bergerak secara otomatis sesuai dengan sistem tracking waypoint. Quadcopter ini dipengkapi GPS untuk mendapatkan posisi quadcopter yang dapat diakses secara langsung menggunakan *google maps* di *software mission planner*. Kadar gas polutan yang dimonitoring disimpan pada *web server* raspberry pi 2 dan dapat diakses secara online. Hasil dari pemetaan gas ditampilkan dalam *3D analyzer google earth*.

2.19.2. Implementation of Hazardous Chemical Gas Monitoring System Using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) [22]

Pada penelitian ini penggunaan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) dengan *platform hexacopter* untuk memantau tingkat gas kimia berbahaya yang ada diudara sangat efektif. UAV jenis ini mempunyai kemampuan terbang yang rendah dengan kecepatan rendah secara mandiri. UAV ini dapat mengukur tingkat gas berbahaya berdasarkan posisi GPS. Data akan disimpan pada memori dan dikirim ke *Ground Control Station* (CGS) melalui *Flight Controller* (Pixhawk PX4) menggunakan MAVLink Protocol. Setelah itu data akan diproses dan divisualisasikan pada grafis antarmuka di GCS.

2.19.3. Design of Real-Time Gas Monitoring System Based-on Wireless Sensor Networks for Merapi Volcano[23]

Dalam penelitian ini, topik yang diangkat adalah bagaimana membuat prototipe teknologi *Wireless Sensor Network* (WSN), sensor dan model integrase yang tepat. Sistem ini akan memantau suhu dan gas disekitar Gunung Merapi. Sistem ini dirancang untuk mengatasi tantangan terkait dengan lokasi sensor di mana tidak ada listrik. Sistem ini diletakkan dekat dengan sumber semburan gas agar lebih akurat. WSN memiliki kemampuan untuk memantau daerah terpencil dan pedesaan yang bias menjadi solusi untuk deteksi dini aktivitas vulkanik seperti gas berbahaya dan suhu disekitar gunung berapi.

2.19.4. *Research in Automobile Exhaust Gas of Sulfur Dioxide and Nitrogen Dioxide Monitoring WSN and Optimization Coverage Algorithm*[24]

Gas buang pada mobil yang berupa *sulfure dioxide* dan *nitrogen dioxide* menyebabkan masalah polusi di udara. Untuk mengatasi masalah poludi udara, pada paper ini menawarkan perancangan jaringan pemantau nirkabel Zegbee untuk memantau *sulfur dioxide* dan *nitrogen dioxide*. Pada jaringan pemantau ini menggunakan algoritma *Fish Swarm* untuk mengoptimal cakupan area jaringan. Hasil dari simulasi menunjukkan cakupan area jaringan menjadi 95%, dan membuat jaringan lebih efisien.

2.19.5. *Monitoring Co dan Deteksi Dini Kebocoran Gas LPG pada Perumahan Menggunakan Wireless Sensor Network*[25]

Kebocoran tabung gas LPG dan pencemaran gas karbondioksida (CO) menjadi ancaman bahaya pada lingkungan perumahan. Gas CO jika masuk ke tubuh manusia dapat berdampak buruk terhadap kesehatan. Pada jurnal ini dibuat sistem untuk memonitoring besarnya konsentrasi gs CO didalam ruangan dan terintegrasi dengan deteksi dini kebocoran gas LPG. Sistem ini berbasis *wireless sensor network* (WSN) dengan menggunakan standar komunikasi *zgbbee*. Sensor yang digunakan pada sistem ini yaitu sensor suhu LM35DZ, sensor kelembaban HSM 20-G, sensor gas CO TGS 2600, dan sensor gas LPG MQ-4. Data hasil pembacaan sensor akan disimpan pada *server* dan akan dikirim ke *user* dalam bentuk tabel dan grafik menggunakan komunikasi G-Talk. Jaringan penngiriman data dari sistem ini kurang lebih 53 meter.

2.19.6. *Desain Wireless Sensor Network untuk Monitoring Pencemaran Udara di Lingkungan Outdoor*[26]

Pada penellitian ini dibuat alat monitoring pencemaran udara berbasis wireless sensor network. Komunikasi pada alat ini menggunakan device X-bee pro yang mempunyai kebutuhan daya rendah. Untuk meningkatkan keamanan data, pada sistem protocol komunikasi data ditambahkan enkripsi tipe vigenere Chiper sehingga hanya modul RF saja yang spesifik yang bisa membaca data sensing. Untuk detector gas karbondioksidadnya digunakan sensor MQ-& yang dikalibrasi menggunakan model polynomial agar pembacaan data sensing lebih akurat. Dari hasil penelitian didapatkan deteksi sensor antara 0 – 1000 ppm. Besarnya throughput 30.4 kbps pada jarak terdekat 5 meter untuk masing-masing node dan pada jarak diatas 20 meter untuk masing-masing

node sensor turun menjadi 27.7 kbps, 26.6 kbps, dan 27.2 kbps. Besarnya konsumsi arus dengan beban sebesar 0.29 mA, dengan work time 5 jam 15 menit.

2.19.7. Internet-based monitoring and warning system of methane gas generated in garbage center[27]

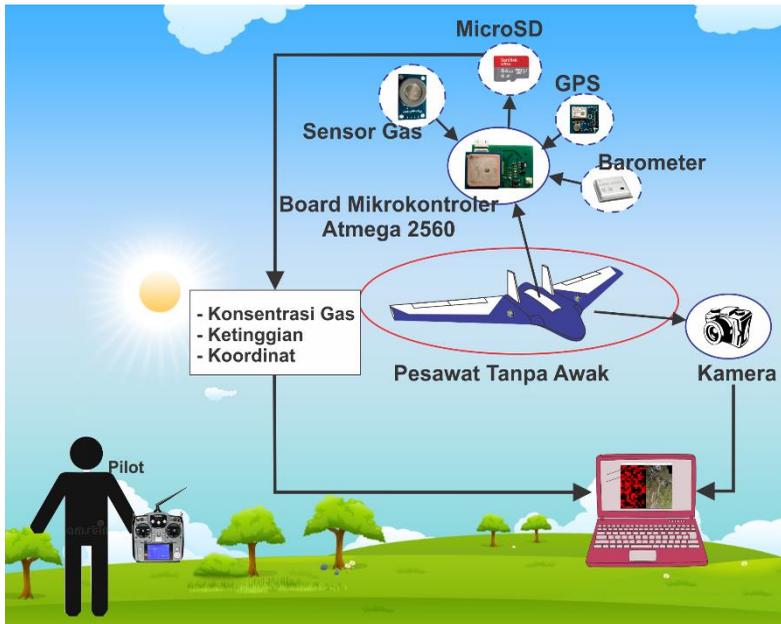
Makalah ini memperkenalkan sistem yang dapat memantau lingkungan pusat sampah di kota. Di Indonesia, sebagian besar sampah ditempatkan di area terbuka yang disebut *landfill*, dimana gas metana dapat diproduksi dengan proses dekomposisi. Gas tersebut memiliki karakteristik yang mudah terbakar. Namun gas tersebut dapat dimanfaatkan untuk energi alternatif sebagai bahan bakar kompor gas. Gas tersebut dikelola untuk didistribusikan dan dipantau kebocoran gasnya.

Pemantauan gas metana dilakukan secara terus menerus dan *real time*. Pengembangan sistem pemantauan gas metana dilakukan menggunakan mikrokontroler yang dilengkapi sensor gas metana yaitu TGS 2611. Data akan didistribusikan menggunakan internet, dimana modul Wi-Fi digunakan untuk mengirim dan berkomunikasi dengan server berbasis web. Informasi pemantauan gas dapat diakses menggunakan aplikasi android.

Keuntungan dari sistem ini adalah pengguna dapat memantau, merekam, dan mendapatkan informasi tingkat gas. Sistem ini juga dapat digunakan sebagai peringatan dini ketika gas melebihi batas dan ketika situasi bahaya terjadi. Sistem ini digunakan untuk mengoptimalkan program Pengolahan Limbah melalui pemanfaatan gas metana.

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

BAB III PERANCANGAN SISTEM



Gambar 3.1. Skema Sistem Keseluruhan.

Pada bab ini dijelaskan perancangan sistem secara keseluruhan. Alat yang dirancang bertujuan untuk membuat peta konsentrasi gas karbon monoksida (CO) pada suatu wilayah. Perancangan Alat berupa sebuah *board* yang berisi mikrokontroler ATmega 2560 dilengkapi dengan sensor barometer, sensor gas, GPS, dan microSD. Sensor gas dan GPS digunakan untuk mengetahui konsentrasi gas dan koordinat *latitude* dan *longitude* pada wilayah tersebut. Sensor barometer berguna untuk mengetahui ketinggian pesawat saat diterbangkan. Mikrokontroler akan membaca data dari sensor-sensor yang terhubung dengannya kemudian data tersebut akan disimpan dalam microSD. Pesawat dilengkapi kamera berguna untuk memotret daerah yang dilewati oleh pesawat tersebut. Data dari microSD dan gambar dari kamera selanjutnya akan diolah dan digabungkan menjadi sebuah peta konsentrasi gas karbon monoksida (CO)

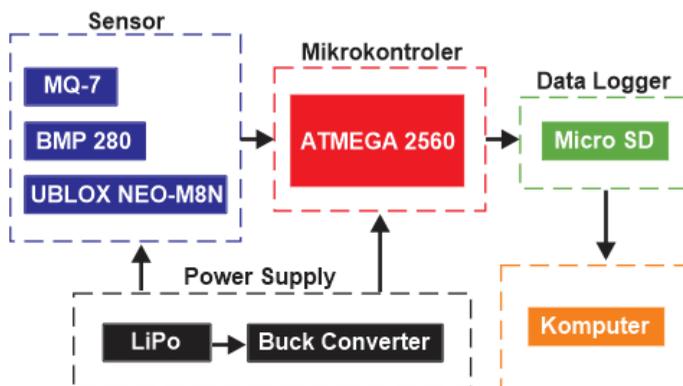
pada wilayah tersebut. Spesifikasi Alat Pembuat Peta Konsentrasi Gas Karbon Monoksida (CO) pada *Unmanned Aerial Vehicle* dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Spesifikasi Alat.

Dimensi	(6.5 x 5 x 2) cm
Berat Total	25 gram
Mikrokontroler	ATmega2560
Jumlah Sensor	4 buah (UBLOX NEO-M8N, MQ-7, MQ-136, dan BMP 280)
Tegangan Masukan	5 Volt
Tegangan Keluaran	3.3 Volt dan 5 Volt
Durasi Maksimal Perekaman	873 jam 48 menit 48 detik
Gas yang dimonitoring	<i>Carbon monoxide</i> (CO) dan <i>Sulfur Dioxide</i>
Penyimpanan Eksternal	microSD, hingga 32 GB

3.1. Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Diagram Blok Sistem.

Pada tugas akhir ini, mikrokontroler yang digunakan sebagai unit pengolah data yaitu ATmega 2560.

Sensor yang digunakan adalah sensor gas MQ-7, sensor barometer BMP280, dan GPS UBLOX NEO-M8N. Sensor MQ-7 diletakkan diluar pesawat untuk mengukur konsentrasi gas yang ada di udara. Sensor BMP 280 dan GPS UBLOX NEO-M8N terletak didalam badan pesawat. Sensor BMP280 dan GPS UBLOX NEO-M8N sudah menjadi satu *board* dengan mikrokontroler ATmega 2560. Sensor BMP280 digunakan untuk mengetahui tekanan udara dan ketinggian pesawat. GPS UBLOX NEO-M8N digunakan untuk mengetahui koordinat dari pesawat yang berupa *latitude* dan *longitude* sehingga didapatkan posisi dari pesawat tersebut. Terdapat microSD yang digunakan untuk menyimpan data dari sensor MQ-7, sensor BMP280 dan GPS UBLOX NEO-M8N. Sumber tegangan dari mikrokontroler dan sensor didapat dari baterai LiPo yang telah diturunkan tegangannya terlebih dahulu menggunakan *buck converter*.

Sensor MQ-7, sensor BMP280 dan GPS UBLOX NEO-M8N dibaca oleh mikrokontroler ATmega 2560 setiap 2 detik sekali. Hasil pembacaan dari sensor ini disimpan pada microSD. Pesawat dilengkapi dengan kamera berguna untuk memotret daerah dibawah yang dilewati oleh pesawat.

Gambar yang diambil dari pesawat digabungkan menjadi sebuah panorama menggunakan *software* Image Composite Editor. Gambar panorama ini diolah kembali dengan data dari sensor MQ-7, sensor BMP280 dan GPS UBLOX NEO-M8N menggunakan komputer.

Gabungan foto dan data dari sensor yang tersimpan dalam microSD akan membentuk sebuah peta konsentrasi gas dimana konsentrasi gas tersebut akan diwakilkan dengan warna yang berbeda berdasarkan nilai dari konsentrasi gas tersebut.

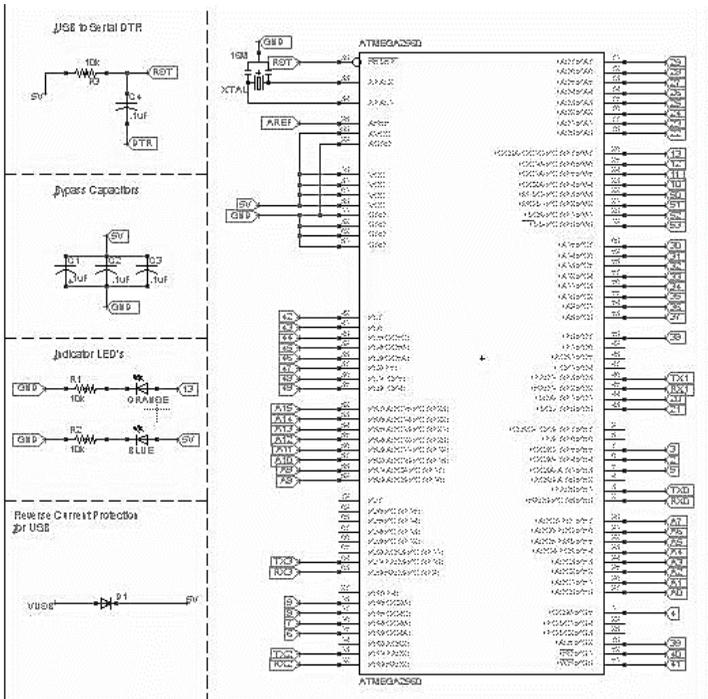
3.2. Perancangan Perangkat Keras

Perangkat keras pada tugas akhir yaitu desain elektronik. Desain elektronik meliputi pembuatan *board* mikrokontroler ATmega 2560 peletakan tempat microSD, sensor BMP280 dan UBLOX NEO-M8N pada *board* mikrokontroler 2560.

