

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kebakaran merupakan salah satu kejadian yang berpotensi terjadi pada berbagai tempat, baik pada perkantoran maupun pada perumahan masyarakat. Kebakaran merupakan kejadian berkobarnya api yang tidak dikehendaki dan dapat menimbulkan kerugian materil. (Napu dkk., 2022). Kebakaran dapat disebabkan oleh faktor alam misalnya, sambaran petir yang mengenai rumah atau pohon, gempa bumi, kekeringan yang panjang, dan gunung meletus. Selain itu, kebakaran dapat juga disebabkan oleh faktor kelalaian manusia. Contoh faktor kelalaian manusia misalnya, instalasi listrik yang tidak layak, instalasi pipa gas yang tidak sesuai, lupa mematikan kompor, pembakaran sampah sembarangan, serta merokok di tempat yang tidak semestinya. (Hartono & Widjaja, 2022; Putra & Pramudita, 2021).

Dalam penanganan kebakaran, terutama yang terjadi di area yang sulit dijangkau seperti gedung bertingkat, teknologi konvensional sering kali mengalami keterbatasan dalam hal waktu respons, akurasi deteksi, dan kapasitas pemantauan yang *real-time*. Keterbatasan akses ke lokasi kebakaran dan waktu tanggap yang lambat sering memperburuk situasi, menyebabkan kebakaran meluas sebelum dapat ditangani secara efektif. (Nuruddin, 2022).

Untuk mengatasi tantangan ini, inovasi teknologi memainkan peran penting sebagai solusi yang sangat dibutuhkan. Salah satu teknologi yang dapat diterapkan adalah penggunaan drone yang dilengkapi dengan sistem pemantauan berbasis

Internet of Things (IoT). Sistem ini memungkinkan deteksi kebakaran secara dini melalui sensor-sensor yang terintegrasi dalam jaringan IoT, yang dapat memantau kondisi secara langsung, serta memungkinkan respons cepat untuk pemadaman.

Penggunaan IoT dalam sistem drone pemadam kebakaran juga berpotensi mengurangi biaya operasional yang biasanya dikeluarkan dalam penggunaan perangkat keras tradisional. Data yang dikumpulkan oleh drone dapat dianalisis untuk menentukan prioritas tindakan yang paling efektif dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya yang tersedia. Dengan demikian, inovasi ini tidak hanya meningkatkan responsivitas terhadap bencana kebakaran, tetapi juga memperbaiki efisiensi operasional.

Sesuai latar belakang di atas, penulis akan membuat skripsi dengan judul “DRONE PEMADAM KEBAKARAN DENGAN SISTEM MONITORING REALTIME BERBASIS INTERNET OF THINGS”

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Fokus pada perancangan drone yang dapat mendeteksi kebakaran lebih cepat dan memberikan solusi untuk lokasi yang memiliki akses terbatas.
2. Analisa mengenai sensor yang tepat dan sistem IoT yang diperlukan untuk meningkatkan efektivitas deteksi dan pemadaman kebakaran.
3. Analisa berbagai masalah teknis, seperti kestabilan penerbangan, kendala komunikasi, serta integrasi sistem IoT pada Drone.

1.3. Batasan Masalah

Dalam proses pembuatan dibutuhkan suatu batasan-batasan yang jelas agar sesuai dengan pembahasan. Adapun batasan-batasan masalah tersebut adalah sebagai berikut:

1. Fokus pada Drone dan IoT: Penelitian hanya akan membahas penggunaan drone dengan sistem monitoring IoT untuk deteksi kebakaran, tanpa mencakup teknologi pemadam kebakaran lainnya seperti kendaraan atau robot.
2. Lingkup Geografi: Penelitian difokuskan pada kebakaran di area yang sulit dijangkau seperti Gedung dan bangunan beelantai tingkat.
3. Uji Coba dalam Simulasi: Pengujian sistem hanya dilakukan dalam lingkungan terkendali, bukan di lokasi kebakaran nyata.
4. Biaya dan Efisiensi: Fokus penelitian pada aspek teknis dan operasional drone dengan IoT, tanpa membahas aspek hukum atau regulasi terkait penggunaan drone untuk kebakaran.

1.4. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan membangun drone pemadam kebakaran yang dilengkapi dengan *Internet of Things* (IoT). Sistem ini bertujuan untuk mendeteksi kebakaran secara *real-time*, dan memberikan informasi yang akurat kepada tim pemadam kebakaran. Dengan adanya teknologi ini, diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dalam penanganan kebakaran, terutama di area yang sulit dijangkau, serta mengurangi potensi kerugian akibat kebakaran.

