

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Tinjauan Pustaka dilakukan dengan cara pengumpulan data dari buku dan jurnal yang sudah ada yang akan digunakan sebagai acuan dalam Perancangan Stabilisasi *Quadruped* Robot Pada Bidang Miring Menggunakan Metode Kalman Filter. Berikut data-data yang digunakan:

- a. Pada jurnal yang berjudul “Perancangan Robot Berkaki 4 (*Quadruped*) Dengan *Stabilization Algorithm* Pada *Uneven Floor* Menggunakan 6-DOF Berbasis *Invers Kinematic*” yang ditulis oleh Rofiq Cahyo Prayogo, Aris Triwiyatno dan Sumardi. Pada jurnal tersebut menggunakan sensor MPU 6050 sebagai masukan sudut kemiringan robot yang akan diolah menggunakan kontrol proporsional untuk dapat mempertahankan *body* robot tetap datar pada *uneven floor*. Pada jurnal ini untuk mendapatkan data IMU MPU 6050 secara bagus maka menggunakan filter *komplementer*. Dari jurnal ini dapat diketahui perancangan untuk mendapatkan data imu yang bagus diperlukan adanya filter yang dapat menjadi bahan pertimbangan dalam Pembuatan Tugas Akhir^[1].
- b. Pada jurnal yang berjudul “*Gesture Control* Menggunakan IMU MPU 6050 Metode Kalman Filter Sebagai Kendali *Quadcopter*” yang ditulis oleh Rudi Setiawan, Hendri Himawan Triharminto, Muhammad Fahrurrozi. Menjelaskan penggunaan Kalman filter yang di terapkan untuk meningkatkan akurasi output dari sensor IMU dengan nilai error yang kecil. Dari jurnal ini dapat dijadikan referensi untuk pengolahan data output dari sensor IMU MPU6050 pada penyusunan Tugas Akhir yang akan di buat^[3].
- c. Jurnal yang berjudul “Sistem Keseimbangan Robot ERISA Pada Bidang Miring Menggunakan Kontrol PID Dan Sensor Fusion” yang ditulis oleh Novian Fajar Satria, Ali Husein Alasiry, Bambang Sumantri, dan Risma Dian Alamri menjelaskan untuk sistem pendeteksi kemiringan posisi robot dan sistem penyeimbang diimplementasikan metode sensor fusion pada keluaran sensor-sensor yang digunakan dalam meminimalisir noise atau gangguan nilai keluaran sensor. Sehingga keakurasian nilai keluaran sensor pada pendeteksi kemiringan sudut posisi dapat membantu robot dalam memberikan aksi penyeimbangan. Dengan mengimplementasikan

sistem kontrol PID dan sensor fusion yang terdiri dari Kalman Filter dan *Complementary filter*. Dari Jurnal ini dapat dijadikan referensi metode Kalman Filter dan *Complementary Filter* untuk mengurangi noise dari nilai keluaran sensor^[5].

- d. Jurnal yang berjudul "Sistem Kendali Navigasi Robot Beroda Dengan Menggunakan Metode Kalman Filter" yang ditulis oleh Amelio Eric Fransisco, Gembong Edhi Setyawan dan Rizal Maulana pada penelitiannya menerapkan sensor *inertial measurement unit* (IMU) dengan menerapkan algoritma Kalman Filter untuk mengoptimalkan estimasi ketidakakuratan sinyal yang dihasilkan oleh sensor. Dilakukan *tunning* manual pada variabel *covariance filter* dengan mengubah-ubah *matrix covariance noise process* dengan metode *try and error* berdasarkan scenario pengujian yang telah ditentukan. Jurnal ini dapat dijadikan referensi dalam pembuatan persamaan Kalman Filter untuk meningkatkan akurasi hasil pengukuran sensor MPU6050^[13].