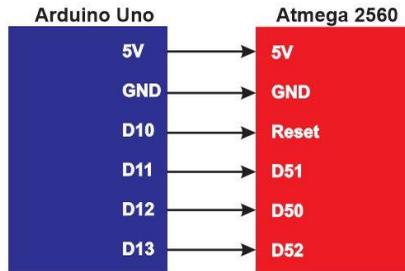
3.2.1. Mikrokontroler ATmega 2560

Pada tugas akhir ini mikrokontroler yang digunakan adalah ATmega 2560 digunakan untuk mengolah data sensor. Data yang diterima

kemudian akan disimpan pada microSD. Tegangan kerja mikrokontroler ATmega 2560 yaitu 5V. Pada sistem ini digunakan pin digital sebanyak 1 pin (pin digital 4), pin analog sebanyak 1 pin (pin A0), pin *transmit* dan *receive* (TX0, RX0, dan TX1, RX1), pin I2C (SDA dan SCL), dan pin SPI (MISO, MOSI, dan SCK). Selain itu pin 5V dan GND digunakan untuk input dari mikrokontroler ATmega 2560. *Board* mikrokontroler didesain menggunakan aplikasi EAGLE. Aplikasi EAGLE merupakan aplikasi yang dikhususkan untuk mendesain sebuah *Printed Circuit Board* (PCB). Komponen yang digunakan pada *board* mikrokontroler ini adalah komponen yang berjenis *Surface Mount Device* (SMD) agar dapat meminimalkan ukuran *board* sehingga lebih efisien dalam segi penggunaan tempat. Skematik dari ATmega 2560 ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Skematik ATmega 2560.



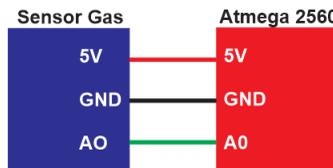
Gambar 3.4 Antarmuka Arduino UNO dengan ATmega 2560.

3.2.2. *Bootloader* Mikrokontroler ATmega 2560

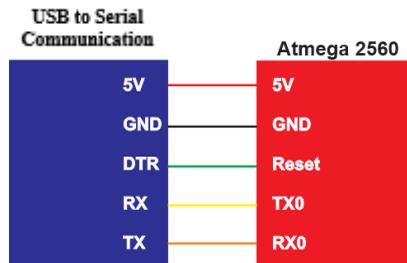
Bootloader merupakan program kecil yang ditamamkan kedalam sebuah chip mikrokontroler yang digunakan untuk mengenali program yang nantinya akan diisikan pada chip ATmega 2560 melalui software IDE Arduino. Pada tugas akhir ini digunakan Arduino Uno untuk mengunggah program *bootloader* kedalam ATmega 2560. Antarmuka Arduino Uno dengan ATmega 2560 melalui pin MISO, pin MOSI, pin SCK, dan pin Reset. Antarmuka antara Arduino Uno dengan ATmega 2560 ditunjukkan pada Gambar 3.4.

3.2.3. *Downloader* Mikrokontroler ATmega 2560

Downloader merupakan sebuah alat untuk memasukkan program kedalam mikrokontroler. Pada tugas akhir ini digunakan USB to Serial Communication untuk mengunggah program dari *software* Arduino IDE ke mikrokontroler ATmega 2560. Antarmuka USB to Serial Communication dengan mikrokontroler ATmega 2560 menggunakan pin RX, pin TX, dan pin Reset seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.5. selain itu terdapat pin 5V dan GND yang digunakan untuk tegangan masukan mikrokontroler.



Gambar 3.6 Antarmuka Sensor MQ-7 dengan ATmega 2560.



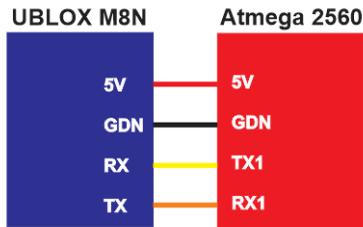
Gambar 3.5 Antarmuka USB to Serial Communication dengan ATmega 2560.

3.2.4. Sensor Gas MQ-7

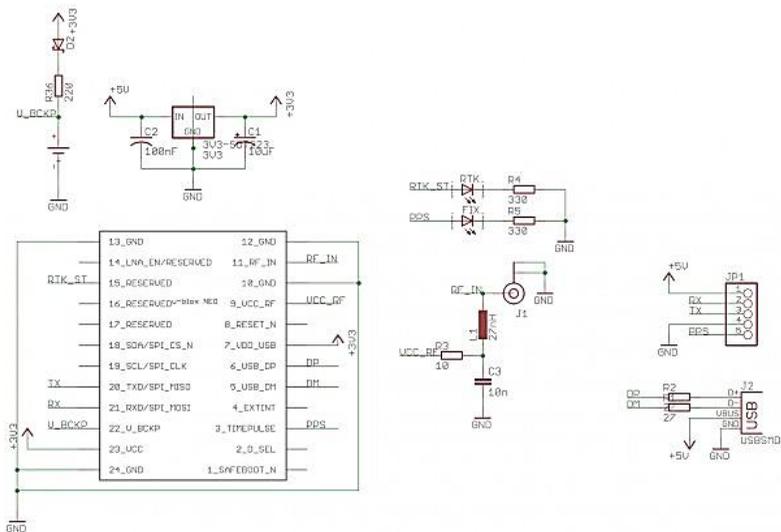
Sensor MQ-7 mampu mendeteksi gas *carbon monoxide* antara 20ppm – 2000ppm. Sensor ini dipanaskan terlebih dahulu dan memerlukan waktu kurang dari 48 jam. Tegangan masukan dari sensor adalah 5V. Sensor diletakkan diluar agar lebih sensitif terhadap perubahan konsentrasi gas pada jalur yang dilewati oleh pesawat. Antarmuka antara sensor MQ-7 dan mikrokontroler ATmega 2560 yaitu menggunakan pin A0. Selain pin ini juga terdapat pin 5V dan GND yang berguna sebagai catu daya. Antarmuka sensor gas dan mikrokontroler ATmega 2560 seperti pada Gambar 3.6.

3.2.5. Sensor Barometer BMP280

Sensor barometer yang digunakan pada tugas akhir ini yaitu BMP280. Sensor barometer yaitu sensor yang digunakan untuk mengetahui tekanan udara dipermukaan. Sensor ini memiliki dimensi 2.0 x 2.5 mm² dan tinggi 0.95 mm. Tegangan masukan pada sensor ini yaitu 3.3V. Sensor ini nantinya akan dijadikan satu board dengan mikrokontroler ATmega 2560. Sensor ini mampu mendeteksi tekanan udara antara 300 – 1100 hPa. Pada tugas akhir ini, BMP280 digunakan untuk mengetahui ketinggian dari pesawat tanpa awak. Tekanan yang didapat nantinya akan dikonversi menjadi ketinggian. Antarmuka BMP280 dengan ATmega 2560 ialah menggunakan pin I2C yaitu pin SDA dan pin SCL atau pin 20 dan pin 21. Tegangan kerja dari BMP280 yaitu 3.3V. Skematik dan antarmuka BMP280 dengan ATmega 2560 ditunjukkan pada Gambar 3.8 dan Gambar 3.9.



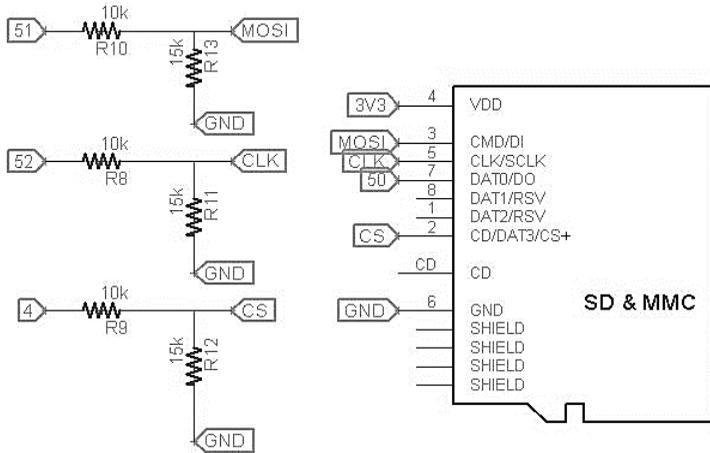
Gambar 3.11 Antarmuka GPS dengan ATmega 2560.



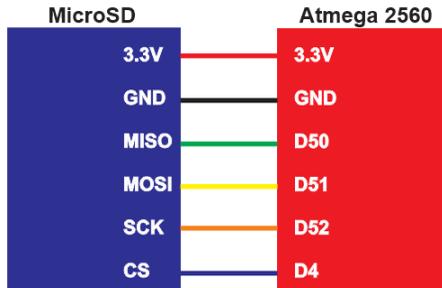
Gambar 3.10 Skematik GPS UBLOX NEO-M8N.

3.2.7. Rangkaian microSD

Rangkaian microSD berguna untuk membaca kartu microSD, melalui sistem dan SPI antarmuka driver. Rangkaian ini dapat digunakan untuk membaca maupun menulis sebuah file ke dalam microSD. Pada tugas akhir ini rangkaian ini digunakan untuk membuat file dalam bentuk .csv kemudian menuliskan isi file tersebut dengan data yang sudah didapat dari sensor gas, barometer, dan GPS, dengan kata lain rangkaian ini berfungsi sebagai *data logger*. Rangkaian ini membutuhkan *supply* tegangan sebesar 3.3V.



Gambar 3.12 Skematik Rangkaian MicroSD.



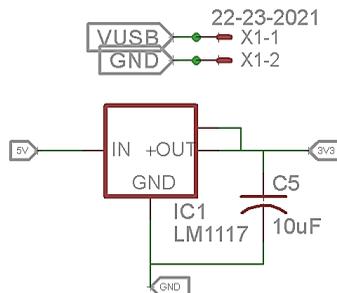
Gambar 3.13 Antarmuka MicroSD dengan ATmega 2560.

Antarmuka rangkaian microSD dengan mikrokontroler ATmega 2560 menggunakan pin SPI yaitu MISO, MOSI, dan SCK (pin 51, pin 50, dan pin 52). Selain itu terdapat *cheap select* yang ditempatkan pada pin 4. Pin 51, 52, dan 4 ditambah rangkain *pull-down* dengan resistor 10 kOhm dan 15 kOhm. Skematik dan antarmuka rangkaian microSD ditunjukkan pada Gambar 2.12 dan Gambar 2.13.

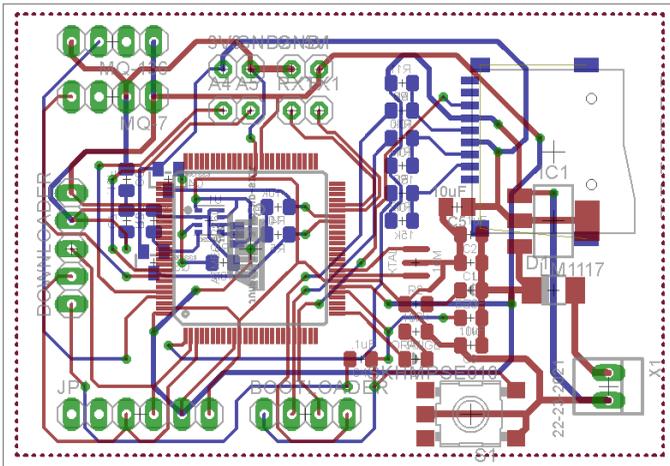
3.2.8. Board Mikrokontroler Terpadu

Board mikrokontroler terpadu merupakan gabungan dari komponen-komponen yang sudah dijelaskan sebelumnya. Komponen utama dari board ini adalah IC ATmega 2560 dan juga terdapat 4 komponen eksternal yang dibutuhkan pada *board* mikrokontroler terpadu ini. 4 komponen tersebut yaitu BMP280, microSD, UNLOX NEO-M8N, dan sensor gas MQ-7. Untuk BMP280 dan microSD diletakkan menjadi satu *board* dengan IC ATmega 2560. Sedangkan untuk UBLOX NEO-M8N dan sensor gas terletak terpisah atau dapat dipasang maupun dilepas. *Board* ini dilengkapi dengan catu daya 3.3V dan 5V. Skematik catu daya ini ditunjukkan pada gambar 3.14.

