

## **BAB II**

### **SPESIFIKASI**

#### **2.1. Pengantar**

##### **2.1.1. Ringkasan Isi Dokumen**

Di dalam dokumen ini membahas mengenai rencana pengembangan robot pembersih otomatis untuk pembangkit listrik tenaga surya. Juga dipaparkan beberapa hal mengenai latar belakang, tujuan dibuatnya produk, nilai komersial dari produk, kebutuhan masyarakat. Perencanaan dari pengembangan produk yang meliputi usaha pengembangan terkait penggunaan sumber daya yang diperlukan, estimasi biaya, *timeline* kerja, serta pihak-pihak yang membantu ataupun mendukung pengembangan produk.

##### **2.1.2. Tujuan Penulisan dan Aplikasi / Kegunaan Dokumen**

Dokumen ini dibuat dengan tujuan untuk dokumentasi gagasan dan ide dasar dalam proyek pembuatan robot pembersih otomatis untuk pembangkit listrik tenaga surya. Dokumen ini memberikan gambaran mengenai latar belakang gagasan, konsep, nilai jual, serta pengembangan produk yang memberikan informasi kepada pihak-pihak yang terkait dalam pengembangan pembuatan robot pembersih otomatis untuk pembangkit listrik tenaga surya.

#### **2.2. Spesifikasi**

##### **2.2.1. Definisi, Fungsi dan Spesifikasi**

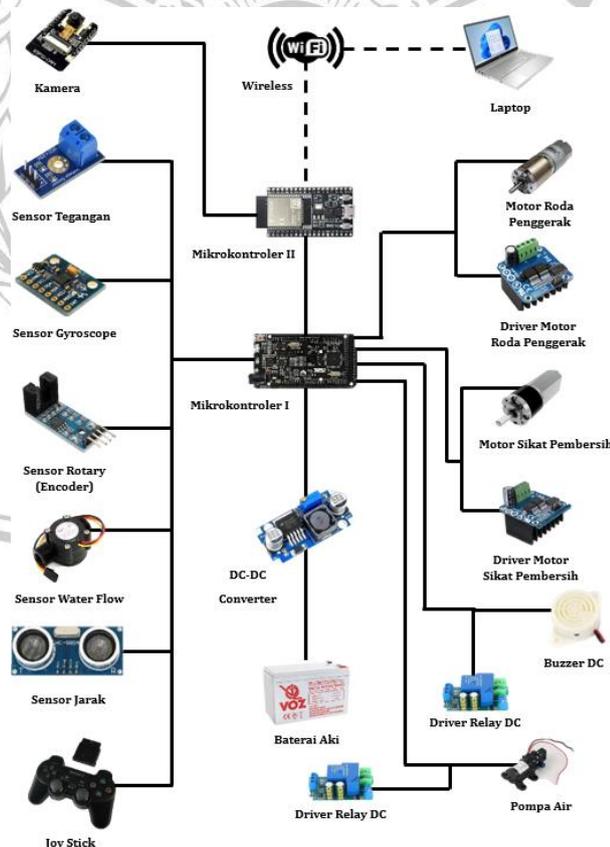
Robot pembersih otomatis untuk pembangkit listrik tenaga surya merupakan robot yang dibuat untuk membersihkan panel surya. Robot tersebut berfungsi untuk membersihkan panel surya dari debu dan kotoran dengan cara disemprot dan disikat, hal tersebut bertujuan agar tetap menjaga kebersihan panel surya, sehingga penyerapan cahaya matahari untuk menghasilkan energi listrik yang dilakukan oleh panel surya tersebut tetap optimal, dan manusia tidak perlu lagi bekerja di ketinggian untuk sekedar membersihkan panel surya, melainkan manusia dapat menggunakan robot sebagai alternatif untuk melakukan suatu kegiatan, dalam

hal ini adalah membersihkan panel surya di suatu ketinggian, sehingga dapat mengganti pekerjaan yang dilakukan secara manual menjadi otomatis, sekaligus menambahkan efisiensi dalam proses bekerja.