1.5. Manfaat

Beberapa manfaat yang dapat diperoleh antara lain :

1. Meningkatkan Responsivitas: Sistem drone yang terintegrasi dengan IoT memungkinkan deteksi kebakaran lebih cepat, mengurangi waktu respon tim pemadam kebakaran, dan meminimalkan kerusakan yang terjadi.
2. Efisiensi Operasional: Penggunaan drone dan teknologi IoT dapat mengurangi biaya operasional dibandingkan dengan metode pemadaman kebakaran tradisional yang lebih memakan waktu dan sumber daya.
3. Pemantauan *Real-time*: Sistem monitoring *real-time* berfungsi untuk mendeteksi keberadaan api secara cepat dan mengaktifkan respons pemadaman secara otomatis oleh drone, sehingga penanganan kebakaran dapat dilakukan lebih efisien tanpa penundaan
4. Inovasi Teknologi: Penggunaan drone dengan IoT membawa inovasi yang dapat membuka jalan bagi perkembangan teknologi lain dalam penanggulangan bencana, memperkenalkan solusi yang lebih canggih dan efektif dalam penanganan kebakaran.

1.6. Metodologi Penulisan dan Pengumpulan Data

Dalam penulisan ini penulis mengumpulkan data yang dilakukan sebagai berikut :

1. Studi Pustaka

Yang dilakukan pada metode ini adalah pengumpulan data dengan cara melakukan studi kepustakaan dengan mencari buku-buku atau informasi

yang berhubungan dengan alat otomatis dengan menggunakan ESP32 berbasis IoT sebagai pemberitahu.

2. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan alat otomatis dengan menggunakan arduino berbasis IoT sebagai pemberitahu ini dimulai dari perancangan hardware, pengkodean dan mengkonfigurasinya menjadi suatu sistem yang berjalan dengan fungsinya.

3. Analisa Konfigurasi Sistem, Uji Coba dan Evaluasi

Analisa dilakukan dengan cara mengidentifikasi karakteristik dan cara kerja 4 masing-masing sensor. Proses pengetesan dilakukan dengan memperhatikan apakah alat berjalan dengan baik, apakah masing-masing instrumen memberikan respon sesuai dengan fungsinya.

4. Tahap Penyusunan Laporan

Pada tahap ini laporan ditulis berdasarkan rancang alat yang dibuat dengan konsultasi dan bimbingan dari dosen pembimbing. Hasil laporan ditulis sesuai dengan rencana perancangan, aktualisasi dalam pembuatannya, serta kesimpulan analisa yang dihasilkan.

5. Metode Literature

Metode yang dilakukan dengan cara mengumpulkan data dari buku-buku, artikel, dan sumber internet yang berhubungan dengan sistem deteksi api menggunakan flame sensor yang dikendalikan oleh ESP32 dalam implementasi *Internet of Things* (IoT).

6. Metode Perencanaan Peralatan

Metode perencanaan alat yang akan dibuat yaitu perencanaan layout rangkaian, layout komponen, dan komponen yang dibutuhkan, serta perencanaan mekanik.

7. Metode Perancangan Perangkat Lunak

Pada tahap ini, dilakukan perancangan perangkat lunak agar alat dapat beroperasi dengan program yang telah dibuat untuk pengendalian alat.

8. Metode Laboratorium

Melakukan pengujian terhadap sistem drone pemadam kebakaran dengan sistem monitoring realtime berbasis *Internet of Things* (IoT), untuk memastikan kinerja sensor flame dan kestabilan sistem yang dikontrol oleh ESP32, serta mengevaluasi apakah seluruh perangkat dapat berfungsi sesuai dengan fungsinya.

9. Metode Konsultasi

Dalam pembuatan laporan akhir melakukan konsultasi dengan pembimbing.

1.7. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Tugas Skripsi ini dibagi atas beberapa bab, di mana masing-masing bab dibagi atas beberapa sub agar mempermudah penjelasan mengenai penelitian yang dilakukan dan mempermudah pembaca dalam memahami isi penelitian. Adapun sistematika penulisan Tugas Skripsi ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisikan latar belakang, rumusan masalah batasan masalah, tujuan, manfaat, metode penulisan dan pengumpulan data, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada Bab ini berisi teori-teori yang digunakan sebagai pendukung untuk membahas tentang masalah apa yang dibahas pada penelitian ini. Teori pendukung diperoleh dengan studi literatur dan dokumentasi *internet*.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada Bab ini menguraikan tahapan-tahapan sistematis yang digunakan untuk melakukan kajian penelitian. Tahapan-tahapan tersebut merupakan kerangka yang dijadikan pedoman penelitian untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Bab ini membahas hasil pengujian alat sebagai pembuktian pembahasan pada bab-bab sebelumnya, penjelasan rangkaian-rangkaian yang digunakan, dan penjelasan program.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada Bab ini berisi kesimpulan dari keseluruhan uraian bab – bab penulisan skripsi dan saran yang diajukan untuk pengembangan lebih lanjut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka

Penanggulangan kebakaran adalah upaya yang sangat penting dalam menjaga keselamatan dan mengurangi kerugian materil yang ditimbulkan. Kebakaran dapat disebabkan oleh berbagai faktor, baik alam maupun kelalaian manusia. Kebakaran di area yang sulit dijangkau, seperti hutan atau daerah pegunungan, memiliki tantangan tersendiri, terutama dalam hal waktu respons, akurasi deteksi, dan kapasitas pemantauan secara *real-time*. (Nuruddin, 2022). Teknologi konvensional seringkali mengalami keterbatasan dalam hal ini, yang memperburuk situasi kebakaran karena waktu tanggap yang lambat.