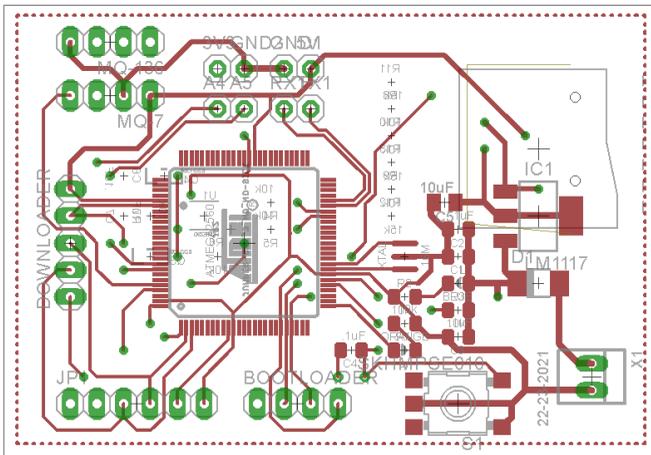
Skematik *board* ini dibuat menggunakan *software* EAGLE. Setelah dibuat skematik dari komponen-komponen yang dijelaskan sebelumnya adalah menata letak dari komponen-komponen tersebut agar didapatkan desain yang efisien dengan dimensi yang kecil. Hal ini dikarenakan alat akan dipasang didalam badan pesawat sehingga alat harus efisien dan mempunyai dimensi yang kecil. Komponen yang digunakan dalam mendesain *board* ini adalah komponen berjenis SMD (*Surface Mount Device*). Penggunaan komponen SMD dalam mendesain *board* pada alat ini agar alat yang dibuat memiliki dimensi yang kecil dan dapat dipasang pada pesawat tanpa harus mengubah desain pesawat tersebut. Hasil desain *board* mikrokontroler terpadu untuk alat pembuat peta konsentrasi gas karbon monoksida (CO) pada *Unamenned Aerial Vehicle* ditunjukkan pada Gambar 3.15, Gambar 3.16, dan Gambar 3.17.



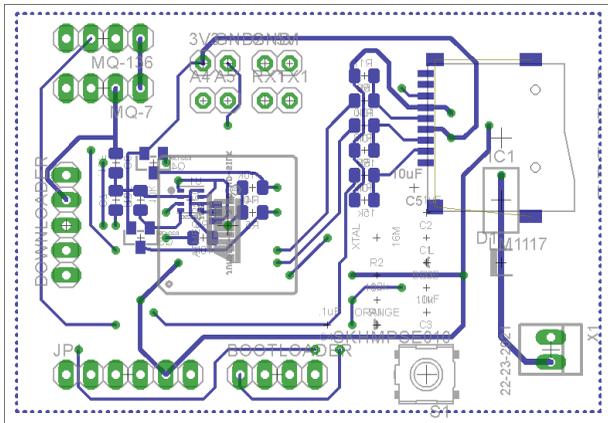
Gambar 3.14 Skematik Catu Daya 5V dan Regulator 3.3V.



Gambar 3.15 Desain *Board* Mikrokontroler pada Eagle.



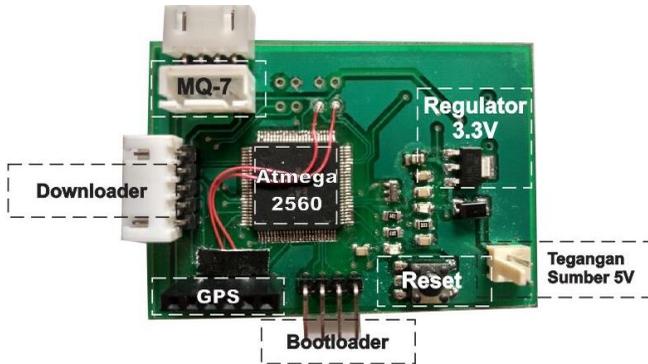
Gambar 3.16 Desain *Board* Mikrokontroler Bagian Atas.



Gambar 3.17 Desain *Board* Mikrokontroler Bagian Bawah.

Hasil dari desain *board* mikrokontroler terpadu dicetak dalam bentuk PCB. Dimensi *board* setelah dipasang semua komponennya memiliki dimensi yaitu 6.5 x 5 x 1.8 cm. PCB *board* mikrokontroler ini memiliki spesifikasi *double layer*, *through hole*, dan *masking*. *Double layer* merupakan PCB yang mempunyai 2 jalur. *Through hole* adalah lubang pada PCB yang memiliki jalur elektrik sehingga kedua sisi pada lubang tersebut terhubung dan menjadi satu jalur. *Masking* merupakan pemberian lapisan pelindung pada PCB yang bertujuan untuk menghindari hubungan yang tidak diinginkan pada jalur setelah disolder dan juga mencegah jalur PCB teroksidasi oleh udara.

Setelah semua komponen tersolder, proses selanjutnya adalah memasukkan *bootloader* pada IC ATmega 2560 seperti yang dijelaskan pada sub bab 3.2.3 diatas. Setelah program *bootloader* berhasil dimasukan, maka *board* mikrokontroler dapat dimasukan program melalui *software* Arduino IDE menggunakan USB to Serial Communication seperti yang dijelaskan pada sub bab 3.2.4. Hasil dari *board* mikrokontroler setelah dicetak dan dipasang komponen-komponennya seperti yang terlihat pada Gambar 3.18, Gambar 3.19, dan Gambar 3.20.



Gambar 3.18 *Board* Mikrokontroler Bagian Atas.



Gambar 3.19 *Board* Mikrokontroler Bagian Bawah.



Gambar 3.20 Realisasi *Board* Mikrokontroler.

3.3. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak terintegrasi ke dalam ATmega 2560. Perancangan algoritma pemrograman digunakan untuk melakukan beberapa proses diantaranya pembacaan sensor barometer BMP280, sensor gas MQ-7, GPS UBLOX NEO M8-N, dan *data logger*.

3.2.1. Pembacaan BMP280

Pembacaan BMP280 menggunakan *library* “Adafruit_BMP280.h” dan “Adafruit_Sensor.h” pada software Arduino IDE. Dengan librari ini akan didapatkan ketinggian pesawat terhadap permukaan laut. Data yang di dapat dari BMP280 kurang stabil, oleh karena itu diperlukan sebuah filter yaitu *exponential filter*. Program yang digunakan untuk *exponential filter* adalah sebagai berikut:

```
float expFilter (float input, float inputBefore, float
alpha) {
    return inputBefore + alpha * (input - inputBefore);
}
float alt = expFilter (bmp.readAltitude (x), alt_before, 0.1);
float alt_before = bmp.readAltitude (x);
```

Nilai alpha merupakan nilai pengali pada exponential filter agar didapatkan pembacaan yang stabil dan respon yang cepat. Untuk nilai x merupakan nilai untuk tekanan udara saat ini. Tekanan udara saat ini dapat diketahui melalui alamat web internet yang menyediakan layanan perkiraan cuaca.

3.2.2. Pembacaan UBLOX NEO-M8N

Untuk membaca *latitude* dan *longitude* pada UBLOX NEO-M8N diperlukan *library* “TinyGPS++.h”. Program yang digunakan pada mikrokontroler ATmega 2560 adalah sebagai berikut:

```
while (Serial1.available() > 0) {
    if (gps.encode(Serial1.read())) {
        if (gps.location.isValid()) {
            lat_value = gps.location.lat;
            lng_value = gps.location.lng();
        }
        else {
            lat_value = 0;
            lng_value = 0;
        }
    }
}
```

```

    }
    Return;
  }
}

```

3.2.3. Pembacaan MQ-7

Pada pembacaan MQ-7 ini tidak diperlukan *library*, melainkan menggunakan `analogRead`. Nilai yang dibaca oleh mikrokontroler ini yaitu tegangan yang dikeluarkan oleh sensor. Tegangan yang dikeluarkan akan berubah-ubah tergantung konsentrasi gas yang ada disekitar sensor. Program yang digunakan pada mikrokontroler ATmega 2560 sebagai berikut:

```
CO = analogRead(A0);
```

A0 merupakan pin analog yang digunakan untuk membaca sensor ini pada mikrokontroler ATmega 2560.

3.2.4. Penyimpanan Data

Data yang telah didapat dari beberapa sensor seperti yang dijelaskan diatas selanjutnya akan disimpan dalam microSD. Proses penyimpanan ini disebut *data logging*. Untuk membaca dan menulis file pada microSD diperlukan *library* "SD.h". Dengan *library* ini mikrokontroler ATmega 2560 dapat membaca maupun menulis file pada microSD. Data yang sudah didapat akan disimpan dalam file dengan ekstensi .csv. Program untuk mengetahui apakah microSD sudah terhubung dengan mikrokontroler adalah sebagai berikut:

```

while (!Serial) {
;
}
Serial.print("Initializing SD card...");
if (!SD.begin(4)) {
  Serial.println("initialization failed!");
  return;
}
Program untuk membuat file dengan ekstensi .csv pada
microSD adalah sebagai berikut:
data = SD.open("data.csv", FILE_WRITE);
data.close();
Sedangkan program untuk menulis file yang sudah dibuat
adalah sebagai berikut:
if (millis()-delaymil>delay_Data){

```

```

int jam = gps.time.hour() + 7;

data = SD.open("data.csv", FILE_WRITE);
if (data) {
  if (jam > 23){
    jam = jam - 24;
  }
  data.print(gps.location.lat(), DEC);
  data.print(",");
  data.print(gps.location.lng(), DEC);
  data.print(",");
  data.print(jam);
  data.print(":");
  data.print(gps.time.minute());
  data.print(":");
  data.print(gps.time.second());
  data.print(",");
  data.print(gps.date.day());
  data.print("-");
  data.print(gps.date.month());
  data.print("-");
  data.print(gps.date.year());
  data.print(",");
  data.print(bmp.readPressure());
  data.print(",");
  data.print(bmp.readAltitude(1009.30));
  data.print(",");
  data.print(CO_ppm);
  data.println(",");
  data.close();
}
delaymil=millis();
}

```

3.2.5. Perhitungan Durasi Perekaman

Lama durasi perekaman yang dapat dilakukan oleh alat ini bergantung pada kapasitas memori pada microSD dan nilai *delay* saat pengambilan data. Besarnya data dalam file .csv jika terisi maksimal adalah 74.282 KB. Terdapat 1048576 data jika file .csv terisi maksimal.

Untuk menghitung lama durasi perekaman yaitu dengan mengalikan jumlah data maksimal dengan nilai *delay* pengambilan data. Perhitungan durasi perekaman sebagai berikut :

$$T = d \times t$$

Dimana T = Durasi perekaman (detik)

d = Jumlah data

t = Nilai *delay* pengambilan data (detik)

Durasi perekaman dalam satuan detik akan dikonversi menjadi satuan jam menit dan detik.

3.2.6. Pembuatan Skala Koordinat

Pembuatan peta skala koordinat berguna untuk menentukan posisi koordinat yang didapat dari GPS pada gambar wilayah yang akan dipetakan. Data *latitude* akan menjadi sumbu *y* pada foto dan data *longitude* akan menjadi sumbu *x*. Untuk rumus pembuatan skala yaitu sebagai berikut:

$$y = \frac{\text{latitude referensi} - \text{latitude data}}{\text{selisih latitude pada gambar peta}} \times \text{jumlah pixel } x$$
$$x = \frac{\text{longitude data} - \text{longitude referensi}}{\text{selisih longitude pada gambar peta}} \times \text{jumlah pixel } y$$

Dari persamaan diatas akan diketahui posisi dari koordinat yang sudah didapat pada wilayah yang akan dipetakan.

3.4. Langkah-langkah Pembuatan Peta Konsentrasi Gas CO

Langkah-langkah dalam pembuatan peta konsentrasi gas CO melalui beberapa tahapan antara lain :

3.4.1. Pengambilan Data

Pada pengambilan data langkah yang dilakukan adalah mempersiapkan alat dan kamera agar berfungsi dengan baik saat melakukan pengambilan data dan data yang didapat akurat.

Pada proses persiapan alat yang dilakukan pertama yaitu kalibrasi sensor MQ-7 dan sensor BMP280. Sensor MQ-7 dikalibrasi menggunakan alat ukur CO meter dan dibandingkan nilai pembacaan sensor MQ-7 dengan alat ukur CO meter sehingga didapatkan rumus konversi dari nilai ADC ke *part per million* (ppm). Untuk kalibrasi sensor BMP280 dengan cara menyamakan nilai tekanan udara pada program dengan tekanan udara pada wilayah tersebut. Kalibrasi dilakukan karena pembacaan dari sensor tidak stabil. Sensor ini diharapkan mempunyai nilai yang sama dengan kondisi yang sebenarnya.

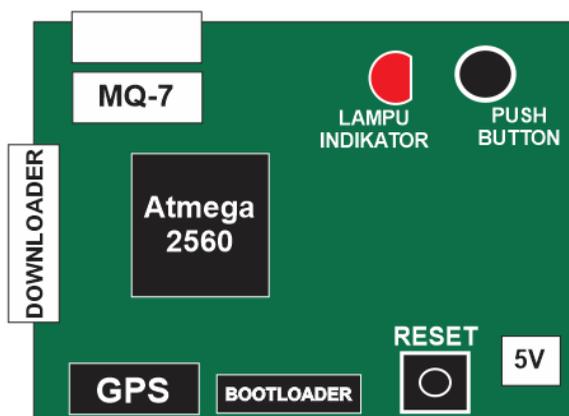
Langkah kedua yaitu memasang microSD pada slot microSD yang

terdapat dibawah alat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.23 dan memastikan *data logger* berfungsi dengan baik. Jika lampu indikator menyala maka alat dalam kondisi sedang menyimpan data. Jika lampu indikator berwarna merah berkedip maka alat dalam kondisi tidak menyimpan data atau microSD belum terhubung sempurna. Terdapat tombol *push button* untuk menghapus data pada microSD. Jika *push button* ditekan maka lampu indikator berwarna merah yang semula menyala akan mati sebentar kemudian menyala lagi. Hal ini menandakan data sudah terhapus. Lampu indikator pada alat ditunjukkan pada Gambar 3.21.

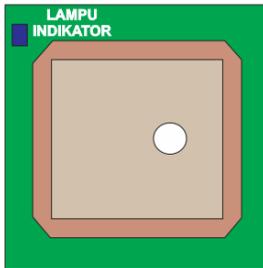
Langkah ketiga yaitu memastikan GPS yang terpasang pada alat sudah mendapat sinyal dari satelit ditandai dengan lampu indikator warna biru pada GPS berkedip. Lampu indikator pada GPS ditunjukkan pada Gambar 3.22.