Sudah terdapat beberapa pengembangan dari robot pembersih otomatis untuk pembangkit listrik tenaga surya seperti menggunakan tongkat dengan sikat pemutar otomatis, dan robot yang menggunakan rel sebagai media pergerakannya. Perubahan spesifikasi yang terdapat pada robot ini adalah pembersihan yang dilakukan oleh robot menggunakan metode *spray and brush*, robot dapat dikendalikan menggunakan *joy stick*, serta parameter yang terdapat pada robot dapat dilihat secara langsung (*monitoring*) melalui *base station* pada laptop.

### 2.2.2. Desain

Pada sub bab ini di jelaskan mengenai gambaran umum desain alat seperti gambaran interaksi alat dengan manusia (*user interface*), desain atau gambaran instalasi produk dan perawatan produk.

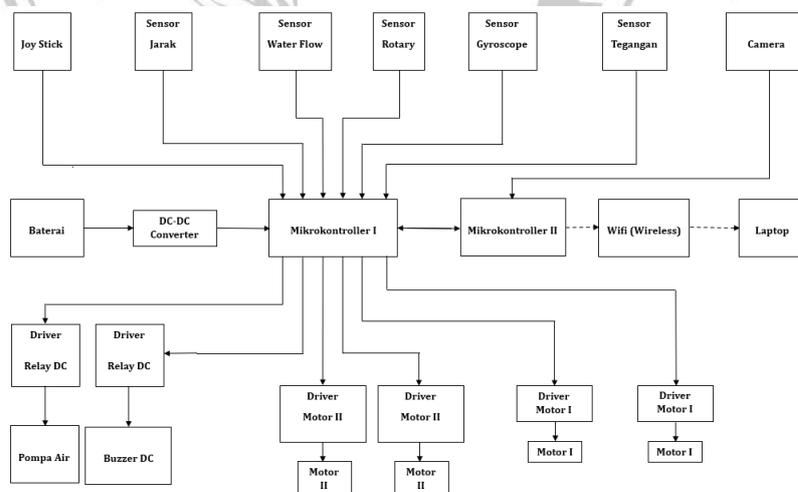


Gambar 2.1 Desain Sistem

Baterai aki digunakan sebagai suplai tegangan, tegangan tersebut diturunkan (*step down*) menggunakan *DC-DC converter*. Tegangan tersebut digunakan sebagai *input* pada mikrokontroler I dan II, dimana terdapat beberapa sensor seperti sensor tegangan (untuk mengukur tegangan), sensor *gyroscope* (untuk mengukur kemiringan derajat robot), sensor *rotary / encoder* (untuk menghitung RPM pada motor), sensor *water flow* (untuk menghitung penggunaan air), sensor jarak (untuk mengukur jarak robot terhadap luas permukaan panel surya dan *ground*), dan *joy stick* (untuk sistem pengendalian robot). Terdapat *driver* motor dan motor untuk menggerakkan roda robot, juga terdapat *driver* motor dan motor untuk menggerakkan sikat pembersih robot, dimana kedua *driver* motor tersebut berfungsi untuk mengendalikan motor berdasarkan tegangan dan PWM. Terdapat *driver relay* DC yang berfungsi untuk mengendalikan (*on / off*) *buzzer* DC dan pompa air. Kemudian terdapat mikrokontroler II yang terhubung dengan kamera (untuk melihat permukaan panel surya), sekaligus mikrokontroler II tersebut berfungsi sebagai kendali untuk melakukan komunikasi kepada laptop dengan menggunakan media *WiFi* sebagai perantaranya.

### 2.2.2.1. Spesifikasi Fungsi dan Performansi

Pada bab ini menggambarkan diagram blok yang menggambarkan komponen-komponen alat dan cara kerja fungsi alat beserta spesifikasi komponen setiap alat. Berikut penjabaran produk dengan diagram blok beserta spesifikasi masing-masing komponen :



Gambar 2.2 *Block* Diagram

## 1. Baterai Aki

Baterai Aki digunakan sebagai sumber daya portabel untuk menyimpan energi listrik yang disalurkan ke DC-DC *converter*, dimana baterai aki berfungsi sebagai sumber utama penggerak robot. Dengan menggunakan baterai aki harapannya robot dapat beroperasi dengan lebih efisien.