Dari tinjauan pustaka yang telah dipelajari dari beberapa jurnal, dapat diketahui perbandingan dari keempat tinjauan pustaka yang diambil dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Perbandingan Tinjauan Pustaka

| Tinjauan Pustaka | Kontroler | Sensor | Output | Metode |
|-------------------------|------------------|------------------------|-----------------|---|
| Jurnal 1 | Atmega32 | Magnetometer HMC5883 | Servo | Pengendali <i>Fuzzy-PID</i> , <i>Inverse Kinematics</i> , <i>Tapis Komplementer</i> |
| Jurnal 2 | Arduino Uno | MPU6050 | Motor DC | Kalman Filter, <i>Wireless</i> |
| Jurnal 3 | STM32F4 | <i>Gyroscope</i> GY-25 | Servo Dynamixel | <i>Inverse Kinematics</i> , Pengendali PID |
| Jurnal 4 | Arduino Nano V3 | MPU6050 | Motor DC | Kalman Filter |

| | | | | |
|------------------|------------------|---------|--------------|--|
| Alat Tugas Akhir | Arduino Mega2560 | MPU6050 | Servo MG996R | <i>Inverse Kinematics, Algoritma Stabilisasi</i> |
|------------------|------------------|---------|--------------|--|

2.2 *Quadruped Robot*

Salah satu jenis robot berkaki yang sering di gunakan adalah robot berkaki empat (*Quadruped*), *quadruped* memiliki beberapa keunggulan jika di dibandingkan dengan hexapod, diantaranya adalah memiliki manuver yang sangat baik dalam melewati rintangan. Bahkan dengan metode yang tepat dapat melebihi kecepatan dari *hexapod*. Tetapi memiliki kestabilan yang kurang baik jika beban robot tidak seimbang.

Quadruped robot adalah robot yang meniru anatomi dari hewan laba-laba. Pergerakannya mengandalkan ke empat kakinya yang silih berganti berpindah. Berbeda dengan robot beroda yang hanya bisa melintas di jalur datar saja, *quadruped* dapat bergerak dan menghindari rintangan yang terjal dan tidak rata, sehingga *quadruped* lebih banyak digunakan dari pada robot beroda walaupun gerakannya tidak terlalu cepat dibandingkan dengan robot beroda^[6].

2.3 Algoritma Stabilisasi

- *Time update* (prediksi)
 - 1) Proyeksi kondisi yang akan datang

$$X_k = AX_{k-1} + Bu_{k-1} \quad (1)$$
 - 2) Proyeksi kovarian error yang akan datang

$$P_k = AP_{k-1}A^T + Q \quad (2)$$
- *Measurement update* (koreksi)
 - 1) Hitung kalman *gain*

$$K_k = P_k H^T (HP_k H^T + R)^{-1} \quad (3)$$
 - 2) *Update* estimasi dengan pengukuran Z_k

$$X_k = X_k + K_k (Z_k - HX_{k-1}) \quad (4)$$
 - 3) *Update* kovarian *error*

$$P_k = (1 - K_k H)P_k \quad (5)$$
- Estimasi awal untuk X_{k-1} dan P_{k-1} (6)

Secara umum perumusan Kalman Filter adalah suatu persamaan matematis yang menghasilkan suatu perhitungan rata-rata rekursif yang

efisien untuk mengestimasi suatu keadaan dari sebuah proses yang bertujuan untuk mengurangi rata-rata error. Kalman Filter juga merupakan suatu estimator rekursif, dengan kata lain hanya dibutuhkan keadaan hasil estimasi dari pewaktuan sebelumnya dan hasil pengukuran saat ini untuk dapat menghitung estimasi keadaan saat ini.

Kalman Filter pertama kali dikenalkan oleh Rudolf Emil Kalman pada tahun 1960 melalui makalahnya yang berjudul “*A New Approach to Linier Filtering and Prediction Problems*”. Ia mempublikasikan sebuah metode untuk memprediksi suatu keadaan suatu objek bergerak menggunakan nilai keadaan sebelumnya. Selain itu, Kalman Filter juga digunakan untuk mengatasi ketidakstabilan data input akibat gangguan *noise* atau derau^[3].