Jika *data logger* dan GPS sudah siap langkah selanjutnya yaitu menekan tombol *push button* pada alat kemudian menekan tombol reset yang ditunjukkan pada gambar 3.21 agar data sebelumnya terhapus dan diganti dengan data yang baru.

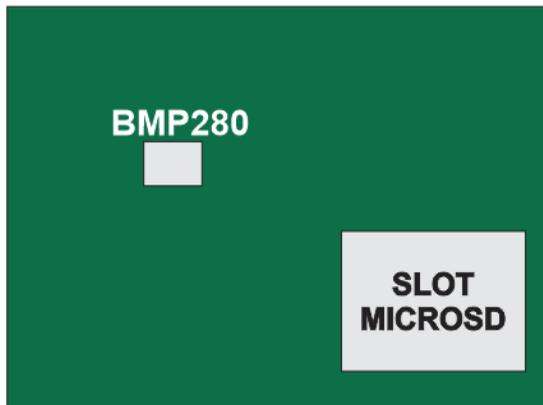
Setelah mempersiapkan alat, langkah selanjutnya yaitu mengatur kamera yang terpasang pada pesawat. Kamera diatur dengan *mode timelapse* dengan waktu jeda 2 detik. Pastikan kamera sudah menyala dengan *mode timelapse* sebelum pesawat diterbangkan.



Gambar 3.21 Desain *Board* Mikrokontroler Tampak Atas.



Gambar 3.22 Desain Modul GPS.



Gambar 3.22 Desain *Board* Mikrokontroler Tampak Bawah.

Setelah alat dan kamera sudah siap digunakan untuk mengambil data dan terpasang dengan baik pada pesawat, selanjutnya yaitu menerbangkan pesawat pada daerah yang akan dipetakan.

3.4.2. Pengolahan Data Menjadi Peta

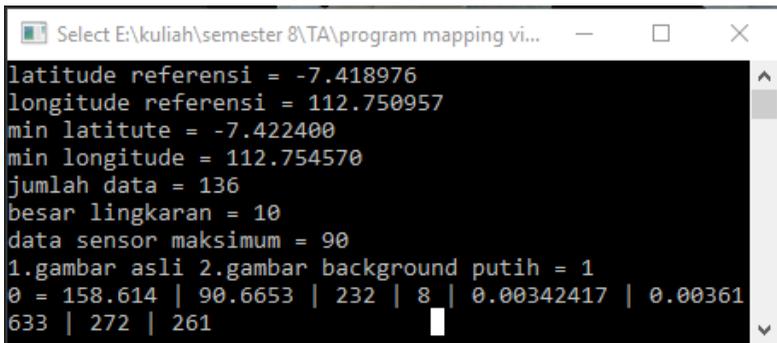
Pada pengolahan data, yang pertama yaitu membaca data dari microSD dengan menggunakan komputer. Data yang tersimpan pada microSD dalam format *.csv*. Data akan dibuka menggunakan *software* Microsoft Excel. Data tersebut akan dipilih pada saat pesawat sudah berada diudara. Hal ini dapat diketahui dari nilai ketinggian pembacaan sensor BMP280. Data yang akan dipilih yaitu berupa *latitude*, *longitude* dan konsentrasi gas CO. Data tersebut akan disimpan kembali dengan

nama file *data.csv* dan dihitung jumlah datanya. Jumlah ini nantinya akan dimasukkan untuk membuat gambar peta. File *data.csv* kemudian disimpan pada folder yang disediakan untuk mengeksekusi program yang sudah dibuat.

Tahap kedua yaitu mengolah gambar agar dapat diproses menjadi peta. Gambar dari kamera digabungkan menjadi sebuah panorama dengan menggunakan *software* Image Composite Editor. Hasil penggabungan gambar dipotong agar dapat digabungkan dengan data dari microSD. Hasil pemotongan gambar disimpan dengan nama file *peta.jpg* pada folder yang disediakan untuk mengeksekusi program yang dibuat.

Tahap ketiga yaitu mencari titik koordinat pojok kiri atas dan pojok kanan atas pada gambar *peta.jpg* menggunakan Google Maps dengan cara membandingkan gambar *peta.jpg* dengan gambar pada Google Maps. Titik koordinat pojok kiri atas akan digunakan sebagai titik referensi dan titik koordinat pojok kanan bawah digunakan sebagai nilai pengurang.

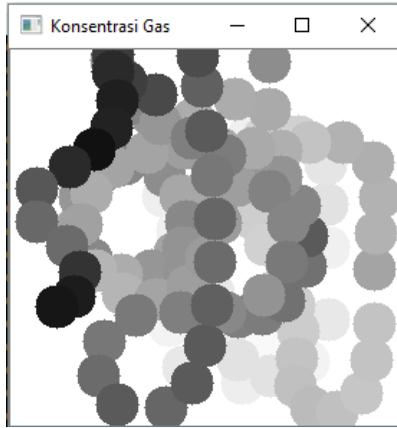
Setelah data dan gambar sudah diproses, langkah selanjutnya membuka aplikasi *Mapping.exe* yang dibuat menggunakan *software* Visual Studio. Jumlah data, koordinat referensi dan pengurang, serta nilai maksimum pembacaan sensor dimasukkan pada aplikasi ini. Contoh pengisian data kedalam aplikasi ditunjukkan pada Gambar 3.23. Jika ingin menampilkan gambar peta asli maka memilih pilihan 1. Jika ingin menampilkan gambar dengan *background* putih maka memilih pilihan 2.



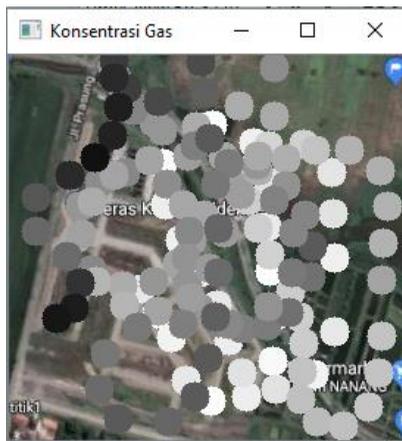
```
Select E:\kuliah\semester 8\TA\program mapping vi...  
latitude referensi = -7.418976  
longitudo referensi = 112.750957  
min latitute = -7.422400  
min longitudo = 112.754570  
jumlah data = 136  
besar lingkaran = 10  
data sensor maksimum = 90  
1.gambar asli 2.gambar background putih = 1  
0 = 158.614 | 90.6653 | 232 | 8 | 0.00342417 | 0.00361  
633 | 272 | 261
```

Gambar 3.23 Desain *Board* Mikrokontroler Tampak Bawah.

Hasil gambar dari aplikasi ini ditunjukkan pada Gambar 3.24 dan 3.25. Nilai dari konsentrasi gas diwakilkan dengan warna yang semakin gelap jika nilai konsentrasi gasnya semakin tinggi.



Gambar 3.23 Hasil Gambar Pemetaan dengan *Background* Putih.



Gambar 3.23 Hasil Pemetaan dengan Gambar Peta Asli.

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pada bab ini akan dibahas mengenai pengujian dari sistem yang telah dirancang pada bab sebelumnya. Bab ini bertujuan untuk mendapatkan data yang kemudian dilakukan analisa pada masing-masing pengujian. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian sensor MQ-7, pengujian UBLOX NEO-M8N, pengujian BMP280, dan pengujian *data logger*. Gambar dari alat yang berhasil direalisasikan ditunjukkan pada Gambar 4.1.

4.1. Pengujian BMP280

Pengujian sensor BMP280 yang sudah terpasang pada *board* mikrokontroler dilakukan di gedung Teknik Fisika ITS dari lantai bawah sampai lantai yang paling atas. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sensor BMP280 yang terpasang pada *board* sudah bekerja dengan baik. Ketinggian dari lantai dasar sampai lantai paling atas yaitu lantai 4 diperkirakan sekitar 10.8 meter. Setiap kenaikan lantainya memiliki ketinggian sekitar 3.6 meter. Daerah Surabaya memiliki ketinggian 3 – 6 meter dari permukaan laut, kecuali di bagian selatan di daerah Lidah dan Gayungan dengan ketinggian 25 – 50 meter diatas permukaan laut[28].



Gambar 4.1 Gambar Realisasi Alat.

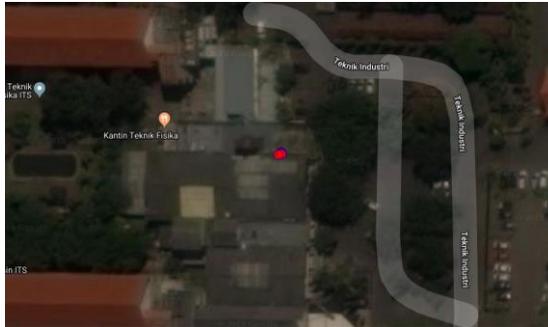
Tabel 4.1. Hasil Pengujian BMP280 di Gedung Teknik Fisika Terhadap Permukaan Laut.

Lokasi	Ketinggian terhadap permukaan laut (meter)	Pembacaan Sensor (meter)	Error (meter)
Lantai 1	6	7.76	1.76
Lantai 2	9.6	10.82	1.12
Lantai 3	13.2	15.02	1.82
Lantai 4	16.8	19.17	1.37

Tabel 4.2. Hasil Pengujian BMP280 di Gedung Teknik Fisika Terhadap Permukaan Tanah.

Lokasi	Pembacaan Sensor (meter)	Ketinggian pada permukaan tanah (meter)	Error (meter)
Lantai 1	7.76	0	-
Lantai 2	10.82	3.06	0.54
Lantai 3	15.02	4.2	0.6
Lantai 4	19.17	4.15	0.55

Pembacaan sensor BMP280 merupakan pembacaan terhadap permukaan laut. Sehingga pembacaan untuk lantai dasar pada gedung Teknik Fisika pada percobaan ini diperkirakan 6 meter. Hasil dari pembacaan sensor dan *error* yang dimiliki ditampilkan seperti pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2. Tekanan udara saat ini juga berpengaruh pada pembacaan ketinggian pada sensor. Tekanan udara ini berbeda-beda setiap saat, untuk mengetahuinya dengan mencari di internet yang menyediakan layanan cuaca. Tekanan udara saat ini yang diperoleh dari internet perlu dimasukkan untuk mengkalibrasi sensor agar ketinggiannya sesuai dengan daerah yang diukur



Gambar 4.4 Lokasi Pengujian GPS dilihat Melalui Google Maps.

4.2. Pengujian UBLOX NEO-M8N

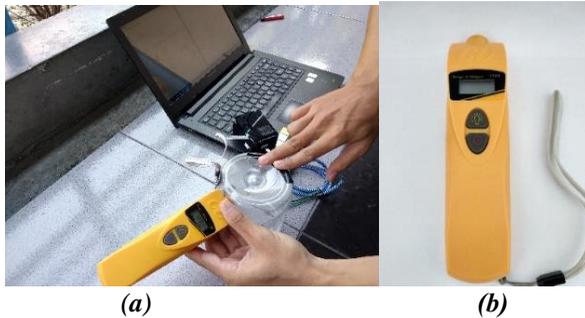
Pengujian UBLOX NEO-M8N dilakukan di gedung Teknik Fisika pada lantai 1 pada cuaca cerah dan ruang terbuka. Pengujian UBLOX NEO-M8N ini berguna untuk mendapatkan komunikasi data yang baik sebelum diuji pada pesawat tanpa awak. Komunikasi *boud rate* antara UBLOX NEO-M8N dengan *board* mikrokontroler adalah 9600 bps. Data hasil pengujian diperlihatkan pada Tabel 4.3, sedangkan penggambaran lokasi pengujian pada google maps ditandai dengan tanda merah seperti yang diperlihatkan pada Gambar 4.4.

Tabel 4.3. Data Koordinat GPS pada Atap Gedung A206.

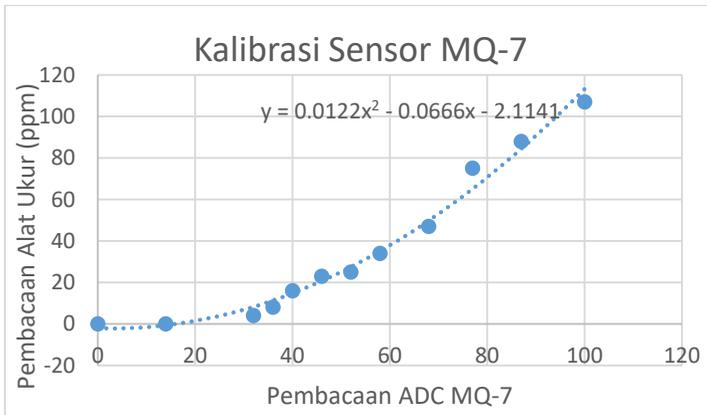
No	Latitude	Longitude
1	-7.284032	112.796630
2	-7.284033	112.796630
3	-7.284034	112.796630
4	-7.284035	112.796630
5	-7.284036	112.796630
7	-7.284037	112.796623

4.3. Kalibrasi Sensor MQ-7

Proses kalibrasi MQ-7 digunakan untuk mengubah satuan dari pembacaan nilai analog pada sensor menjadi satuan untuk gas yaitu *part per million* (ppm). Pada proses ini sensor MQ-7 dikalibrasi menggunakan gas karbon monoksida dan alat ukur CO-meter.



Gambar 4.5 (a) Kalibrasi Sensor MQ-7. (b) Alat Ukur CO meter.



Gambar 4.6 Grafik Kalibrasi Sensor MQ-7.

Hasil kalibrasi akan didapatkan fungsi algoritma untuk konversi nilai analog ke satuan ppm. Proses kalibrasi ini ditunjukkan pada Gambar 4.5 dan grafik nilai analog terhadap ppm ditunjukkan pada Gambar 4.6.

Dari grafik pada Gambar 4.6 didapatkan fungsi algoritma melalui *microsoft excel* dengan regresi (*trendline*) polynomial orde 2. Pada gambar 4 didapatkan persamaan $y = 0.0122x^2 - 0.0666x - 2.1141$ dimana y adalah CO ppm dan x adalah nilai analog dari sensor MQ-7.

