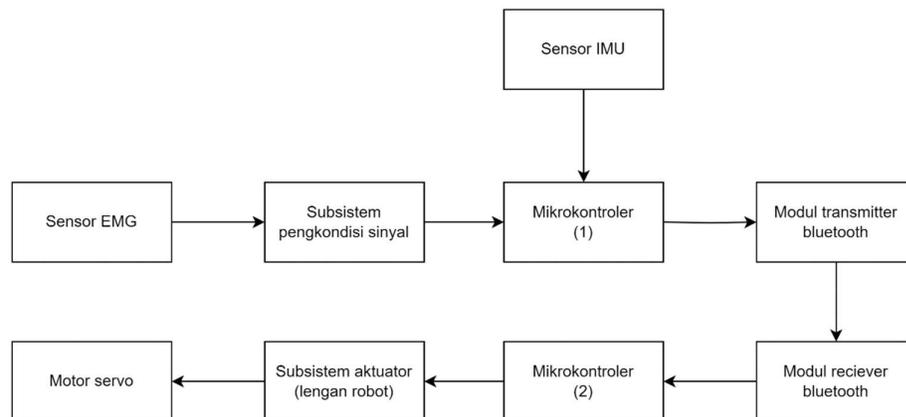


BAB II

KONSEP DESAIN & SPESIFIKASI SISTEM

2.1 Konsep Desain Sistem

Produk *EMG Controlled Assistive Robotic Arm* dirancang untuk membantu pengguna dalam industri, terutama dalam mengangkat dan memindahkan barang. Produk yang dikembangkan ini terdiri dari dua bagian, yakni bagian *elbow sleeve* yang akan digunakan oleh pengguna dan bagian lengan robot yang akan ditempatkan sesuai kebutuhan pengguna. *Elbow sleeve* yang digunakan oleh pengguna dilengkapi dengan sensor IMU, sensor EMG, mikrokontroler, dan modul *bluetooth* untuk membaca dan mengirimkan pergerakan lengan pengguna ke lengan robot. Setelah modul *bluetooth* pada lengan robot menerima data, lengan robot akan bergerak untuk membantu pengguna mengangkat dan memindahkan barang sesuai data yang diterima. Lengan robot ini memiliki tiang penyangga yang membuatnya terlihat seperti lengan manusia. Gambar 2.1 menunjukkan diagram blok sistem produk yang dikembangkan.



Gambar 2.1 Diagram blok produk *EMG Controlled Assistive Robotic Arm*

Berdasarkan Gambar 2.1, *elbow sleeve* yang dikembangkan dipasangkan sensor EMG dan sensor IMU untuk mendeteksi pergerakan pengguna. Sinyal yang keluar dari sensor EMG dan IMU akan diolah pada subsistem pengkondisi sinyal agar dapat mengurangi *noise* yang terbaca. Subsistem pengkondisi sinyal

ini ada yang berupa *hardware* dan juga *software*. Sinyal sensor EMG akan melalui subsistem pengkondisi sinyal secara *hardware* dan *software*, sedangkan sensor IMU akan melalui subsistem pengkondisi sinyal secara *software* saja. Hasil pembacaan sensor EMG dan IMU yang diolah oleh subsistem pengkondisi sinyal secara *software* akan diolah pada mikrokontroler yang sama untuk mengirimkan data kepada subsistem lengan robot. Data yang sudah diolah tersebut dikirimkan ke lengan robot melalui modul *bluetooth* sehingga lengan robot dapat memberikan respons terhadap pergerakan lengan pengguna.

2.2 Spesifikasi Sistem

2.2.1 Subsistem Sensor EMG

Dalam pengembangan *elbow sleeve* ini, terdapat subsistem sensor EMG dimana kepresisian yang ingin dicapai terkait pengulangan dari subsistem dalam mendeteksi adanya gerak fleksi jari-jari dan ekstensi jari-jari, serta otot bisep berkontraksi adalah 8 dari 10 percobaan berhasil. Serta akurasi mencapai 90% dalam mendeteksi adanya pergerakan fleksi jari-jari, ekstensi jari-jari, dan kontraksi otot bisep. Faktor keberhasilan ini ditentukan oleh kekuatan otot berkontraksi, ketika otot pengguna sudah mulai kelelahan kemungkinan error yang terjadi semakin besar. Pada subsistem ini digunakan *instrument amplifier* AD623 untuk mendeteksi perubahan sinyal pada saat otot berkontraksi dan relaksasi. Sinyal tersebut kemudian akan melalui rangkaian filter dengan menggunakan bantuan op-amp LM324 pada rangkaian filter *high-pass*, *low-pass*, *notch filter*, *rectifier*, dan *amplifier*. Seluruh tipe kapasitor yang digunakan pada rangkaian tersebut bertipe kapasitor MKM (*Metallized Polycarbonate Film Capacitor*). Rangkaian filter yang dibuat ini dirancang agar dapat memfilter sinyal di bawah 50 Hz dan di atas 500 Hz. Namun, apabila rangkaian filter dapat meneruskan sinyal pada rentang 1 Hz hingga 1 kHz kecuali sinyal listrik PLN (Perusahaan Listrik Negara) pada 50Hz masih dapat diterima karena rentang tersebut merupakan desain filter yang digunakan pada umumnya untuk

penggunaan *surface electrode* [26]. dan menghasilkan tegangan *output* yang positif berkisar dari 0 V sampai 5 V. Elektroda AgCl berjumlah 5 digunakan untuk mendeteksi pergerakan tangan. Dua elektroda untuk gerakan fleksi dan ekstensi jari-jari, dua elektroda untuk otot bicep, dan 1 elektroda untuk referensi.