Seiring dengan kemajuan teknologi, salah satu inovasi yang dapat digunakan dalam penanggulangan kebakaran adalah drone yang dilengkapi dengan sistem monitoring berbasis *Internet of Things* (IoT). Teknologi IoT memungkinkan pemantauan kebakaran secara *real-time*, dengan sensor yang terintegrasi untuk mendeteksi kebakaran sejak dini. Penggunaan drone dapat menjangkau area yang sulit dijangkau oleh manusia, seperti daerah yang terkena kebakaran hutan (Putra & Pramudita, 2021). Drone pemadam kebakaran yang dilengkapi dengan kamera termal dapat mendeteksi titik api dengan lebih cepat dan akurat, membantu tim pemadam kebakaran merencanakan tindakan yang lebih efektif. (Hartono & Widjaja, 2022).

Selain itu, integrasi IoT dalam sistem drone juga dapat memberikan informasi secara langsung kepada tim pemadam kebakaran, yang memungkinkan mereka

untuk mengambil keputusan yang lebih cepat. Teknologi ini diharapkan tidak hanya dapat meningkatkan responsivitas terhadap kebakaran, tetapi juga mengurangi biaya operasional yang biasanya dikeluarkan dalam penggunaan perangkat keras tradisional. Dalam penelitian oleh. (Napu dkk, 2022), penggunaan teknologi drone yang terhubung dengan sistem IoT menunjukkan peningkatan efisiensi dalam memantau dan menanggulangi kebakaran di wilayah yang sulit dijangkau.

Selain aspek teknis, penggunaan drone untuk kebakaran juga berpotensi mengoptimalkan penggunaan sumber daya yang tersedia. Pengumpulan data secara *real-time* memungkinkan tim pemadam kebakaran untuk menentukan prioritas tindakan dan lokasi yang memerlukan perhatian lebih cepat. Beberapa studi juga menyoroti pentingnya kestabilan penerbangan drone dan kendala komunikasi di area yang terpencil sebagai tantangan utama yang perlu diatasi dalam pengembangan teknologi ini. (Putra & Pramudita, 2021).

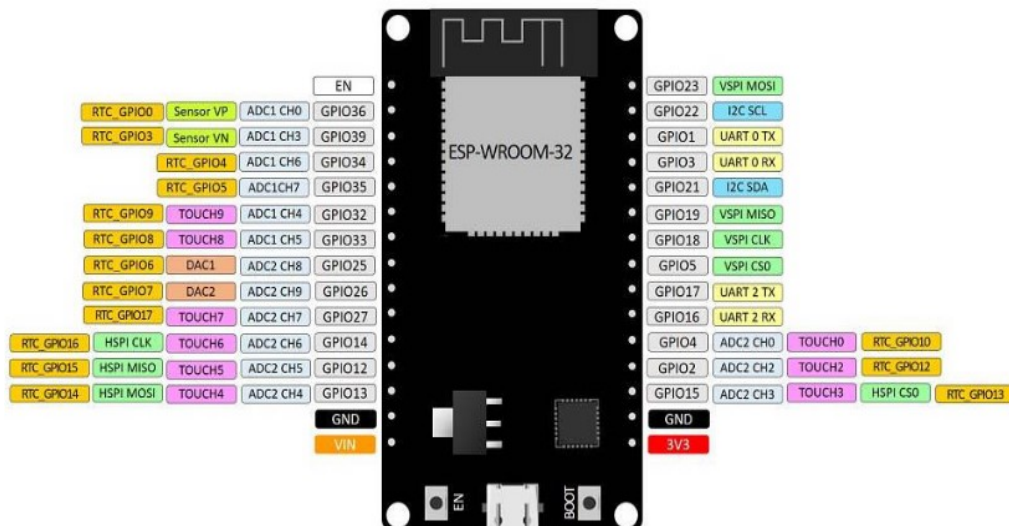
Secara keseluruhan, penelitian mengenai penggunaan drone dalam pemadam kebakaran dengan sistem IoT menjadi sangat relevan mengingat tantangan yang dihadapi dalam penanganan kebakaran di daerah yang sulit dijangkau dan kebutuhan untuk meningkatkan efisiensi operasional.