4.4. Pengujian Sensor MQ-7

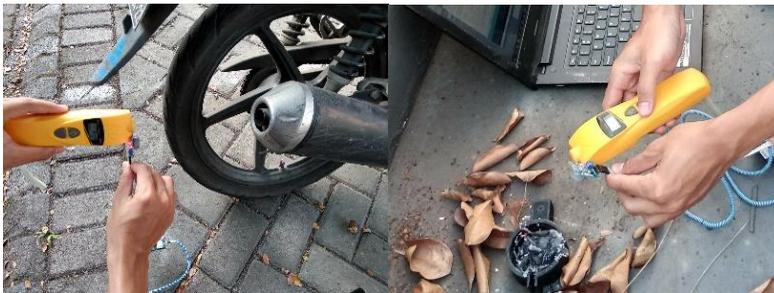
Dilakukan pengujian sensor MQ-7 untuk mengetahui apakah sensor dapat dengan baik merespon gas yang akan dideteksi nantinya. Gas yang

akan dideteksi pada tugas akhir ini yaitu gas *carbon monoxide* (CO). Pengujian dilakukan dengan dua cara yaitu pengujian dengan asap dan pengujian dengan diberi angin.

Pengujian pertama menggunakan asap. Asap yang digunakan yaitu asap hasil pembakaran sampah dan asap kendaraan bermotor. Sensor akan didekatkan dengan asap tersebut, apakah ada perubahan pada nilai pembacaan sensor yang dibaca oleh mikrokontroler. Hasil dari pembacaan sensor ini sudah berupa nilai ppm dengan memasukkan rumus pada saat kalibrasi sensor. Pengujian sensor MQ-7 diperlihatkan pada Gambar 4.5 dan hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 4.4 dan Tabel 4.5.

Tabel 4.4. Pengujian dengan Asap Kendaraan Bermotor.

No	Pembacaan Alat Ukur (ppm)	Pembacaan Sensor MQ-7 (ppm)	Error %
1	4	4.4	10
2	24	23.01	4.12
3	50	46.67	6.66
4	56	54.45	2.76
5	95	97.21	2.32
6	107	103.93	2.86
7	194	192.34	1.2
<i>Error rata-rata</i>			4.27



Gambar 4.7 (a) Pengujian dengan Asap Kendaraan Bermotor (b) Pengujian dengan Asap Hasil Pembakaran Sampah.

Tabel 4.5. Pengujian dengan Asap Hasil Pembakaran Sampah.

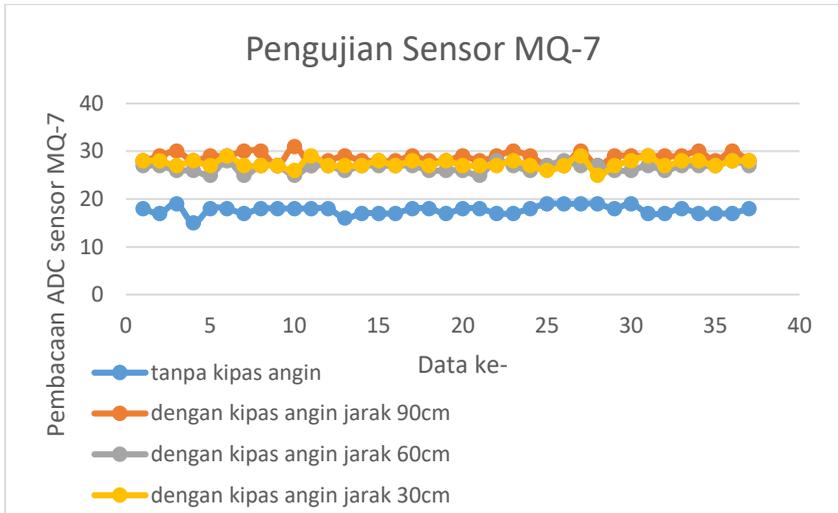
No	Pembacaan Alat Ukur (ppm)	Pembacaan Sensor MQ-7 (ppm)	Error %
1	4	4.59	14.75
2	20	22.14	10.7
3	31	37.34	17.22
4	50	51.67	3.34
5	67	68.34	2
6	85	76.83	9.61
7	110	103.47	5.94
<i>Error Rata-rata</i>			9.08

Hasil respon sensor MQ-7 terhadap pengujian dengan asap kendaraan bermotor ditunjukkan pada Tabel 4.4 dan asap hasil pembakaran sampah ditunjukkan Gambar 4.5. Dari hasil pengujian, sensor MQ-7 dapat bekerja dalam mendeteksi gas CO. Hal ini ditunjukkan pada Tabel 4.4 dan Tabel 4.5 dengan *error* rata-rata sebesar 4.27% saat diuji dengan asap kendaraan bermotor dan 9.08% saat diuji dengan asap hasil pembakaran sampah.

Pengujian yang kedua, sensor akan diberikan angin dengan jarak yang berbeda tiap pengujian. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh angin terhadap nilai pembacaan sensor MQ-7. Proses pengujian diperlihatkan pada Gambar 4.9. Hasil pengujian ini diperlihatkan pada Gambar 4.10.



Gambar 4.9 Pengujian dengan Kipas Angin.



Gambar 4.9 Grafik Pembacaan Sensor Jika Terkena Angin.

Hasil pengujian sensor MQ-7 jika diberi angin menunjukkan adanya perubahan pembacaan nilai analog sensor. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 4.9 dimana rata-rata pembacaan nilai analog sensor jika tidak diberi angin yaitu sekitar 17.68. Sedangkan rata-rata pembacaan nilai analog sensor jika dikenai kipas angin dengan jarak 90 cm yaitu 28.68, jika jarak kipas angin 60cm rata-rata pembacaan nilai analog sensor yaitu 26.61 dan jika jarak 30cm pembacaannya yaitu 27.43. Faktor hembusan angin berpengaruh dalam pembacaan sensor MQ-7.

4.5. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pada pengujian keseluruhan sistem ini dibagi menjadi 2 pengujian yaitu pengujian pada saat di darat dan pengujian pada saat di udara. Paengujian pada saat di darat alat dipasang pada sepeda motor sedangkan pada saat di udara alat dipasang pada pesawat tanpa awak. Untuk pengujian pertama dilakukan di darat.

4.4.1. Pengujian di Darat Rute Keputih – ITS

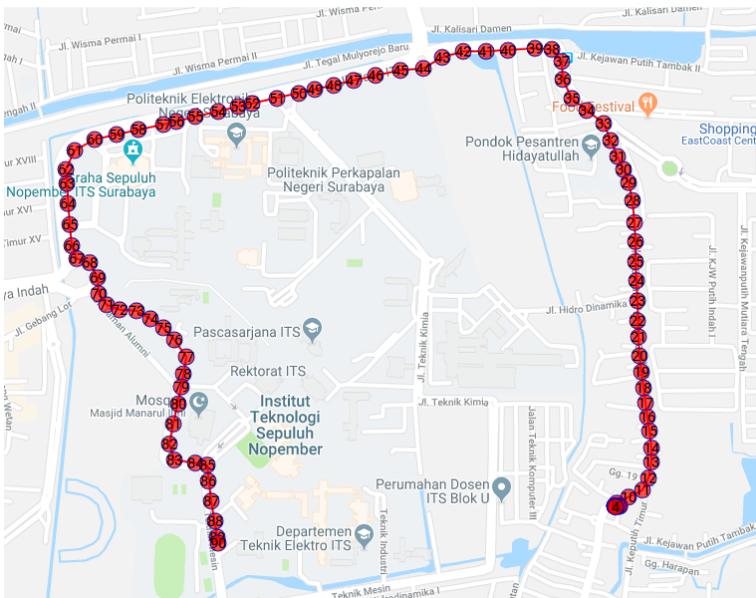
Pada pengujian ini, alat akan dipasang pada sepeda motor. Yang diuji pada pengujian ini yaitu UBLOX NEO-M8N, sensor MQ-7, sensor BMP280 dan *data logger*. Pengujian dilakukan di jalan dengan rute yang

dilewati adalah dari daerah Keputih menuju Kampus ITS melewati daerah Pakuwon. Data dari sensor akan diambil setiap 5 detik sekali. Data hasil pengujian dari daerah keputih menuju Kampus ITS diperlihatkan pada tabel 4.6 dan rute hasil pengujian jika dilihat dengan peta ditunjukkan pada Gambar 4.10. Data hasil pengujian yang ditampilkan pada tabel 4.6 hanya diambil 30 data dari pertama kali pengambilan data. Pemasangan alat pada sepeda motor diperlihatkan pada Gambar 4.11.

Tabel 4.6. Data Pengujian Sistem Keseluruhan Rute Keputih – ITS.

<i>Latitute</i>	<i>Longitute</i>	<i>Clock</i>	<i>Pressure</i> (hPa)	<i>CO</i> (ppm)
-7.28411	112.8021	13:19:16	100899.41	7.54
-7.2841	112.8021	13:19:21	100898.91	29.87
-7.28411	112.8021	13:19:27	100899.96	22.79
-7.28412	112.802	13:19:32	100897.8	17.57
-7.28411	112.802	13:19:37	100891.14	70.63
-7.2841	112.802	13:19:42	100894.5	12.97
-7.28411	112.802	13:19:47	100890.37	7.54
-7.28411	112.802	13:19:52	100894.75	15.66
-7.28405	112.802	13:19:58	100897.5	7.54
-7.28392	112.8023	13:20:03	100893.57	8.24
-7.28377	112.8026	13:20:08	100897.68	8.97
-7.2835	112.8027	13:20:13	100895.86	4.98
-7.28318	112.8028	13:20:18	100892.57	4.98
-7.28287	112.8028	13:20:23	100893.46	8.97
-7.28252	112.8027	13:20:29	100895.98	4.98
-7.28222	112.8027	13:20:34	100891.08	11.29
-7.28191	112.8027	13:20:39	100888.85	8.97
-7.28158	112.8026	13:20:44	100889.44	14.74
-7.28125	112.8026	13:20:49	100882.65	2.32
-7.28092	112.8025	13:20:54	100886.76	4.98

-7.28051	112.8025	13:21:00	100894.26	4.98
-7.28016	112.8025	13:21:05	100888.8	4.98
-7.27974	112.8025	13:21:10	100887.24	4.98
-7.27931	112.8025	13:21:15	100890.03	12.12
-7.2789	112.8024	13:21:20	100895.5	4.40
-7.27849	112.8025	13:21:25	100900.69	11.29
-7.27809	112.8024	13:21:30	100896.33	11.29
-7.27761	112.8024	13:21:36	100903.42	15.66
-7.27724	112.8023	13:21:41	100900.61	15.66
-7.27695	112.8022	13:21:46	100897.64	11.29



Gambar 4.10 Tampilan Rute Keputih – ITS pada Peta.



Gambar 4.11 Pemasangan Alat pada Sepeda Motor.

Titik pertama pengujian yaitu pada koordinat $-7.284091949, 112.8019485$ dan berakhir pada koordinat $-7.283704281, 112.7970047$ dengan jarak tempuh yaitu 4.3 km dihitung menggunakan google maps. Data diambil setiap 5 detik sekali. Data yang diambil antara lain *latitude, longitude*, waktu, tekanan udara, ketinggian dan nilai analog dari sensor MQ-7.

Dari Gambar 4.8 terlihat bahwa titik-titik koordinat yang berhasil disimpan pada microSD masih berada pada posisi jalan yang dilalui pada rute tersebut. Namun masih terdapat *error* pada pembacaan koordinat oleh UBLOX NEO-M8N seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.8. Terdapat beberapa garis merah yang keluar dari rute yang dilalui pada pengujian ini. *Error* yang terjadi tidak terlalu banyak sehingga data yang terambil masih cukup akurat.

Untuk data ketinggian yang terambil yaitu antara 2 m sampai 4 m dan pada jalan yang datar rentang perubahannya kurang lebih 0.5 m, data ini cukup akurat jika sensor digunakan pada pesawat dengan ketinggian saat terbang kurang lebih 100 meter dari permukaan tanah.

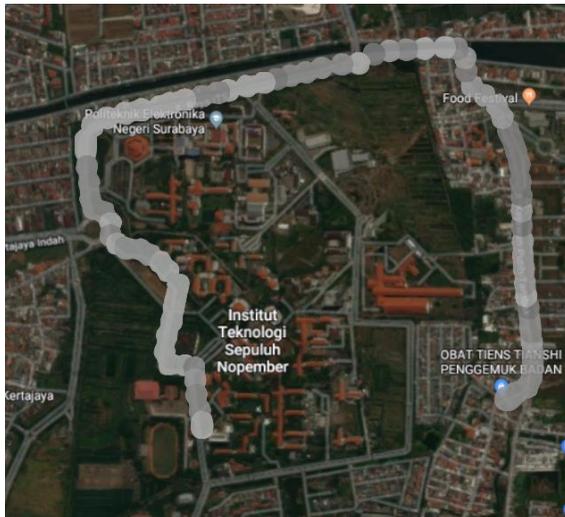
Data yang terambil dari sensor MQ-7 terdapat perubahan pada rute yang dilewati pada percobaan ini. Nilai tertinggi dari pembacaan sensor yaitu 70.63 ppm dan nilai terendahnya yaitu 0.6399 ppm. Pada pengujian *data logger* sudah tercapai. Hal ini dapat dilihat dari data pada Tabel 4.6.

Data berupa *latitude*, *longitude*, ketinggian dan pembacaan sensor MQ-7 sudah tersimpan pada microSD. Waktu penyimpanan data dari sensor ke microSD sudah sesuai, hal ini ditunjukkan pada Tabel 4.6 yaitu selang antara data satu dengan data selanjutnya yaitu 5 detik.