Tabel 2.1 Spesifikasi Baterai Aki

| Spesifikasi            |             |
|------------------------|-------------|
| Tegangan               | 12 Volt     |
| Kapasitas              | 9 Ah        |
| <i>Terminal Size</i>   | T2          |
| <i>Initial Current</i> | 2,25 Ampere |

## 2. DC-DC Converter

DC-DC *Converter* digunakan sebagai pengatur sumber keluaran (*output*) dari baterai aki dan pengatur sumber masukan (*input*) ke mikrokontroler. Dengan menggunakan DC-DC *converter* harapannya suplai tegangan dari baterai aki untuk mikrokontroler dapat diturunkan (agar tidak *over voltage*).

## 3. Mikrokontroler

Mikrokontroler digunakan sebagai *low level controller* yang digunakan untuk menerima *input* dari sensor dan memberikan *output* kepada aktuator. Dengan menggunakan mikrokontroler harapannya robot dapat beroperasi dengan baik berdasarkan pertimbangan banyaknya pin atau banyaknya komponen yang digunakan.

Tabel 2.2 Spesifikasi Mikrokontroler I

| Spesifikasi                     |                                       |
|---------------------------------|---------------------------------------|
| Kecepatan <i>Clock</i>          | 16 MHz                                |
| Memori Program ( <i>Flash</i> ) | 256 KB (8 KB <i>bootloader</i> )      |
| RAM                             | 8 Kb                                  |
| EEPROM                          | 4 Kb                                  |
| Tegangan Operasional            | 5 Volt                                |
| Tegangan <i>Input</i>           | 7-12 Volt                             |
| Pin Digital                     | 54 Pin (15 digunakan sebagai pin PWM) |
| Pin Analog <i>Input</i>         | 16 Pin                                |
| Pin Serial (UART)               | 4 Pin                                 |
| Pin I2C                         | 1 Pin                                 |
| Pin SPI                         | 1 Pin                                 |

Tabel 2.3 Spesifikasi Mikrokontroler II

| Spesifikasi |   |
|-------------|---|
| Vin         | 5 Volt  |
| Vout        | 3,3 Volt  |
| Pin         | Vin, GND, GPIO, TX0, RX0, SCL, DCA, MISO, MOSI, SCK, TX2, RX2, GPIO0, GPIO2, EN, GPIO34-GPIO39, PWM, A0, SD2, SD3 |

#### 4. *WiFi (Wireless Fidelity)*

*WiFi* digunakan sebagai media komunikasi antara mikrokontroler dengan *user interface* (laptop) tanpa menggunakan media kabel sebagai perantaranya. Dengan menggunakan *WiFi* harapannya robot dapat mengirimkan data secara *online* dengan waktu *real time* yang lebih cepat.

#### 5. Laptop

Laptop digunakan sebagai *user interface*, laptop tersebut berfungsi untuk melihat data parameter yang dihasilkan oleh sensor-sensor. Dengan menggunakan laptop harapannya dapat memudahkan (memperjelas) pada saat melihat parameter robot di *base station*.

#### 6. *Joy Stick*

*Joy Stick* digunakan sebagai sistem kendali dari setiap pergerakan yang dilakukan oleh robot, pengendali tersebut berbasis tanpa kabel (*wireless*). Dengan menggunakan *joy stick* harapannya dapat memudahkan pengendalian robot.

#### 7. Sensor Jarak

Sensor Jarak digunakan sebagai indikator pergerakan robot berdasarkan jarak dan luas panel surya, sehingga robot tetap berada pada area panel surya, dan dapat menghindari sisi tepi panel surya (*ground*). Dengan menggunakan sensor jarak harapannya robot dapat mendeteksi tepian (*ground*) berdasarkan luas permukaan panel surya.

#### 8. Sensor *Water Flow*

Sensor *Water Flow* digunakan sebagai pengukur aliran air melalui saluran pipa, pada robot ini sensor *water flow* digunakan untuk mengetahui konsumsi air yang digunakan untuk membersihkan panel surya. Dengan menggunakan sensor *water flow* harapannya dapat mengetahui penggunaan (debit air) yang digunakan untuk membersihkan panel surya.