2.1.1. ESP32

ESP32 merupakan *microcontroller SoC (System on Chip)* terpadu dengan dilengkapi WiFi 802.11 b/g/n, Bluetooth versi 4.2, dan berbagai *peripheral*. ESP32 adalah chip yang cukup lengkap, terdapat prosesor, penyimpanan dan akses pada GPIO (*General Purpose Input Output*). ESP32 bisa digunakan untuk rangkaian

pengganti pada Arduino, ESP32 memiliki kemampuan untuk mendukung terkoneksi ke WI-FI secara langsung. (Wagyana, 2019).

Board ini memiliki dua versi, yaitu 30 GPIO dan 36 GPIO. Keduanya memiliki fungsi yang sama tetapi versi yang 30 GPIO dipilih karena memiliki dua pin GND. Semua pin diberi label dibagian atas *Board* sehingga mudah untuk dikenali. *Board* ini memiliki interface USB to UART yang mudah diprogram dengan program pengembangan aplikasi seperti Arduino IDE. Sumber daya *Board* bisa diberikan melalui konektor micro USB. (Wagyana, 2019).



dari sensor atau mengirimkan sinyal ke perangkat lain seperti LED dan motor. Jumlah pin GPIO dapat bervariasi tergantung model ESP32 yang digunakan, tetapi umumnya ada sekitar 34 pin GPIO.

2. ADC (*Analog-to-Digital Converter*)

Pin ADC pada ESP32 memungkinkan *microcontroller* ini untuk membaca sinyal analog dan mengonversinya menjadi data digital yang dapat diproses. Pin ini sangat berguna untuk sensor suhu, cahaya, dan sensor analog lainnya. ESP32 memiliki hingga 18 saluran ADC.

3. DAC (*Digital-to-Analog Converter*)

DAC pada ESP32 memungkinkan konversi data digital kembali menjadi sinyal *analog*. Ini sangat berguna dalam aplikasi yang membutuhkan output *analog*, seperti *audio* atau kontrol motor.

4. PWM (*Pulse Width Modulation*)

ESP32 dapat menghasilkan sinyal PWM untuk mengontrol perangkat yang memerlukan sinyal analog tetapi tidak dapat dihasilkan langsung oleh pin I/O. Ini sering digunakan untuk mengatur kecepatan motor atau kecerahan LED.

5. I2C

ESP32 memiliki dua pin I2C, yaitu SDA (*Serial Data Line*) dan SCL (*Serial Clock Line*). I2C digunakan untuk komunikasi dengan perangkat seperti sensor dan modul eksternal lainnya. Pin I2C di ESP32 memungkinkan komunikasi data dengan banyak perangkat menggunakan hanya dua pin.

6. SPI

ESP32 memiliki beberapa pin yang mendukung komunikasi SPI (*Serial Peripheral Interface*), yang digunakan untuk berkomunikasi dengan perangkat eksternal seperti *sensor*, modul *display*, dan kartu SD.

7. UART

ESP32 menyediakan dua port UART (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*) yang memungkinkan komunikasi serial dengan perangkat lain, seperti komputer atau modul komunikasi serial lainnya.

8. Touch

ESP32 dilengkapi dengan beberapa pin sentuh kapasitif yang memungkinkan penggunaan sebagai input sentuhan. Pin-pinnya dapat digunakan untuk mendeteksi sentuhan pada permukaan, dan sangat berguna dalam aplikasi seperti layar sentuh atau sistem kontrol berbasis sentuhan.

9. VCC (*Power Supply Pin*)

Pin VCC digunakan untuk menyediakan daya ke ESP32. Umumnya, pin ini diberi tegangan 3,3V atau 5V, tergantung pada model ESP32 yang digunakan.

10. GND (*Ground Pin*)

Pin GND adalah pin yang digunakan untuk menghubungkan sirkuit ke ground atau referensi tegangan nol. Semua perangkat yang terhubung ke ESP32 harus memiliki koneksi ke pin GND.

2.1.2. *Flame Sensor*

Flame Sensor adalah perangkat yang dirancang untuk mendeteksi keberadaan titik api dengan memanfaatkan satu buah penerima inframerah (IR) pada modulnya.

Sensor ini memberikan output digital sebagai penanda deteksi api. Berbeda dengan sensor panas, *flame* sensor mendeteksi api berdasarkan panjang gelombang cahaya inframerah yang dipancarkan oleh nyala api, bukan berdasarkan suhu atau temperatur. (Wijaya dkk., 2022).

Sensor ini bekerja menggunakan metode optik untuk mengenali nyala api. Pada proses pendeteksian, digunakan transduser berbasis inframerah (IR) yang dapat mendeteksi cahaya dalam rentang panjang gelombang 700 nano meter hingga 1100 nano meter. Hal ini memungkinkan sensor untuk membedakan spektrum cahaya yang dihasilkan oleh api dengan spektrum cahaya dari objek lain. Output sensor berupa representasi analog yang menggambarkan tingkat intensitas cahaya api yang terdeteksi. (Wijaya dkk., 2022).