2.4 Arduino IDE

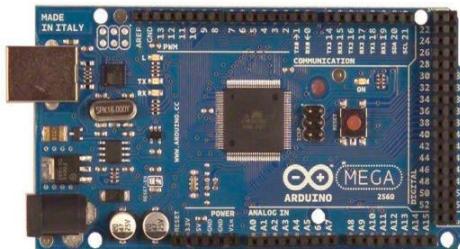
Bahasa pemrograman Arduino bisa dikatakan mirip dengan bahasa pemrograman C. Arduino menggunakan perangkat lunak IDE (*Integrated Deveolpment Environment*) yang membuat pengguna menjadi lebih mudah untuk merancang sistem menggunakan mikrokontroler mulai dari menuliskan *source* program, kompail program, unggah hasil kompilasi, dan uji coba. Arduino *Devolpment Environment* juga digunakan untuk mengupload program yang sudah di compile ke memori program *board* Arduino. Tujuan dari diciptakannya arduino adalah untuk mempermudah pengguna dalam membuat sitem elektonika dan mempermudah dalam melakukan pembelajaran bagi pengguna yang ingin mempelajari sistem mikrokontroler. Arduino memiliki keunggulan tersendiri dibandingkan minimum sistem mikrokontroler lainnya karena bersifat *open source*, dan memiliki bahasa pemerograman yang hampir sama dengan bahasa C. selain itu arduino dilengkapi dengan *bootloader* yang mudah digunakan tanpa adanya penambahan komponen elektronika lagi. IDE Arduino merupakan *software* yang menyerupai bahasa C dan ditulis dengan menggunakan java. IDE Arduino terdiri dari editor program, *window* yang memungkinkan pengguna membuat dan mengedit program dalam bahasa *Processing*^[12].

2.5 Arduino Mega 2560

Arduino Mega umumnya dibuat menggunakan jenis mikrokontroler ATMega2560. Sesuai dengan namanya Aduino ini dibekali dengan prosessor ATMega2560 yang memiliki 54 pin digital I/O (dimana 15 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 16 pin analog

input, 4 pin UART, 2x3 pin ICSP (untuk memprogram Arduino dengan *software* lain), dan kabel USB computer yang sekaligus digunakan sebagai sumber tegangan^[11].

Pada Tugas Akhir ini kontroler Arduino Mega 2560 digunakan khusus untuk mengelola data hasil pembacaan sensor *accelerometer* dan *gyroscope*. Berikut ini tampilan dari Arduino Mega2560 dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Arduino Mega^[11]

Adapun data teknis *board* Arduino Mega 2560 yang dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Data Teknis Board Arduino Mega 2560^[11]

| Spesifikasi | Keterangan |
|-----------------------|--|
| Mikronkontroler | Atmega 2560 |
| Tegangan Operasional | 5 V |
| Tegangan Input | 7-12 V |
| Tegangan Input(limit) | 6-20 V |
| Pin Digital I/O | 54 (<i>of which 15 provide PWM output</i>) |
| Pin Analog Input | 16 |
| Arus DC per Pin I/O | 20 mA |
| Arus DC Pin 3.3 V | 50 mA |
| <i>Memori Flash</i> | 256 KB <i>of which 8 KB used by bootloader</i> |
| SRAM | 8 KB |
| EEPROM | 4 KB |
| <i>Clock Speed</i> | 16 MHz |
| LED_BUILTIN | 13 |
| USB <i>Host Chip</i> | MAX3421E |
| Panjang | 101.52 mm |
| Lebar | 53.3 mm |
| Berat | 37 gram |

2.6 Servo MG996R

Gambar 2.2 adalah Motor servo yang merupakan sebuah motor DC dengan sistem umpan balik tertutup dimana posisi rotornya diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor servo terdiri dari sebuah motor DC, rangkaian gear, potensiometer dan rangkaian kendali. Motor servo biasanya hanya bergerak mencapai sudut tertentu saja dan tidak kontinyu. Pada robot, motor servo dapat dimodifikasi agar bergerak kotinyu^[9].