#### 9. Sensor *Rotary (Encoder)*

Sensor *Rotary (Encoder)* digunakan sebagai pengukur perubahan sudut dari suatu objek yang berputar, dan mengontrol putaran mesin (motor). Dengan menggunakan sensor *rotary (encoder)* harapannya dapat digunakan untuk mengetahui kecepatan (RPM) pada motor.

#### 10. Sensor *Gyroscope*

Sensor *Gyroscope* digunakan sebagai pengukur sudut kemiringan dari aktivitas robot tersebut diatas panel surya. Dengan menggunakan sensor *gyroscope* harapannya dapat mengetahui kemiringan (derajat) robot berdasarkan kemiringan panel surya.

#### 11. Sensor Tegangan

Sensor Tegangan digunakan sebagai pengukur tegangan listrik yang ada pada baterai aki. Dengan menggunakan sensor tegangan harapannya dapat mengetahui tegangan dari baterai aki.

#### 12. Kamera

Kamera digunakan untuk melihat kondisi robot diatas panel surya, kamera berfungsi untuk melihat bagian permukaan panel surya yang kotor, maupun yang telah dibersihkan. Dengan menggunakan kamera harapannya dapat melihat permukaan panel surya dengan jelas melalui *base station*.

#### 13. Pompa Air

Pompa Air digunakan sebagai pemompa yang akan memberikan tekanan pada air yang melewati selang, kemudian air tersebut disemprotkan melalui *nozzle*. Dengan menggunakan pompa air harapannya dapat memaksimalkan tekanan air untuk membersihkan panel surya.

#### 14. *Driver Relay DC*

*Driver Relay DC* digunakan sebagai sakelar pengontrol untuk menyalakan dan mematikan pompa air dan *buzzer DC*. Dengan

menggunakan *driver relay* DC harapannya dapat mengendalikan *buzzer* DC dan pompa air.

#### 15. *Buzzer* DC

*Buzzer* DC digunakan sebagai bel atau indikator suara pada sistem, ketika sistem pada robot tersebut mengalami suatu kesalahan (*error*), maka *buzzer* tersebut akan berbunyi. Dengan menggunakan *buzzer* DC harapannya dapat menjadi indikator ketika sistem mengalami suatu kesalahan (*error*).

#### 16. *Driver* Motor

*Driver* Motor I (roda penggerak) dan *driver* motor II (sikat pembersih) digunakan sebagai pengendali untuk menggerakkan motor, sehingga motor dapat berputar sebagai roda penggerak robot (2 *driver* motor I) dan sikat pembersih (2 *driver* motor II), *driver* motor tersebut berfungsi untuk mengontrol kecepatan, arah putaran dari motor yang digunakan pada robot tersebut. Dengan menggunakan *driver* motor harapannya dapat melakukan kontrol sekaligus menggerakkan motor dengan baik.

Tabel 2.4 Spesifikasi *Driver* Motor I dan II

| Spesifikasi                    |           |
|--------------------------------|-----------|
| <i>Max Voltage</i>             | 27 Volt   |
| <i>Max Current</i>             | 43 Ampere |
| <i>Control Mode</i>            | PWM       |
| <i>Max Logic Input Voltage</i> | 5 Volt    |
| <i>Duty Cycle</i>              | 0-100 %   |

#### 17. Motor

Motor digunakan sebagai roda penggerak roda robot (motor I) dan penggerak sikat pembersih (motor II) robot tersebut. Dengan menggunakan

motor harapannya dapat memudahkan dalam sistem roda penggerak robot dan sistem sikat pembersih robot.