Tabel 2.1. Spesifikasi *Flame* Sensor KY-026

<i>Supply Voltage</i>	3.3-3.9Volt
<i>Spectrum Range</i>	700nm~1100nm
<i>Detection Angle</i>	60degree
<i>Range</i>	10cm-100cm



Gambar 2.2. *Flame* Sensor

2.1.3. Sensor MPU6050

Sensor MPU6050 adalah perangkat sensor yang terdapat 3-axis *accelerometer* (sensor *percepatan*), 3-axis *gyroscope* (sensor keseimbangan) atau

yang dikenal dengan 6DOF (*Degrees of Freedom*), suhu, dan magnetometer. (Wai Hin Ko & Soe Lwin, 2014).



Gambar 2.3. Sensor MPU6050

Sensor MPU6050 merupakan salah satu jenis alat elektronik yang digunakan sebagai pengukur inersia atau yang disebut dengan *Inertial Measurement Unit* (IMU) yang dapat mengukur kecepatan, orientasi, dan gaya gravitasi. Nilai yang dihasilkan sensor didapat dari gerakan tiga sumbu yaitu x, y, dan z. Sensor ini mampu membaca kemiringan sudut berdasarkan data sensor yang termuat pada modul MPU6050. (Al-Mashhadani, 2013). Akses modul sensor ini menggunakan jalur data I2C.

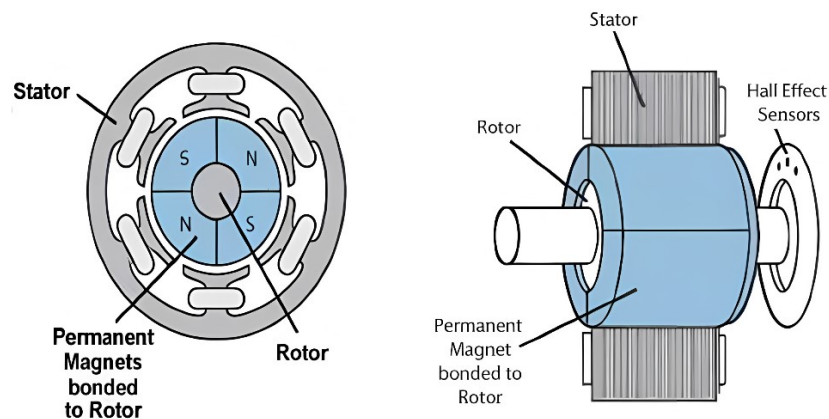
Tabel 2.2. Spesifikasi Sensor MPU6050

Part/ Item	MPU6050
VDD	2.375V-3.46V
VLOGIC	1.71V to VDD
<i>Serial Interfaces Supported</i>	I2C
Pin 8	VLOGIC
Pin 9	AD0
Pin 23	SCL
Pin 24	SDZ

2.1.4. Motor BLDC A2212/15T 930KV

Motor *Brushless Direct Current* (BLDC) adalah jenis motor DC yang tidak menggunakan brush, dan memiliki kinerja yang sangat efisien, keandalan tinggi, umur lebih Panjang. (Yuliyanto & Asrori, 2024). Motor jenis ini memiliki banyak keunggulan daripada motor DC biasa. (Naseri et al., 2016).

Motor ini mempunyai komponen utama terdiri dari *Rotor* dan *Stator*. Pada bagian berputar disebut Rotor sebagai tempat magnet permanen dan bagian yang diam disebut *Stator*. (Pramono & Pratama, 2016). *Stator* adalah komponen tempat gulungan kawat tembaga yang berfungsi menghantarkan aliran magnet ke setiap kumparan, yang memungkinkan rotor berputar. (Harbintoro & Krisnadi, 2020).



Gambar 2.4. Kontruksi Motor BLDC

Dalam pengembangan motor BLDC, desain yang optimal memegang peranan penting dalam menentukan performa motor, terutama dalam menghasilkan kecepatan putaran. Salah satu faktor yang berpengaruh yaitu jumlah slot *Stator*. Komponen utama tersebut berpengaruh dalam menghasilkan kecepatan (RPM) dan suhu ($^{\circ}\text{C}$). Oleh sebab itu penulis melakukan penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi jumlah slot *Stator* terhadap kecepatan putaran (RPM) dan suhu ($^{\circ}\text{C}$) motor BLDC. (Yuliyanto & Asrori, 2024).