Dari data yang sudah didapat, akan didapatkan peta kondisi gas pada rute keputih – ITS seperti pada Gambar 4.12 dengan koordinat pojok kiri atas yaitu -7.27316, 112.787904 dan koordinat pojok kanan bawah yaitu -7.287497, 112.803865 dengan selisih *altitude* sebesar 0.014337 dan selisih *longitude* sebesar 0.015961. Koordinat pada pojok kiri atas digunakan sebagai koordinat referensi. Dengan menggunakan rumus pembuatan skala pada bab 3 didapatkan rumus sebagai berikut :

$$y = \frac{-7.27316 - \textit{latitude data}}{0.014337} \times 456$$

$$x = \frac{\textit{longitude data} - 112.787904}{0.015961} \times 502$$



Gambar 4.12 Hasil Pemetaan Kondisi Gas Rute Keputih – ITS.

Gambar hasil pemetaan memiliki nilai konsentrasi gas CO terendah yaitu 0.6399 ppm ditunjukkan dengan warna terang dan nilai tertinggi

yaitu 70.73 ppm ditunjukkan dengan warna gelap. Gambar hasil pemetaan memiliki resolusi 456 x 502.

4.4.2. Pengujian di Teras Kota Residen

Pada pengujian ini digunakan pesawat berjenis tanpa awak berjenis *fix wing*. Pengujian dilakukan di Teras Kota Residence yang beralamatkan di Jl. Prasung No. 6, Kepuh Sari, Buduran, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur 61252. Data yang akan disimpan yaitu berupa *latitude*, *longitude*, waktu, pembacaan sensor MQ-7 dan pembacaan BMP280. Lokasi pengujian ditampilkan pada gambar 4.13. Pesawat tanpa awak jenis *fix wing* yang digunakan untuk pengujian ditunjukkan pada gambar 4.14. Pemasangan *board* mikrokontroler dan sensor MQ-7 ditunjukkan pada gambar 4.15. Di lokasi pengujian terdapat asap hasil pembakaran sampah seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.16. Pada saat pengujian angin bertiup dengan kecepatan 2 m/s² dengan arah 325° ke arah barat laut. Lokasi pengujian ditunjukkan pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Lokasi Pengujian di Teras Kota Residence.



Gambar 4.14 Pesawat Tanpa Awak Jenis *Fix Wing*.



(a)

(b)

Gambar 4.15 (a) Peletakan *Board* Mikrokontroler pada Pesawat. (b) Peletakan Sensor MQ-7 pada Pesawat.



(a)

(b)

Gambar 4.16 (a) Gambar Asap Diambil dari Darat (b) Gambar Asap Diambil dari Pesawat.

Data hasil pengujian di Teras Kota Residence ditunjukkan pada Tabel 4.7. Data yang ditampilkan pada tabel hanya 30 data. Rute pesawat saat pengujian ditampilkan pada Gambar 4.17.

Tabel 4.7. Hasil Pengujian di Teras Kota Residence.

<i>Latitude</i>	<i>Longitude</i>	<i>Clock</i>	<i>Altitude</i> (meter)	<i>CO</i> (ppm)
-7.42075	112.7533	9:30:09	50.14	0
-7.42108	112.7535	9:30:12	51.01	0.64
-7.42131	112.7536	9:30:14	48.7	0.28
-7.42155	112.7536	9:30:16	47.29	0.64
-7.42179	112.7536	9:30:18	46.61	1.87
-7.42204	112.7536	9:30:20	46.52	2.33
-7.42224	112.7537	9:30:22	47.13	3.31
-7.42227	112.754	9:30:24	49.27	2.33
-7.42211	112.7542	9:30:26	49.34	1.43
-7.4218	112.7543	9:30:28	47.69	1.87
-7.42147	112.7543	9:30:30	47.38	1.87
-7.42098	112.7543	9:30:33	47.49	8.25
-7.42065	112.7543	9:30:35	48.54	4.98
-7.42033	112.7544	9:30:37	47.62	4.98
-7.42001	112.7543	9:30:39	47.11	5.59
-7.41983	112.754	9:30:41	46.57	4.98
-7.41983	112.7537	9:30:43	46	1.87
-7.41991	112.7535	9:30:45	46.87	5.59
-7.42001	112.7532	9:30:47	49.59	5.59
-7.42013	112.753	9:30:49	50.56	8.97
-7.4204	112.7527	9:30:52	50.47	7.55
-7.42063	112.7526	9:30:54	49.75	9.72
-7.42084	112.7525	9:30:56	48.64	8.25

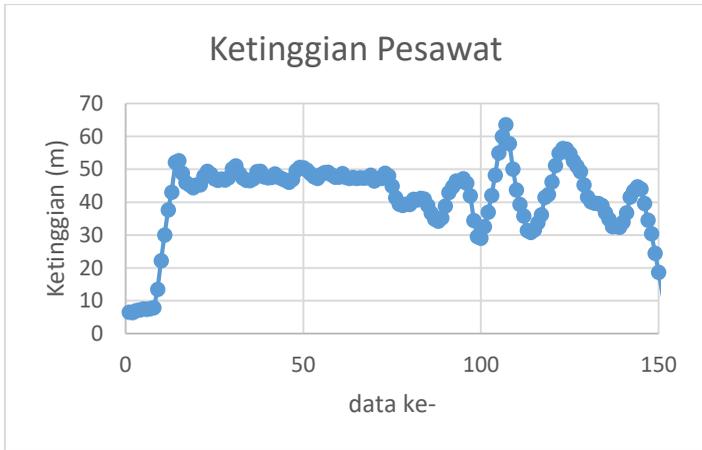
-7.42099	112.7523	9:30:58	47.64	12.12
-7.42102	112.752	9:31:00	47.19	6.21
-7.42089	112.7517	9:31:02	48.39	16.61
-7.42061	112.7516	9:31:04	48.91	7.55
-7.42032	112.7516	9:31:06	49.02	12.12
-7.42011	112.7518	9:31:08	48.31	14.74
-7.42002	112.752	9:31:10	47.63	16.61
-7.42012	112.7524	9:31:13	47.6	14.74

Dari data yang didapat pada pengujian di Teras Kota Residence, pembacaan UBLOX NEO-M8N sudah sesuai dengan jalur yang dilewati pesawat. Tidak ada *error* pembacaan saat pengujian.

Nilai terendah dari pembacaan sensor MQ-7 adalah 0 ppm dan nilai tertinggi sekitar 68 ppm. Untuk *data logger* dari sistem ini berjalan dengan lancar. Hal ini ditunjukkan pada Tabel 4.7 dimana penyimpanan data pada microSD dilakukan setiap 2 detik sekali. Data dari UBLOX NEO-M8N, nilai sensor MQ-7 dan BMP280 sudah tersimpan pada microSD.



Gambar 4.17 Rute Pesawat di Teras Kota Residence.



Gambar 4.18 Grafik Ketinggian Pesawat.

Data ketinggian pesawat sebelum lepas landas sekitar 7 meter dan ketinggian pesawat setelah terbang diudara sekitar 60 meter, sehingga ketinggian pesawat saat terbang diudara diukur dari permukaan tanah yaitu sekitar 53 meter. Grafik ketinggian pesawat saat pengujian ditunjukkan pada Gambar 4.18.

Hasil pemetaan pengujian di Teras Kota Residence diperlihatkan pada gambar 4.19 dengan titik koordinat pojok kiri atas peta yaitu -7.418976, 112.750957 yang digunakan sebagai titik referensi dan titik koordinat pojok kanan bawah -7.422400, 112.754570. Selisi *latitude* yaitu 0.003424 dan selisih *longitude* yaitu 0.003613. Dengan menggunakan rumus pembuatan skala pada bab 3 didapatkan rumus sebagai berikut:

$$y = \frac{-7.418976 - \text{latitude data}}{0.003424} \times 456$$

$$x = \frac{\text{longitude data} - 112.750957}{0.003613} \times 502$$



Gambar 4.19 Hasil Pemetaan Konsentrasi Gas di Teras Kota Residence.

Gambar hasil pemetaan memiliki nilai konsentrasi gas CO terendah yaitu 0 ppm ditunjukkan dengan warna terang dan nilai tertinggi yaitu 73.37 ppm ditunjukkan dengan warna gelap pada Gambar 4.19. Luas daerah yang dapat dipetakan oleh alat ini saat pengujian di Teras Kota Residence sekitar $385.96 \times 401.01 \text{ m}^2$ atau $154,773.82 \text{ m}^2$. Hasil gambar pemetaan memiliki luas dan resolusi 648×674 .

4.4.3. Pengujian di *Field Aeromodelling Air Force RACI*

Pada pengujian ini digunakan pesawat tanpa awak berjenis *fix wing*. Pengujian dilakukan di *Field Aeromodelling Air Force RACI* yang beralamatkan di Jl. Raya Raci, Sawah, Masangan, Bangil, Pasuruan, Jawa Timur. Pada pengujian ini data yang akan diambil yaitu *latitude*, *longitude*, ketinggian, tekanan udara, waktu, dan nilai analog dari sensor MQ-7. Tempat pengujian ditampilkan pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3. Gambar pesawat yang akan digunakan dalam pengujian ini ditunjukkan pada Gambar 4.20. Pemasangan *board* mikrokontroler pada pesawat ditunjukkan pada Gambar 4.21 dan pemasangan sensor pada pesawat ditunjukkan pada Gambar 4.22.



Gambar 4.20 Persiapan Pesawat yang Digunakan pada Pengujian.



Board
mikrokontroler

Kamera

Gambar 4.21 Peletakan *Board* Mikrokontroler dan Kamera pada Pesawat.



MQ-7

Gambar 4.22 Peletakan Sensor MQ-7 pada Pesawat.

Data hasil pengujian pada pesawat tanpa awak di Field Aeromodelling Air Force RACI ditunjukkan pada Tabel 4.8. Data yang ditampilkan pada tabel hanya diambil 30 data. Gambar rute yang dilalui oleh pesawat pada saat pengujian ditampilkan pada Gambar 4.23.

Tabel 4.8. Hasil Pengujian di Lapangan Terbang Aeromodelling Raci.

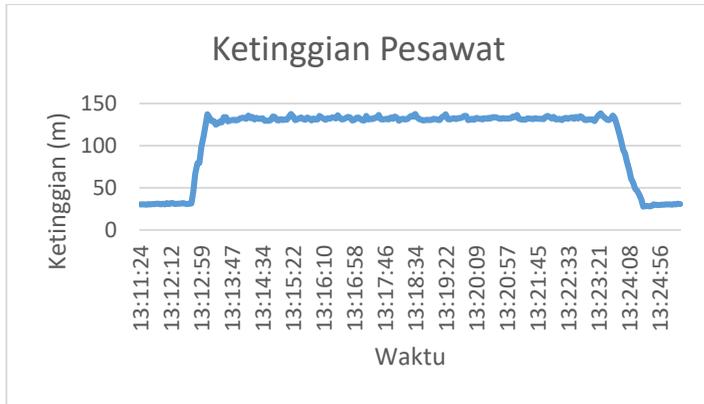
<i>Latitude</i>	<i>Longitude</i>	<i>Clock</i>	<i>Altitude (meter)</i>	<i>CO (ppm)</i>
-7.617928982	112.8461761	13:12:34	30.83	-1.9825
-7.617927551	112.8461685	13:12:37	30.61	-0.0565
-7.617926598	112.8461685	13:12:40	30.91	-1.5601
-7.617926598	112.8461685	13:12:43	31.31	-1.5601
-7.617782116	112.8462906	13:12:47	45.4	-1.8661
-7.617355347	112.8466644	13:12:50	66.34	-2.1853
-7.616960526	112.8470688	13:12:53	78.91	-2.1141
-7.616587162	112.8472443	13:12:56	79.63	-1.8661
-7.616147518	112.8469849	13:12:59	98.01	-2.1421
-7.615839481	112.8464203	13:13:02	110.92	-2.1141
-7.615583897	112.8456039	13:13:06	123.86	-2.1985
-7.615372658	112.844986	13:13:09	137.02	-2.1141
-7.615578175	112.8443604	13:13:12	133.02	-2.1421
-7.616164684	112.8441925	13:13:15	129.18	-1.8661
-7.616646767	112.8444748	13:13:18	129.03	-2.1141
-7.617089748	112.8447342	13:13:21	125	-2.1985
-7.617816448	112.8448639	13:13:25	125.9	-1.8661
-7.618443966	112.8448029	13:13:28	128.92	-2.1421
-7.619036198	112.844696	13:13:31	127.47	-2.1141
-7.619493008	112.8449173	13:13:34	133.74	-1.8661
-7.619419575	112.845314	13:13:37	133.66	-2.1421



Gambar 4.23 Rute Pesawat pada saat Pengujian.

Dari data yang didapat pada pengujian di *Field Aeromodelling Air Force RACI*, pembacaan dari UBLOX NEO-M8N masih terdapat *error* pembacaan, hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.23 terdapat jalur warna merah yang keluar jauh dari rute yang dilewati oleh pesawat.

Ketinggian pesawat sebelum lepas landas yaitu sekitar 30 m dan ketinggian pesawat setelah terbang konstan di udara yaitu sekitar 131 m, hal ini ditunjukkan pada Tabel 4.8. Sehingga ketinggian pesawat jika diukur dari permukaan tanah sekitar 101 m. Namun data ketinggian ini belum sesuai dengan ketinggian daerah Raci dari permukaan karena sebelum dilakukan percobaan tekanan udara saat ini pada program belum disamakan dengan tekanan udara saat berada di tempat pengujian. Menurut Badan Pusat Statistik Jawa Timur, daerah Pasuruan mempunyai ketinggian rata-rata 178.67 m diatas permukaan laut[29]. Untuk mengatasi hal ini maka setiap data ketinggian yang didapat ditambahkan dengan selisih ketinggian sebenarnya daerah pasuruan yaitu 178.67 dengan ketinggian yang terukur pada saat pesawat belum lepas landas yaitu $178.67 - 30 = 148.67$. Sehingga data sebenarnya saat pesawat belum lepas landas yaitu 178.67 dan setelah lepas landas yaitu 279.67 m diatas permukaan laut. Grafik ketinggian pesawat saat dilakukan pengujian ditampilkan pada Gambar 4.24.