Gambar 2. 2 Servo MG996R^[9]

Adapun data teknis Servo MG996R yang dapat dilihat pada Tabel 2.3 :

Tabel 2. 3 Spesifikasi Servo MG996R^[9]

| Spesifikasi | Keterangan |
|--------------------|---|
| Weight | 55 g |
| Dimension | 40.7 x 19.7 x 42.9 mm |
| Stall torque | 9.4 kg (4.8V), 11 kg (6V) |
| Operating speed | 0.17 s/d 60° (4.8 V), 0.14 s/d 60°(6 V) |
| Operating voltage | 4.8 V a 7.2 V |
| Running Current | 500 mA – 900 mA (6V) |
| Stall Current | 2.5 A (6 V) |
| Dead band width | 5 μ s |
| Temperature range | 0°C - 55 °C |

2.7 Stepdown DC-DC XL4015

XL4015 adalah sebuah step-down converter DC/DC dengan rangkaian kontrol PWM yang mampu mengeluarkan arus konstan sebesar 5 A, pengaturan tegangan menggunakan potensiometer berpresisi tinggi yang dapat dilihat pada gambar 2.3^[8].



Gambar 2. 3 Stepdown DC-DC XL4015^[8]

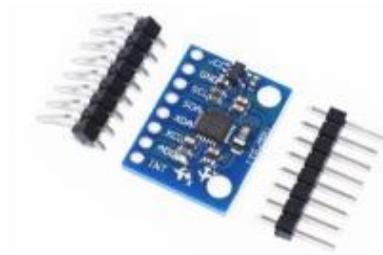
Berikut Tabel Data Teknis Stepdown DC-DC XL4015 pada tabel 2.4, sebagai berikut :

Tabel 2. 4 Spesifikasi Sensor Gyro MPU6050

| Spesifikasi | Keterangan |
|----------------------------------|-------------------|
| Tegangan Masukan | 8 V – 36 V |
| Tegangan Keluaran | 1.25 V – 32 V |
| Arus Keluaran Konstan | 5 A |
| Efisiensi Tinggi | 96 % |
| <i>Frekuensi Switching</i> Tetap | 180 KHz |
| <i>Minimum Drop Out</i> | 0.3 V |

2.8 Sensor Gy-521 MPU-6050

Gambar 2.4 merupakan Sensor Gy-521 MPU-6050 *gyroscope accelerometer* adalah merupakan jenis sensor yang menggabungkan sebuah MEMS *accelerometer* dan sebuah MEMS *gyroscope* yang saling berinteraksi. Modul Gy-521 MPU-6050 merupakan sebuah modul berinti MPU-6050 yang berisi 6 *axis motion processing* unit dan ditambahkan dengan regulator tegangan serta beberapa komponen pelengkap lainnya, sehingga membuat modul ini bisa dipakai dengan supply tegangan sebesar 3-5 Vdc. Modul ini memiliki *interface* I2C yang dapat disambungkan langsung ke MCU yang sama-sama meiliki saluran I2C^[9].



Gambar 2. 4 Sensor Gy-521 MPU6050^[9]

Ada beberapa parameter dan spesifikasi dari Sensor Gy-521 MPU-6050 yang dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2. 5 Spesifikasi Sensor Gy-521 MPU-6050

| Spesifikasi | Keterangan |
|-----------------------------------|--------------|
| Tegangan kerja | 3,3V-5V |
| Komunikasi | I2C |
| Dimensi sensor | 5 x 4 cm |
| Dimensi <i>signal conditioner</i> | 3.2 x 1.4 cm |