Motor *Brushless* A2212/15T umumnya digunakan untuk quadcopter, pesawat model, perahu model, dan kit DIY lainnya. Dikombinasikan dengan pengontrol kecepatan elektronik, motor ini memberikan cara yang kuat dan ringan untuk menggerakkan model Anda. Motor ini memiliki 15 lilitan per kutub dan kecepatan poros sekitar 930RPM / volt. Umumnya, motor ini digunakan untuk model yang memiliki berat antara 300 – 1000g.

Motor ini memiliki poros baja yang diperkeras dengan diameter 3.17mm (1/8”) dan dilengkapi dengan dua bantalan bola. Kit motor ini juga mencakup adaptor *Propeller* gaya bullet, pemasangan motor, dan perangkat keras. Kami merekomendasikan peringkat ESC minimal 15A dan daya 2-12VDC.

Tabel 2.3. Spesifikasi Motor BLDC A2212/15T 930KV

Model	A2212
Turn	15Turn
KV	930
Efisiensi Maksimal	80%
Arus Efisiensi Maksimal	4-10A (>75%)
Kapasitas Arus	12Amper
Arus Tanpa Beban	10V/0.5Amper
Jumlah Sel	2-3Sel
Dimensi Motor	25 x 27milimeter
Maksimal Daya Dorong	300 – 1000gram

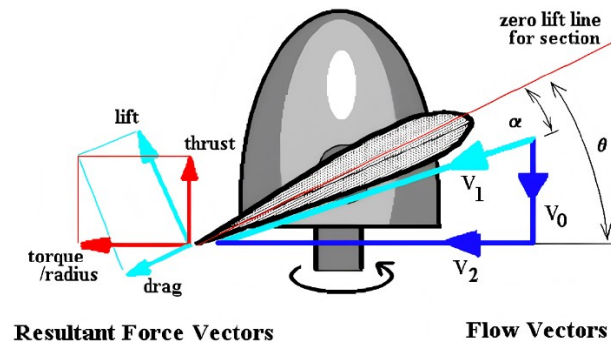
2.1.5. *Propeller*

Baling-baling (*Propeller*) adalah alat penggerak, salah satu bentuknya yang paling umum ialah baling-baling ulir. Baling-baling ini memiliki daun yang berjumlah dua atau lebih dengan posisi yang menjorok dari hub atau bosh. Daun baling-baling tersebut dapat merupakan bagian yang menyatu dengan hub, atau merupakan bagian yang dapat dilepas dari dan dipasang pada hub atau merupakan daun yang dapat dikendalikan. Sedangkan hub baling-baling ini diposisikan pada poros agar dapat digerakkan oleh mesin penggerak kapal. (Sapto & Noviandi, 2021).

Prinsip dasar pada gaya dorong yang dihasilkan oleh sistem penggerak hingga mencapai ketinggian tertentu yang diinginkan adalah menggunakan turunan dari hukum newton yang kedua, yaitu sebuah benda dengan massa (m) mengalami resultan gaya sebesar (F) akan mengalami percepatan (a) yang arahnya akan sama dengan arah gaya dan besarnya akan berbanding lurus terhadap F dan berbanding terbalik terhadap (m). (Hurmuzi et al., 2022). Prinsip dasar dari pengukuran thrust ini didasari pada rumus thrust utama yang dimana. (Avanzini et al., 2020).

$$T = CT \cdot \rho \cdot n^2 \cdot D^4$$

Dimana T adalah Thrust *Propeller* (N), (CT) koefisien Thrust *Propeller*, (ρ) kerapatan udara (1.225 Kg/m³), (n)RPM *Propeller* dan (D)Diameter *Propeller* (m). Prinsip dasar gaya yang terdapat pada *Propeller* yang sedang bekerja adalah V_0 menunjukkan sebagai aliran aksial yang bekerja pada *Propeller*, V_2 adalah aliran kecepatan angular, dan V_1 adalah aliran lokal dari *Propeller* yang bekerja atau merupakan hasil kalkulasi dari V_2 dan V_0 . (Maulana dkk., 2024). Ilustrasi gaya dan aliran vektor dari *Propeller* dapat dilihat pada dibawah ini :



Gambar 2.5. Resultan gaya dan aliran vektor *Propeller*

Propeller 10x4.5 inch adalah jenis baling-baling yang sering digunakan pada drone, pesawat model, dan aplikasi aero modelling lainnya. Berikut adalah spesifikasi umumnya:

Tabel 2.4. Spesifikasi *Propeller* APC 10 x 4.5 inch

Parameter	Spesifikasi
<i>Diameter</i>	10 inches
<i>Pitch</i>	4.5 inches
<i>Number of Blades</i>	2 Blades
<i>Rotation</i>	CW(Clockwise) & CCW(Counter-Clockwise)
<i>Hub Diameter</i>	Typically 8-10 mm (varies by brand)
<i>Hub Thickness</i>	6-8 mm
<i>Mounting Hole Diameter</i>	5 mm (with adapters for 6mm, 8mm)
<i>Weight</i>	~18-30 grams (depends on material)
<i>Material</i>	Plastik