Tabel 2.5 Spesifikasi Motor I

| Spesifikasi             |            |
|-------------------------|------------|
| <i>RPM</i>              | 5000 RPM   |
| <i>Gear Ratio</i>       | 26,9 : 1   |
| <i>Rotary Encoder</i>   | 13 PPR     |
| <i>Constant Torque</i>  | 16 kgfcm   |
| <i>Max Force Torque</i> | 25 kgfcm   |
| <i>Torque Stall</i>     | 50 kgfcm   |
| <i>Input Voltage</i>    | 24 VDC     |
| <i>Rated Current</i>    | 2,5 Ampere |

Tabel 2.6 Spesifikasi Motor II

| Spesifikasi             |            |
|-------------------------|------------|
| <i>RPM</i>              | 1500 RPM   |
| <i>Rotary Encoder</i>   | 12 PPR     |
| <i>Constant Torque</i>  | 7,6 kgfcm  |
| <i>Max Force Torque</i> | 10 kgfcm   |
| <i>Torque Stall</i>     | 26 kgfcm   |
| <i>Input Voltage</i>    | 24 VDC     |
| <i>Rated Current</i>    | 2,5 Ampere |

### 2.2.2.2. Spesifikasi Fisik dan Lingkungan

Robot pembersih otomatis untuk pembangkit listrik tenaga surya memiliki spesifikasi fisik dengan dimensi 60 cm x 100 cm dengan berat sekitar 20 Kg. Berdasarkan spesifikasi komponen-komponen yang digunakan, robot ini mampu bekerja pada suhu dingin sekitar -54 °C dengan batas suhu dingin maksimal sekitar -65 °C, sedangkan robot ini mampu bekerja pada suhu panas sekitar 30 °C dengan batas suhu panas maksimal sekitar 39 °C (suhu terpanas di Indonesia). Produk ini mampu bekerja dalam kondisi hujan, karena berdasarkan penempatan komponennya berada didalam *box*, sehingga robot ini kedap air. Produk ini mampu berpindah tempat untuk membersihkan panel surya yang kotor dengan cara disemprot air dan disikat.

### 2.2.3. Verifikasi

Pada sub bab ini menjelaskan proses dan tahapan pengujian, analisa toleransi, pengujian *reliability*.

Verifikasi yang dilakukan meliputi pengujian mikrokontroler, pengujian sensor-sensor, pengujian sistem kendali (*joy stick*), pengujian kamera, pengujian *driver* motor dan motor, pengujian *driver relay* DC, pengujian *buzzer* DC dan pompa air. Serta melakukan pengujian terhadap komunikasi untuk mengirim dan menerima data (parameter) kepada *base station* yang ada pada laptop. Verifikasi tersebut bertujuan untuk memastikan kinerja operasi dari masing-masing komponen yang digunakan untuk menyusun robot ini secara keseluruhan.

#### 2.2.3.1. Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian yang dilakukan adalah pengujian pembuatan produk robot pembersih otomatis untuk pembangkit listrik tenaga surya. Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- Mikrokontroler I : Proses pengujian mikrokontroler dengan melakukan *uploading code* menggunakan *code editor* yang selanjutnya melakukan pengukuran pada pin *output* mikrokontroler.

- Baterai Aki dan *DC-DC Converter* : Proses pengujian baterai aki dan *DC-DC converter* untuk memastikan daya atau tegangan yang bekerja pada robot.
- Mikrokontroler II : Proses pengujian komunikasi untuk mengirim dan menerima data ke laptop yang berbasis *wireless (WiFi)*.
- *Joy Stick* : Proses pengujian *joy stick* untuk memastikan kinerja pengendali terhadap robot secara *wireless*.
- Sensor : Proses pengujian sensor yang meliputi pengujian jarak robot terhadap *ground* panel surya, penggunaan air, *rotary* atau *encoder* menghubungkan ke pin *interrupt* mikrokontroler dan memantau kecepatan saat motor berputar, sudut kemiringan dari robot tersebut berdasarkan kemiringan panel surya, penggunaan daya atau tegangan yang dibutuhkan oleh robot.
- Kamera : Proses pengujian dengan melihat kamera, memastikan kamera dapat melihat bagian permukaan panel surya dalam kondisi kotor maupun bersih.
- Pompa Air : Proses pengujian tekanan air yang dapat dikeluarkan oleh pompa tersebut melalui selang.
- Driver Relay DC : Proses pengujian sakelar pengaman dan pengujian pengontrolan tegangan.
- *Buzzer* DC : Proses pengujian bel indikator untuk memberitahu ketika terjadi suatu kesalahan (*error*) pada sistem robot.
- *Driver* Motor I dan II : Proses pengujian *driver* motor dengan menghubungkan pin *PWM* dan *supply*, lalu mengukur *output* tegangan menggunakan multimeter.
- Motor I dan II : Proses pengujian motor dengan menghubungkan motor ke *power supply* dan melihat putaran motor.