Gambar 4.24 Grafik Ketinggian Pesawat pada saat Pengujian.

Pada tabel 4.8 terdapat error pembacaan pada sensor MQ-7. Terdapat nilai 0 pada pembacaan sensor MQ-7. Hal ini terjadi karena factor angin yang mengenai sensor MQ-7. Namun setelah pesawat lepas landas nilai yang terbaca sudah normal kembali. Nilai terendah yang terbaca oleh sensor MQ-7 yaitu 0 dan nilai tertinggi dari pembacaan sensor ini yaitu 28.6259 ppm.

Untuk *data logger* dari sistem ini berjalan dengan lancar. Hal ini ditunjukkan pada tabel 4.8 dimana data yang tersimpan pada microSD yaitu setiap 3 detik sekali. Data dari UBLOX NEO-M8N, nilai sensor MQ-7 dan BMP280 sudah tersimpan pada microSD.

4.6. Pembuatan Peta Konsentrasi Gas CO

Pada proses ini akan dijelaskan pembuatan peta konsentrasi gas melalui beberapa proses. Setelah mendapatkan data *latitude*, *longitude*, dan nilai analog sensor MQ-7 dari pengujian di udara yang tersimpan pada microSD dan foto yang diambil oleh kamera yang terpasang pada pesawat. Proses selanjutnya yaitu mengolah data dan foto tersebut menjadi sebuah peta kondisi gas di Field Aeromodelling Air Force RACI. Untuk proses pertama yaitu menggabungkan foto-foto yang sudah didapat, selanjutnya yaitu mengolah data agar koordinat yang didapat dapat diimplementasikan pada foto yang sudah digabungkan, setelah didapatkan foto dan data yang sesuai kemudian membuat peta kondisi gas.

4.4.1. Penggabungan Foto

Foto yang sudah didapat dari kamera akan digabungkan menjadi sebuah panorama menggunakan software Image Composite Editor pada komputer. Pada Gambar 4.25 ditunjukkan beberapa foto yang diambil oleh kamera sebelum digabungkan. Hasil dari penggabungan foto oleh Image Composite Editor ditampilkan pada Gambar 4.26.



Gambar 4.25 Contoh Foto yang Diambil dari Pesawat.



Gambar 4.26 Hasil Penggabungan Foto di *Field Aeromodelling Air Force RACI* dengan Image Composite Editor.



Gambar 4.27 Hasil Pemotongan Foto.

Setelah penggabungan foto selesai, selanjutnya yaitu memotong foto tersebut agar dapat diketahui koordinat setiap ujungnya. Pemotongan ini digunakan untuk mempermudah dalam pembuatan peta kondisi gas. Hasil dari pemotongan foto ditampilkan pada Gambar 4.27. Pada pemotongan ini didapatkan koordinat *latitude* dan *longitude* dari ujung ke ujung yaitu -7.613592, 112.845077 (koordinat referensi) yang ditunjukkan pada Gambar 4.27 dengan warna merah dan -7.619702, 112.848849 yang ditunjukkan pada Gambar 4.27 dengan warna biru. Foto yang telah dipotong ini selanjutnya akan digunakan sebagai peta kondisi gas.

4.4.2. Pengolahan Data Sensor

Pada proses ini data yang didapat dari sensor yang terpasang pada pesawat akan diolah. Pengolahan data ini meliputi pembuatan skala *latitude* dan *longitude* yang didapat dari GPS dengan *latitude* dan *longitude* dari foto yang telah dipotong. Hal ini berguna untuk menentukan posisi koordinat yang didapat dari GPS pada foto yang telah dipotong. Pada foto yang telah dipotong akan dibagi menjadi persegi-persegi dengan banyaknya persegi yaitu 12 x 20 sehingga akan didapatkan 240 persegi yang terdapat pada foto. Data *latitude* akan menjadi sumbu y pada foto dan *longitude* akan menjadi sumbu x. Untuk rumus pembuatan skala yaitu sebagai berikut:

$$y = \frac{-7.613592 - \text{latitude data}}{0.00611} \times 20$$

$$x = \frac{\text{longitude data} - 112.845077}{0.003772} \times 12$$

Dari rumus diatas akan diketahui posisi dari koordinat yang sudah didapat pada foto. Nilai x dan y akan dibulatkan agar mempermudah dalam pembuatan peta kondisi gas. Contoh data setelah diskalakan kembali ditunjukkan pada Tabel 4.9. Data nilai sensor MQ-7 yang sama posisinya akan diambil rata-ratanya.

Tabel 4.9. Contoh Data Setelah Diskalakan.

Lat	Lng	y	x	y'	x'
-7.61798	112.8465	5.62386	4.612898	6	5
-7.61798	112.8466	5.631664	4.63717	6	5
-7.61798	112.8466	5.62386	4.63717	6	5
-7.61799	112.8466	5.594204	4.63717	6	5
-7.61798	112.8466	5.628543	4.63717	6	5
-7.61798	112.8466	5.626982	4.661442	6	5

4.4.3. Pembuatan Peta Kondisi Gas

Ada 2 cara dalam pembuatan peta, yang pertama menampilkan warna konsentrasi gas tiap koordinat seperti pada rumus di bab 3.2.6 dan yang kedua menampilkan warna konsentrasi gas dengan membagi gambar kedalam persegi – persegi seperti pada rumus pada bab 4.4.2.

Untuk pembuatan peta yang pertama menggunakan rumus pada bab 3.2.6 didapatkan rumus sebagai berikut:

$$y = \frac{-7.613592 - \text{latitude data}}{0.00611} \times 2955$$

$$x = \frac{\text{longitude data} - 112.845077}{0.003772} \times 4949$$

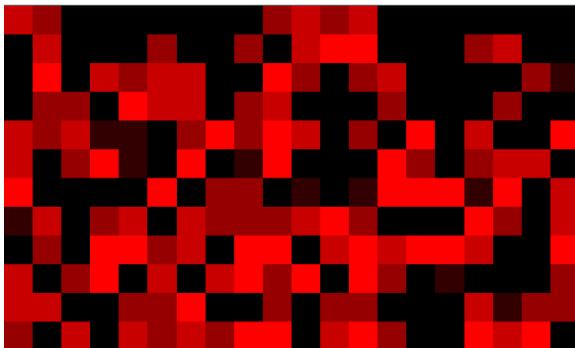
Dari rumus diatas didapatkan peta konsentrasi gas CO seperti pada gambar 4.28.



Gambar 4.28 Hasil Pemetaan Konsentrasi Gas.

Gambar hasil pemetaan memiliki nilai konsentrasi gas CO terendah yaitu 0 ppm ditunjukkan dengan warna terang dan nilai tertinggi yaitu 28.63 ppm ditunjukkan dengan warna gelap. Gambar hasil pemetaan memiliki resolusi 2955 x 4949.

Pembuatan peta yang kedua yaitu dengan menggunakan rumus pada bab 4.4.2. dari rumus tersebut didapatkan persegi sebanyak 12 x 20. Untuk nilai konsentrasi gas jika berada pada kotak yang sama akan dibuat rata-rata pada kotak tersebut. Hasil dari pemetaan konsentrasi gas CO di Field Aeromodelling Air Force RACI ditunjukkan pada gambar 30.



Gambar 4.29 Hasil Setelah Diolah pada Visual Studio.



Gambar 4.30 Hasil Pemetaan Kondisi Gas.

Semakin muda warna merahnya maka konsentrasi gas CO semakin rendah, semakin tua warna merahnya konsentrasi gas CO semakin besar. Nilai terendah yang terbaca yaitu 0 ppm dan tertinggi yaitu 28.63 ppm. Warna hitam berarti daerah tersebut tidak terambil datanya oleh pesawat. Gambar hasil pemetaan memiliki resolusi 2955 x 4949. Luas wilayah yang dipetakan pada pengujian di Field Aeromodelling Air Force RACI adalah 275.248,959 m².

4.7. Analisa Keseluruhan Sistem

Alat pembuat kondisi gas yang dipasang pada UAV dilengkapi dengan sensor gas, sensor barometer, dan GPS. Data dari sensor-sensor tersebut akan disimpan pada microSD dalam format .csv. UAV dilengkapi dengan kamera untuk memotret daerah dibawah UAV saat terbang. Data dari sensor digabungkan dengan gambar hasil pemotretat untuk membuat peta kondisi gas pada wilayah yang luas.

Secara keseluruhan, alat ini mampu berkerja dengan baik sesuai tujuan pembuatan. Pertama, penyimpanan data dari sensor dan GPS ke microSD dalam format .csv berjalan dengan baik. Kedua, sensor dan GPS dapat berfungsi saat pesawat berada diudara. Ketiga, data dari sensor dan GPS serta gambar yang diambil melalui kamera dapat digunakan untuk membuat peta kondisi gas pada suatu wilayah.

GPS dapat mendeteksi koordinat pesawat saat berada diudara, sehingga data yang yang diterima GPS cukup baik dan akurat. Namun ada beberapa *error* pembacaan pada GPS. Sensor barometer mendeteksi tekanan udara dengan baik saat pesawat berada di darat dan diudara

sehingga data ketinggian yang didapat cukup baik. Pembacaan sensor gas masih terdapat *error* sebesar 6,675%, hal ini dikarenakan saat pesawat lepas landas angin yang bertiup semakin besar sehingga mempengaruhi pembacaan pada sensor gas. Penyebaran konsentrasi gas CO saat berada diudara merata, sehingga pembacaan sensor saat berada diudara dan didarat berbeda walaupun koordinatnya sama. Data yang didapat cukup untuk membuat peta kondisi gas, namun *delay* saat pengambilan data terlalu lama dan jalur yang dilewati oleh pesawat kurang rapat sehingga masih ada daerah yang belum terpetakan oleh alat ini.

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan pada pelaksanaan tugas akhir ini didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- a. *Alat Pembuat Peta Kondisi Gas pada Unmanned Aerial Vehicle* dapat bekerja dengan baik dengan dimensi alat (6.5 x 5 x 2) cm dan memiliki berat 25 gram.
- b. *Alat Pembuat Peta Kondisi Gas pada Unmanned Aerial Vehicle* dapat memetakan wilayah dalam skala yang luas. Dalam pengujian ini wilayah yang dapat terpetakan kurang lebih 275.248,959 m².
- c. Belum semua wilayah dapat terpetakan oleh alat ini dikarenakan *delay* pengambilan data yang terlalu lama yaitu 3 detik dan jalur yang dilewati pesawat belum sepenuhnya mencakup wilayah tersebut.
- d. Nilai rata-rata *error* pembacaan sensor gas MQ-7 yaitu sebesar 6.675%.

5.2. Saran

Sebagai sarana pengembangan Alat Pembuat Peta Konsentrasi Gas Karbon Monoksida (CO) pada Unmanned Aerial Vehicle ini, maka terdapat beberapa saran dari penulis berdasarkan hasil yang diperoleh saat percobaan, yaitu sebagai berikut:

- a. Karena pembacaan dari sensor barometer yang berubah ubah tergantung dengan tekanan udara di daerah tersebut. Diperlukan divais tambahan pada *board* mikrokontroler untuk mengkalibrasi sensor barometer tanpa harus mengunggah program lagi.
- b. Karena pengolahan data dan foto memakan proses yang lama. Diperlukan suatu program yang dapat mengeksekusi proses tersebut secara bersamaan dan cepat.
- c. Memperbanyak jumlah sensor gas lain sehingga lebih variatif dan dapat mengetahui pencemaran gas apa saja pada udara tersebut.

- d. Lebih memperhatikan faktor estetika dan aerodinamis pesawat saat dipasangkan *Alat Pembuat Peta Kondisi Gas pada Unmanned Aerial Vehicle*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wiharja, "Identifikasi Kualitas Gas So 2," *J. Teknol. Lingkung.*, vol. 3, no. 3, pp. 251–255, 2002.
- [2] I. F. Priyanta, M. Rivai, and R. Dikairono, "Pemetaan Distribusi Gas Polutan Menggunakan Quadcopter Berbasis Autonomous Waypoint Navigation," vol. 5, no. 2, pp. 154–159, 2016.
- [3] D. R. H. Saputra and B. Pramujati, "Rancang Bangun Prototype Unmanned Aerial Vehicle (UAV) dengan Tiga Rotor," *J. Tek. Pomits*, vol. 2, no. 1, 2013.
- [4] "What is Arduino?," *2017 Arduino*, 2017. [Online]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>. [Accessed: 16-May-2018].
- [5] Atmel *et al.*, "Harte und weiche Echtzeitsysteme Material zur Vorlesung Echtzeitsysteme I + II im Studienfach Technische Informatik an der," *Linux- Magazin*, no. November. Atmel Corporation, p. 66, 2015.
- [6] D. Wheat, "Atmel AVR," *Arduino Internals*, 2011. [Online]. Available: http://link.springer.com/10.1007/978-1-4302-3883-6_3. [Accessed: 16-May-2018].
- [7] H. Electronic, "Mq-7 Gas Sensor," *Carbon Monoxide*, vol. 1, pp. 3–5, 2006.
- [8] J. Parthasarathy, "Positioning and Navigation System Using Gps," *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.*, vol. 36, no. 6, pp. 208–212, 2006.
- [9] Y. Masumoto, "Global positioning system," 1993. [Online]. Available: <https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/communications/policy/GPS.html>. [Accessed: 17-May-2018].
- [10] u-blox, "u-blox - NEO-M8 concurrent GNSS modules - Data Sheet," 2015.
- [11] Bosch Sensortec, "BMP180 Digital pressure sensor," no. April, p. 28, 2013.
- [12] Wikipedia, "MicroSD," 2016. [Online]. Available: <https://id.wikipedia.org/wiki/MicroSD>. [Accessed: 19-May-2018].
- [13] Wikipedia, "Switched-mode power supply," 2018. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Switched-mode_power_supply. [Accessed: 22-May-2018].