2.1.6. ESC

Kendali kecepatan elektronik (*Electronic speed Controller*) adalah sebuah sirkuit elektronik dengan tujuan untuk memvariasi dan mengatur kecepatan motor BLDC, arahnya dan bisa berfungsi sebagai rem dinamis. ESC menginterpretasikan informasi bagaimana memvariasikan kecepatan switch dari transistor / Mosfet yang menyebabkan motor berubah kecepatannya. Hal ini dapat memungkinkan variasi kecepatan motor lebih halus dan tepat dengan efisiensi tinggi. ESC menerima input pulsa PWM dari *Flight controller* dan mengkonversikan pulsa ke dalam bentuk pengaturan daya yang akan disuplai dari catu daya ke motor BLDC. (Sofwan et al., 2023).

Rangkaian driver motor yang terdiri dari pengatur kecepatan putar motor dan pengatur posisi sudut putaran motor. Pada pengaturan kecepatan putar motor pulsa PWM digunakan dalam mengatur tegangan, tegangan beban diatur dengan cara mengatur *duty cycle* dari gelombang kotak yang disupplykan ke basis dari transistor/mosfet. *Duty cycle* adalah persentase besar siklus aktif didalam satu frekuensi pita tegangan. (Sofwan et al., 2023). Untuk mengukur *duty cycle* dapat menggunakan rumus Persamaan Berikut :

$$Duty\ Cycle = \frac{Siklus\ Aktif}{Siklus\ Total} \times 100\%$$



Gambar 2.6. ESC 30A 2-4S

ESC 30A 2-4S adalah *Electronic Speed Controller* yang digunakan untuk mengontrol kecepatan motor *Brushless* pada drone, pesawat RC, dan kendaraan listrik lainnya. Spesifikasi dari ESC 30A 2-4s pada Tabel Berikut :

Tabel 2.5. Spesifikasi ESC 30A 2-4S

Parameter	Spesifikasi
<i>Continuous Current</i>	30A
<i>Burst Current</i>	35-40A (≤ 10 sec)
<i>Input Voltage</i>	2S - 4S <i>Lithium Ion</i> (7.4V - 16.8V)
<i>BEC Output</i>	5V, 2A
<i>Supported Motor Type</i>	<i>Brushless</i> Motor
<i>PWM Frequency</i>	8KHz - 32KHz
<i>Signal Refresh Rate</i>	50Hz - 500Hz
<i>Weight</i>	~25-35g
<i>Dimensions</i>	~45mm x 24mm x 8mm

2.1.7. Pompa DC

Pompa DC terbagi dari beberapa bagian antara lain komponen Pompa dan Penggerak. Komponen penggerak nya yaitu Motor DC adalah motor listrik yang memerlukan suplai tegangan arus searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi gerak mekanik. Kumparan medan pada Motor DC disebut *Stator* (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). (Andreas et al., 2020).

Komponen Pompa, pompa merupakan alat yang digunakan untuk memindahkan fluida cair (*liquid*) dari suatu tempat yang permukaanya lebih rendah

ke tempat lain yang permukaannya lebih tinggi, melalui media pemipaan (saluran) dengan cara menambahkan energi mekanis melalui sudu-sudu. Pompa beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian hisap (*suction*) dan bagian tekan (*discharge*). Perbedaan tekanan pada pompa sentrifugal dihasilkan dari sebuah putaran impeler yang membuat keadaan sisi hisap vakum. Perbedaan tekanan inilah yang menyebabkan cairan berpindah dari suatu *reservoir* ke tempat lain. (Nuryanti dkk., 2018).



Gambar 2.7. Pompa DC

Pompa DC adalah jenis pompa kecil yang menggunakan motor DC beroperasi pada tegangan tertentu mulai dari 5Volt-24Volt. Pompa ini sering digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan aliran fluida (air atau cairan lainnya) dengan daya rendah, ukuran kecil, dan konsumsi energi yang efisien.

Tabel 2.6. Spesifikasi Pompa DC

Parameter	Spesifikasi
<i>Input Voltage</i>	5Volt
<i>Flow Rate</i>	80–300 mL/menit
<i>Dimensions</i>	Diameter 2cm, Panjang 6cm

2.1.8. Baterai Lithium Ion

Baterai atau akkumulator adalah sebuah sel listrik dimana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang *reversible* (dapat berkebalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan reaksi elektrokimia *reversibel* adalah didalam baterai dapat berlangsung proses pengubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan) dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia (proses pengisian) dengan cara proses regenerasi dari elektroda yang dipakai yaitu, dengan melewati arus listrik dalam arah polaritas yang berlawanan didalam sel. Baterai menghasilkan listrik melalui proses kimia. (Thowil Afif & Ayu Putri Pratiwi, 2015).