### 2.2.3.2. Analisa Toleransi

Komponen utama yang paling menentukan dari keseluruhan sistem robot pembersih otomatis untuk PLTS ini adalah mikrokontroler dan *driver* motor. Karena mikrokontroler memiliki peran penting yang berfungsi sebagai pusat

kontrol (pengendalian) dari keseluruhan komponen yang digunakan. Serta *driver* motor memiliki peran penting yang berfungsi sebagai pusat kontrol (pengendalian) dari motor roda penggerak robot dan motor sikat pembersih robot berdasarkan PWM dari mikrokontroler.

### 2.2.3.3. Pengujian Keandalan

Pengujian keandalan akan dilakukan ketika robot telah selesai dibuat. Dimana pengujian keandalan pada robot ini dilakukan dengan cara menguji kinerja robot pada saat robot bergerak (dikendalikan) diatas panel surya, melakukan penyemprotan (*spraying*) dan penyikatan (*brushing*), melihat parameter berdasarkan hasil dari sensor-sensor yang digunakan, menguji sinkronisasi kamera terhadap *base station*, serta menguji koneksi saat mengirimkan dan menerima data (menggunakan media *WiFi*) dimana data atau parameter yang dihasilkan tersebut akan ditampilkan pada *base station* melalui laptop berdasarkan *real time condition*.

### 2.2.4. Biaya dan Jadwal

Pada sub bab berikut menjabarkan terkait biaya komponen, perhitungan biaya produksi. Selain biaya juga dijabarkan jadwal pengerjaan dan tugas masing-masing anggota kelompok.

#### 2.2.4.1. Biaya Komponen

Tabel 2.7 Biaya Komponen

| Pengeluaran / Alat        | Harga Satuan | Jumlah  | Total                |
|---------------------------|--------------|---------|----------------------|
| Camera ESP32              | Rp. 100.000  | 1 Buah  | Rp. 100.000          |
| Sensor Tegangan           | Rp. 10.000   | 1 Buah  | Rp. 10.000           |
| Sensor Gyroscope          | Rp. 30.000   | 1 Buah  | Rp. 30.000           |
| Sensor Rotary             | Rp. 15.000   | 1 Buah  | Rp. 15.000           |
| Sensor Water Flow         | Rp. 60.000   | 1 Buah  | Rp. 60.000           |
| Sensor Ultrasonic         | Rp. 12.000   | 4 Buah  | Rp. 48.000           |
| Joy Stick                 | Rp. 100.000  | 1 Buah  | Rp. 100.000          |
| ESP32                     | Rp. 70.000   | 1 Buah  | Rp. 70.000           |
| Arduino Mega 2560         | Rp. 220.000  | 1 Buah  | Rp. 220.000          |
| DC-DC Converter 5 Volt    | Rp. 80.000   | 1 Buah  | Rp. 80.000           |
| Baterai Aki 12 Volt       | Rp. 400.000  | 2 Buah  | Rp. 800.000          |
| Motor DC PG42             | Rp. 700.000  | 2 Buah  | Rp. 1.400.000        |
| Motor DC PG36             | Rp. 500.000  | 2 Buah  | Rp. 1.000.000        |
| Buzzer DC                 | Rp. 10.000   | 1 Buah  | Rp. 10.000           |
| Driver Relay DC           | Rp. 130.000  | 2 Buah  | Rp. 260.000          |
| Pompa Air                 | Rp. 100.000  | 1 Buah  | Rp. 100.000          |
| Selang Air Pneumatic 10mm | Rp. 10.000   | 5 Meter | Rp. 50.000           |
| Steam                     | Rp. 10.000   | 10 Buah | Rp. 100.000          |
| PCB Board                 | Rp. 100.000  | 2 Buah  | Rp. 200.000          |
| Roda (Belt)               | Rp. 300.000  | 2 Buah  | Rp. 600.000          |
| Sikat Pembersih           | Rp. 70.000   | 2 Buah  | Rp. 140.000          |
| Reflector                 | Rp. 100.000  | 1 Buah  | Rp. 100.000          |
| Driver Motor              | Rp. 80.000   | 4 Buah  | Rp. 320.000          |
| Keperluan lainnya         | Rp. 150.000  | 1 Buah  | Rp. 150.000          |
| <b>Total Keseluruhan</b>  |              |         | <b>Rp. 5.963.000</b> |