- [14] XLSEMI, *XL4005 5A 300KHz 32V Buck DC to DC Converter*. www.xlsemi.com.
- [15] Arfan, "5A DC-DC Volt Adjustable Step Down XL4005 Buck Converter Out 1.25V-32V," *Www.Tokopedia.Com*, 2016. [Online]. Available: https://www.tokopedia.com/arfanstore/5a-dc-dc-volt-adjustable-step-down-xl4005-buck-converter-out-125v-32v?trkid=f=Ca0000L000P0W0S0Sh00Co0Po0Fr0Cb0_src=search_page=1_ob=23_q=dc+dc+adjustable+buck+converter_catid=577_po=4. [Accessed: 24-May-2018].
- [16] M. H. Assiddiqi, *Rancang Bangun Robot Pembersih Lantai Kolam Renang*. Surabaya, 2017.
- [17] M. . Mubarak, Asep, Wahyudi, S.T, M.T, Iwan Setiawan, S.T, "Pendeteksi Rotasi Menggunakan Gyroscope Berbasis Mikrokontroler ATmega8535," *Elektro.Undip.Ac.Id*, pp. 1–9, 2012.
- [18] N. Nugraha, "REGRESI POLINOMIAL LOKAL," *Skripsi*, 2009.
- [19] M. V. Studio, "Microsoft Visual Studio," 2012. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page. [Accessed: 26-May-2018].
- [20] OpenCV Developer Team, "About OpenCV," 2017. [Online]. Available: <http://opencv.org/about.html>. [Accessed: 26-May-2018].
- [21] Microsoft, "Image Composite Editor," www.microsoft.com, 2015. [Online]. Available: <http://research.microsoft.com/en-us/um/redmond/projects/ice/>. [Accessed: 24-May-2018].
- [22] F. Mochammad, A. R. Putra, and B. R. Trilaksono, "Implementation of Hazardous Chemical Gas Monitoring System Using Unmanned Aerial Vehicle (UAV)," pp. 163–168, 2016.
- [23] B. Supriyo and S. Hidayat, "Design of real-time gas Monitoring system Based-on Wireless Sensor Networks for Merapi volcano," ... *ICITACEE*, 2014 *Ist* ..., pp. 30–34, 2014.
- [24] Y. Zhou, Y. Zhang, L. Chu, C. Liu, and Y. Shi, "Research in automobile exhaust gas of sulfur dioxide and nitrogen dioxide monitoring WSN and optimization coverage algorithm," *Proc. - 5th Int. Conf. Instrum. Meas. Comput. Commun. Control. IMCCC 2015*, pp. 1202–1205, 2016.

- [25] N. Ahriman, S. Kurniawan, M. Kusriyanto, J. T. Elektro, F. T. Industri, and U. I. Indonesia, "Monitoring Co Dan Deteksi Dini Kebocoran Gas Lpg Pada Perumahan Menggunakan Wireless Sensor Network Co Monitoring and Lpg Leakage Early Detection on," pp. 1–8, 2015.
- [26] M. Rivai, "untuk Monitoring Pencemaran Udara di Lingkungan Outdoor," *Pros. Semin. Nas. Tek. Elektro Inform. SNTEI 2015*, pp. 41–49, 2015.
- [27] S. Sendari *et al.*, "Internet-based monitoring and warning system of methane gas generated in garbage center," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 105, no. 1, pp. 0–6, 2018.
- [28] Surabaya.go.id, "geografi." [Online]. Available: <http://www.surabaya.go.id/berita/8227-geografi>. [Accessed: 31-May-2018].
- [29] B. P. Statistik, "Rata-Rata Tinggi Wilayah di Atas Permukaan Air Laut (DPL) Menurut Pos Hujan di Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur, 2016," 2016. [Online]. Available: <https://jatim.bps.go.id/statictable/2017/08/29/611/rata-rata-tinggi-wilayah-di-atas-permukaan-air-laut-dpl-menurut-pos-hujan-di-kabupaten-kota-2016.html>. [Accessed: 04-Jun-2018].

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

LAMPIRAN A

Program Arduino Alat Pembuat Peta Kondisi Gas pada Unmanned Aerial Vehicle

```
#include <TinyGPS++.h>
#include <SPI.h>
#include <SD.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Adafruit_BMP280.h>

#define BMP_SCK 13
#define BMP_MISO 12
#define BMP_MOSI 11
#define BMP_CS 10

Adafruit_BMP280 bmp; // I2C

const int chipSelect = 4;
static const uint32_t GPSBaud = 9600;
unsigned long delaymil = 500;
int delay_Data = 2000;

int CO_pin = 1;
int CO_ppm;

float x = 1010.40;
float alt_before = 0;

TinyGPSPlus gps;
File data;

float expFilter(float input, float smoothBefore, float alpha){
    return smoothBefore+alpha*(input-smoothBefore);
}

void setup()
{
    Serial.begin(9600);
```

```

Serial1.begin(GPSBaud);
delaymil = millis();

//===== Inisialisasi GY-BME =====
if (!bmp.begin(0x76)) {
  Serial.println(F("Could not find a valid BMP280 sensor, check
wiring!"));
  while (1);
}

//===== Inisialisasi SD card =====
while (!Serial) {
  ;
}
Serial.print("Initializing SD card...");
if (!SD.begin(4)) {
  Serial.println("initialization failed!");
  return;
}

//===== Membuat File =====
Serial.println("create file...");
data = SD.open("data.csv", FILE_WRITE);
data.close();

//===== cek file =====
if (SD.exists("data.csv")){
  Serial.println("data.csv exists.");
} else {
  Serial.println("data.csv doesn't exists.");
}
}

void loop()
{
  while (Serial1.available() > 0)
    if (gps.encode(Serial1.read()))
      displayGPS();

  if (millis() > 5000 && gps.charsProcessed() < 10)

```

```

    {
        Serial.println(F("No GPS detected: check wiring."));
        while(true);
    }
//===== Read Sensor Gas =====
CO_ppm = analogRead(CO_pin);

//===== Read Altitude =====
float alt = expFilter (bmp.readAltitude(x), alt_before, 0.1);
float alt_before = bmp.readAltitude(x);

//===== Menulis Data =====
if (millis()-delaymil>delay_Data){
int jam = gps.time.hour() + 7;

data = SD.open("data.csv", FILE_WRITE);
if (data) {
    if (jam > 23){
        jam = jam - 24;
    }
    data.print(gps.location.lat(), DEC);
    data.print(",");
    data.print(gps.location.lng(), DEC);
    data.print(",");
    data.print(jam);
    data.print(":");
    data.print(gps.time.minute());
    data.print(":");
    data.print(gps.time.second());
    data.print(",");
    data.print(gps.date.day());
    data.print("-");
    data.print(gps.date.month());
    data.print("-");
    data.print(gps.date.year());
    data.print(",");
    data.print(bmp.readPressure());
    data.print(",");
    data.print(bmp.readAltitude(1009.30));

```

```

        data.print(",");
        data.print(CO_ppm);
        data.println(",");
        data.close();
    }
    delaymil=millis();
}
}

void displayGPS()
{
    Serial.print(F("Location: "));
    if (gps.location.isValid())
    {
        Serial.print(gps.location.lat(), 6);
        Serial.print(F(", "));
        Serial.print(gps.location.lng(), 6);
    }
    else
    {
        Serial.print(F("INVALID"));
    }

    Serial.print(F("  Date/Time: "));
    if (gps.date.isValid())
    {
        Serial.print(gps.date.month());
        Serial.print(F("/"));
        Serial.print(gps.date.day());
        Serial.print(F("/"));
        Serial.print(gps.date.year());
    }
    else
    {
        Serial.print(F("INVALID"));
    }

    Serial.print(F(" "));
    if (gps.time.isValid())

```

```

{
  int jam = gps.time.hour() + 7;
  if (jam > 23)
    jam = jam - 24;
  if (jam < 10) Serial.print(F("0"));
  Serial.print(jam);
  Serial.print(F(":"));
  if (gps.time.minute() < 10) Serial.print(F("0"));
  Serial.print(gps.time.minute());
  Serial.print(F(":"));
  if (gps.time.second() < 10) Serial.print(F("0"));
  Serial.print(gps.time.second());
  Serial.print(F("."));
  if (gps.time.centisecond() < 10) Serial.print(F("0"));
  Serial.print(gps.time.centisecond());
  //===== GY-BMP =====
  Serial.print(F("Temperature = "));
  Serial.print(bmp.readTemperature());
  Serial.println(" *C");

  Serial.print(F("Pressure = "));
  Serial.print(bmp.readPressure());
  Serial.println(" Pa");

  Serial.print(F("Approx altitude = "));
  Serial.print(bmp.readAltitude(1008.20)); // this should be adjusted
to your local forcase
  Serial.println(" m");

  //===== Sensor Gas =====
  Serial.print("CO ppm  = ");
  Serial.print(CO_ppm);
  Serial.println(" ");

  Serial.println();
}

```

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

LAMPIRAN B

Program Pemetaan Visual Studio

```
#include <opencv2/imgproc/imgproc.hpp>
#include <opencv2/highgui/highgui.hpp>
#include <iostream>
#include <fstream>
#include <string>
#include <stdio.h>
#include <math.h>
#include <iomanip>

using namespace std;
using namespace cv;

int main(int argc, char** argv)
{
    Mat gambar, gambar2;
    int panjang, lebar;

    gambar = imread("E:/kuliah/semester 8/TA/program mapping
visual studio/foto/peta.jpg");
    panjang = gambar.cols;
    lebar = gambar.rows;

    Mat gambar3(lebar, panjang, CV_8UC3, Scalar(255, 255, 255));
    ifstream database("E:/kuliah/semester 8/TA/data/Visual
Studio/data pasuruan peta 2.csv");

    string data;
    double pixel[3][600];          //0 = Latitude, 1 = Longitude, 2 =
CO
    double pixel_edit[3][600];    //0 = Latitude, 1 = Longitude, 2 =
CO

    for (int i = 0; i < 207; i++) {
        if (i == 206) {
            getline(database, data, '\n'); // ; separator each col
```

```

    }
    else {
        getline(database, data, ','); // ; separator each col
    }
    pixel[0][i] = stod(data);
    pixel_edit[0][i] = (-7.613592 - pixel[0][i]) / 0.00611 * 4949;
}

for (int i = 0; i < 207; i++) {
    if (i == 206) {
        getline(database, data, '\n'); // ; separator each col
    }
    else {
        getline(database, data, ','); // ; separator each col
    }
    pixel[1][i] = stod(data);
    pixel_edit[1][i] = (pixel[1][i] - 112.8451) / 0.003772 * 2955;
}

for (int i = 0; i < 207; i++) {
    if (i == 206) {
        getline(database, data, '\n'); // ; separator each col
    }
    else {
        getline(database, data, ','); // ; separator each col
    }
    pixel[2][i] = stod(data);
    if (pixel[2][i] >= 0 && pixel[2][i] < 15)
        pixel_edit[2][i] = 255;
    else if (pixel[2][i] >= 15 && pixel[2][i] < 25)
        pixel_edit[2][i] = 200;
    else if (pixel[2][i] >= 25 && pixel[2][i] < 35)
        pixel_edit[2][i] = 150;
    else if (pixel[2][i] >= 35 && pixel[2][i] < 45)
        pixel_edit[2][i] = 100;
    else if (pixel[2][i] >= 45 && pixel[2][i] < 55)
        pixel_edit[2][i] = 50;
}

```

```

for (int i = 0 ; i < 207; i++) {

    cout << i << " = " << pixel_edit[0][i] << " | " <<
pixel_edit[1][i] << " | " << pixel_edit[2][i] << " | " << pixel[2][i] <<
endl;
}

for (int i = 0; i < 600; i++) {
    circle(gambar3, Point(pixel_edit[1][i], pixel_edit[0][i]), 100,
Scalar(0, 0, pixel_edit[2][i]), -1, 8, 0);
}

namedWindow("Konsentrasi Gas",
CV_WINDOW_NORMAL); // Create a window
cvResizeWindow("Konsentrasi Gas", 360, 603);
imshow("Konsentrasi Gas", gambar); // Show our image
inside the created window.

namedWindow("Gambar Asli", CV_WINDOW_NORMAL);
// Create a window
cvResizeWindow("Gambar Asli", 360, 603);
imshow("Gambar Asli", gambar3); // Show our image inside
the created window.

waitKey(0); // Wait for any keystroke in the window

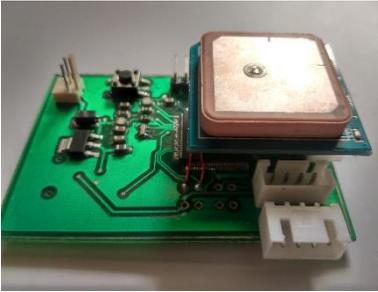
return 0;
}

```

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

LAMPIRAN C
Dokumentasi Kegiatan Tugas Akhir





BIODATA PENULIS



Ferry Kurniadi lahir di Klaten pada tanggal 8 Januari 1996 merupakan anak keempat dari empat bersaudara. Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SD Negeri 2 Belang Wetan, dilanjutkan pendidikan pendidikan tingkat menengah di SMP Negeri 2 Klaten dan sekolah tingkat atas di SMA Negeri 1 Karanganom. Penulis memulai kehidupan perkuliahan pada tahun 2014 di Departemen Teknik Elektro, Fakultas

Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama masa perkuliahan, penulis aktif dalam berbagai kegiatan kepanitiaan dan organisasi mulai dari tingkat jurusan hingga nasional. Selain itu, penulis juga menjadi asisten praktikum di bidang studi elektronika.

Email : ferrykurniadi08@gmail.com
Hp/WA : 081330824478
Facebook : Ferry Kurniadi
Line : ferryk8