Gambar 2.8. Baterai Lithium Ion

Lithium-Ion Battery atau baterai lithium ion merupakan salah satu jenis baterai sumber arus sekunder yang dapat diisi ulang. Pada saat ini, *Lithium-Ion Battery* menjadi baterai yang sangat dibutuhkan antara lain untuk kebutuhan energi listrik pada telepon seluler (ponsel), mp3 player dan lain-lain. Selain itu, saat ini LithiumIon Battery sangat dibutuhkan khususnya untuk kendaraan yang sumber energinya dari energi listrik. (Perdana, 2021).

Tabel 2.7. Spesifikasi Baterai

No	Keterangan	Spesifikasi
1.	<i>Model</i>	INR21700-40T

2.	<i>Nominal Voltage</i>	3.6Volt
3.	<i>Capacity</i>	4000Mah
4.	<i>Maximum Charging Current</i>	6.0Amper
5.	<i>Maximum Charging Voltage</i>	4.25Volt
6.	<i>Maximum Discharge Current</i>	50.0Amper

2.1.9. Firebase

Firebase merupakan salah satu platform yang dikembangkan oleh Google dan dikenal karena kemudahan serta efektivitasnya dalam mendukung pengembangan aplikasi. Platform ini dirancang untuk menjembatani berbagai kebutuhan lintas platform tanpa mengharuskan pengembang membangun infrastruktur server secara mandiri. (Setyawan, 2024).

Salah satu komponennya, *Cloud Firestore*, adalah *basis data dokumen schemaless* yang sepenuhnya serverless. Firestore didesain untuk skala besar; ia mampu menangani jutaan kueri per detik dan menampung petabyte data. Firestore dibangun di atas Google Spanner: setiap dokumen Firestore disimpan sebagai satu entri baris pada tabel Spanner, dengan konten dokumen dalam bentuk *protocol buffer* ter-encode. Pendekatan ini menjamin konsistensi kuat dan isolasi antar-ruang-kerja (multi-tenant). Arsitektur multi-tenant Firestore memungkinkan sumber daya (CPU, memori) dibagi bersama bagi banyak basis data, sehingga beban tinggi pada satu basis tidak mengganggu basis lain. Firestore juga menggunakan routing global: permintaan klien yang masuk ke titik keberadaan

Google terdekat akan diarahkan ke region basis data sesuai metadata yang disimpan di Spanner, menjamin ketersediaan tinggi secara global. (Kesavan, 2023).

Keunggulan utama *Firebase* adalah kelengkapan fitur yang ditawarkannya. *Firebase* menyediakan berbagai layanan seperti autentikasi, *Firestore Database*, *Realtime Database*, *Google Cloud Messaging*, hingga fitur machine learning. Keseluruhan fitur tersebut dirancang untuk memudahkan proses pengembangan, khususnya dalam pengelolaan basis data yang menggunakan pendekatan NoSQL (Romadoni dkk., 2023).

Salah satu fitur yang paling banyak dimanfaatkan adalah *Realtime Database*, yang memungkinkan komunikasi data antara aplikasi dan server berlangsung secara *real-time*. Mekanisme kerjanya mirip dengan server manual, di mana aplikasi yang telah terhubung dengan *Firebase* dapat beroperasi secara otomatis sesuai dengan perangkat yang telah diintegrasikan (Sanad, 2019).

Kemudahan proses integrasi inilah yang menjadi salah satu alasan utama penggunaan *Firebase* dalam pengembangan aplikasi. Namun demikian, integrasi ini juga dapat memengaruhi performa dan kelancaran aplikasi. Oleh karena itu, penting untuk mengevaluasi kinerja *Firebase*, khususnya dalam konteks sistem *real-time* yang sangat bergantung pada kestabilan koneksi dan waktu respons yang cepat. Evaluasi performa dilakukan dengan mengukur beberapa parameter penting, yaitu *delay*, *jitter*, *throughput*, dan *packet loss*. Keempat parameter ini merupakan bagian dari Quality of Service (QoS), yang mengacu pada standar TIPHON (*Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks*) yang telah ditetapkan oleh European Telecommunications Standards Institute (ETSI) (Mukti dkk., 2023).

Firestore Database, *Realtime Database*, *Google Cloud Messaging*, hingga fitur *machine learning*. Secara keseluruhan, *Firestore Database* memudahkan pengembangan dengan menyediakan layanan basis data server berbasis NoSQL. *Realtime Database* digunakan untuk mendukung komunikasi data secara *real-time* antara aplikasi dan server. Mekanisme kerjanya mirip dengan aplikasi server yang dibangun secara manual, di mana aplikasi yang terhubung dengan *Firestore Database* dapat beroperasi secara otomatis sesuai dengan perangkat yang telah diintegrasikan (Sanad, 2019).