2.2.2 Subsistem Sensor IMU

Selain subsistem sensor EMG, terdapat subsistem sensor IMU untuk mendeteksi adanya perpindahan lengan pengguna. Target yang ingin dicapai pada subsistem ini adalah nilai akurasi dan presisi yang mencapai 80% untuk nilai perpindahan maksimum pada 30cm. Nilai tersebut diambil akibat pembacaan nilai akselerometer yang terlalu sensitif dan adanya penambahan percepatan gravitasi. Sensor IMU yang digunakan adalah MPU-6050. Sensor ini merupakan perangkat *MotionTracking 6-axis* terintegrasi yang menggabungkan *gyroscope 3-axis* dan akselerometer *3-axis*. Subsistem ini juga memiliki target agar dapat mengukur derajat putar lengan pengguna pada rentang 0° hingga 180°.

2.2.3 Spesifikasi Sistem Berdasarkan Keandalan dan Perawatan

Berdasarkan subsistem yang telah dibuat, target pengoperasian ideal disesuaikan seperti waktu kerja normal, yakni 8 jam per hari dan 5 hari per minggu. Namun, elektroda EMG hanya boleh digunakan sekali pakai dan harus dibuang setelahnya. Hal ini disebabkan keringat yang dihasilkan selama penggunaan produk dipakai sehingga dapat mengganggu transmisi sinyal EMG. Dengan demikian subsistem ini yang memiliki *Mean Time Before Failure* (MTBF) 7 jam. Nilai *Mean Time to Repair* (MTTR) yang ditargetkan adalah 5 menit untuk setiap penggantian elektroda EMG.

2.2.4 Spesifikasi Sistem Berdasarkan Hambatan

Berikut ini adalah batasan yang menjadi penghalang untuk spesifikasi produk yang dibuat.

1. *Elbow sleeve* tidak dapat digunakan saat di-charge.
2. Pengoperasian dilakukan pada ruangan yang tidak lembab, berair, atau berdebu.
3. Pengoperasian subsistem *elbow sleeve* dilakukan pada satu ruangan yang sama dengan subsistem lengan robot.
4. Elektroda EMG yang digunakan hanya sekali pakai.

2.3 Metode Verifikasi Spesifikasi

Adapun metode verifikasi spesifikasi yang digunakan untuk memastikan subsistem elbow sleeve dapat berjalan sesuai spesifikasi yang ditentukan. Metode verifikasi ini akan dibagi menjadi 4 langkah.

1. Memastikan seluruh komponen yang akan dipasang pada subsistem *elbow sleeve* dapat berfungsi sesuai dengan fungsinya.
2. Pengujian sensor EMG dilakukan bersamaan dengan pengujian rangkaian pengkondisi sinyal EMG. Sinyal yang terbaca harus dapat dibedakan antara fase relaksasi dan kontraksi ototnya, serta frekuensi respon yang dihasilkan harus menyerupai dengan simulasi yang dilakukan. Ketika hal tersebut sudah dapat diwujudkan maka pembacaan sensor EMG dinyatakan berhasil. Pengujian sensor EMG juga dilakukan dengan membuat program sederhana untuk membaca sinyal yang diberikan oleh sensor EMG yang telah diproses oleh rangkaian pengkondisi sinyal EMG pada Arduino Nano. Pengujian ini dilakukan pada kondisi ruangan ber-AC untuk menjaga elektrode tetap menempel pada kulit.
3. Pengujian sensor IMU dilakukan dengan menggerakkan sensor ke setiap sumbu gerakannya dengan jarak ataupun sudut yang sudah ditentukan. Setelah digerakkan, hasil data dibaca di *serial monitor* melalui mikrokontroler Arduino Nano. Setelah hasil bacaan didapatkan, data

akan diperiksa apakah sudah sesuai dengan gerakan yang telah ditentukan. Program sederhana untuk pengujian sensor IMU akan dibuat, kemudian diunggah ke dalam mikrokontroler sehingga hasil pembacaan sensor IMU dapat terlihat.

4. Setelah pengujian pada nomor 1 hingga 3 berhasil dilaksanakan, maka dilakukan pengujian integrasi sistem dengan subsistem lengan robot, yakni mengirimkan data koordinat dan pergerakan otot melalui module bluetooth. Pengujian komunikasi ini dikatakan berhasil apabila subsistem lengan robot telah menerima semua data yang dikirimkan oleh subsistem *elbow sleeve*.

Karena subsistem lengan robot akan digunakan dalam ruangan, pengujian subsistem *elbow sleeve* akan dilaksanakan pada tempat yang tidak lembab, berair, dan berdebu. Hal ini dilakukan karena lengan robot yang akan digunakan berada dalam kondisi ruangan steril untuk kenyamanan dan keselamatan pengoperasian. Selain itu, pengujian dilakukan dalam ruangan dengan cukup pencahayaan (minimal 200 lux). Ini dilakukan karena, menurut Kep-Menkes RI No. 1405/Menkes/SK/XI/2002, intensitas pencahayaan di ruang kerja untuk pekerjaan dengan mesin dan perakitan kasar harus minimal 200 lux.

Adapun banyaknya kondisi tidak ideal yang menjadi toleransi produk ini. Hal tersebut dapat berupa tegangan PLN yang tidak stabil, keringat yang dihasilkan oleh lengan pengguna selama produk digunakan dapat mengganggu pembacaan sinyal EMG, dan *noise* elektromagnetik yang dihasilkan oleh perangkat elektronik di ruang pengoperasian sehingga mengganggu pembacaan sensor.