### 2.2.4.2. Perhitungan Biaya Produksi

Proses yang dilakukan dalam pembuatan robot ini membutuhkan modal sekitar Rp. 5.963.000, dimana modal produksi robot tersebut didasarkan pada keseluruhan komponen yang digunakan untuk menyusun robot ini. Jika dilihat dari sisi keuntungan dan penambahan jumlah produksi, robot ini membutuhkan modal sekitar Rp. 8.000.000, dimana harga tersebut didasarkan pada aspek yang terkait dengan keuntungan serta penambahan jumlah produksi robot untuk kedepannya. Berdasarkan modal tersebut, robot ini dapat diproduksi dalam jumlah yang cukup banyak. Mengingat banyaknya industri yang membutuhkan robot tersebut.

Terkait dengan biaya karyawan / jasa, proses pada pembuatan robot ini melibatkan 4 orang *engineer* dengan masing-masing gaji Rp. 3.500.000 / bulan, dimana proses pengerjaan dari robot ini membutuhkan waktu sekitar 9 bulan, sehingga total biaya dari karyawan / jasa tersebut sekitar Rp. 126.000.000.

### 2.2.4.3. Jadwal Pengerjaan

Tabel 2.8 Jadwal Pengerjaan

| Nama Kegiatan                                     | Bulan Pelaksanaan |          |         |          |       |       |     |      |  | Responden                |
|---|-------------------|----------|---------|----------|-------|-------|-----|------|--|--------------------------|
|   | November          | Desember | Januari | Februari | Maret | April | Mei | Juni |  |                          |
| Penentuan Konsep                                  | ■                 |          |         |          |       |       |     |      |  | Semua Anggota            |
| Penentuan Komponen                                | ■                 |          |         |          |       |       |     |      |  | Semua Anggota            |
| Pengecekan Sensor                                 |                   | ■        | ■       |          |       |       |     |      |  | Akhmad Bhakti Prastyo    |
| Pengecekan Mikrokontrolle                         |                   | ■        | ■       |          |       |       |     |      |  | Akhmad Bhakti Prastyo    |
| Pengecekan Camera                                 |                   | ■        | ■       |          |       |       |     |      |  | Ahmad Faisal Hafid       |
| Pengecekan Komunikasi Mikrokontrolle              |                   | ■        | ■       |          |       |       |     |      |  | Ahmad Faisal Hafid       |
| Pembuatan Desain Skematik Driver Motor dan Layout |                   | ■        | ■       |          |       |       |     |      |  | Alvin Fa'iz Fathurrahman |
| Pembuatan Desain Skematik Driver Motor dan Layout |                   | ■        | ■       |          |       |       |     |      |  | Mohammad Taufiqurrohman  |
| Pembuatan Sistem Base Station                     |                   | ■        | ■       | ■        |       |       |     |      |  | Ahmad Faisal Hafid       |
| Pengecekan Kendali Produk                         |                   | ■        | ■       | ■        |       |       |     |      |  | Akhmad Bhakti Prastyo    |
| Pengecekan Motor                                  |                   |          | ■       | ■        | ■     |       |     |      |  | Alvin Fa'iz Fathurrahman |
| Pengecekan Motor                                  |                   |          | ■       | ■        | ■     |       |     |      |  | Mohammad Taufiqurrohman  |
| Pengecekan Setiap Komponen                        |                   |          | ■       | ■        | ■     | ■     |     |      |  | Semua Anggota            |
| Melakukan Perancangan Produk Secara Keseluruhan   |                   |          |         |          | ■     | ■     |     |      |  | Semua Anggota            |
| Melakukan Pengujian Produk                        |                   |          |         |          |       | ■     | ■   | ■    |  | Semua Anggota            |