

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Banyak robot yang telah dikembangkan selama beberapa tahun terakhir untuk membantu pekerjaan sehari-hari manusia, mulai dari robot untuk pekerjaan rumah tangga hingga robot untuk sistem produksi di berbagai jenis industri. Contohnya, robot pembersih [1], lengan robot untuk memindahkan barang [2], dan robot profesor [3]. Contoh-contoh tersebut menunjukkan bahwa robot dapat membantu manusia dalam berbagai bidang.

Robot merupakan bagian penting dari proses produksi dalam industri. Robot berperan penting dalam menciptakan industri yang cerdas dan otomatis di era industri 4.0 dan 5.0 saat ini [4]. Selain itu, penggunaan robot dalam industri meningkat pesat di seluruh dunia [5]. Bahkan di masa depan, manusia dan robot mungkin dapat bekerja sama dan berkolaborasi dalam lingkup pekerjaan yang sama [6]. Hal ini dikarenakan robot dan manusia sama-sama memiliki kelebihan dan keterbatasan masing-masing. Sehingga jika kedua belah pihak berkolaborasi dengan aman, produk yang lebih berkualitas dan akurat dapat dihasilkan dengan lebih cepat [5].

Salah satu tempat di mana robot digunakan adalah di tempat-tempat di mana para penyandang disabilitas dan orang-orang yang bekerja di lingkungan yang berbahaya membutuhkan bantuan. Dalam hal ini, diperlukan sistem antarmuka manusia-robot. Sistem antarmuka tersebut dapat dicapai dengan menggunakan sinyal elektromiogram (EMG). Sinyal ini merupakan sinyal bioelektrik yang dihasilkan oleh sensor EMG [7]. Elektromiografi adalah metode diagnostik yang dapat merekam sinyal bioelektrik yang dihasilkan oleh gerakan otot rangka. Hal ini sering dilakukan sambil menstimulasi motorik dan saraf tepi yang relevan. Pengukuran sinyal ini dapat dilakukan berbasis permukaan pada serat otot tunggal, bagian motorik tunggal, atau seluruh otot. Pemrosesan data dari elektromiografi memungkinkan penggunaan EMG untuk diagnosis gangguan otot dan neuromuskuler, rehabilitasi, dan kontrol prosthesis

ekstremitas [8]. Sinyal EMG mengukur aktivitas elektrokimia yang terkait dengan aktivasi unit motorik otot. Sinyal EMG dapat mendeteksi *bising/noise* yang tidak teratur ketika banyak unit motorik terlibat dalam kontraksi otot. Sehingga diperlukan sistem pemrosesan sinyal, seperti *filtering*, rektifikasi, dan amplifikasi [9]. Rentang frekuensi sinyal EMG bervariasi dari 0,01 Hz hingga 10 kHz, tergantung pada jenis pemeriksaan (invasif atau noninvasif). Dalam rentang frekuensi tersebut, rentang frekuensi dalam kisaran 50 hingga 150 Hz adalah yang paling berguna dan penting dalam pengolahan data sinyal EMG [9]. Teknologi berbasis elektromiogram (EMG) telah dikembangkan untuk memenuhi berbagai tujuan seperti, pengembangan alat untuk menganalisis sinyal EMG pada otot leher [10], pengembangan robot untuk melatih otot lengan berbasis EMG [11], dan pengenalan gerakan tangan bahasa isyarat SIBI berbasis EMG [12].

Dalam menerapkan penggunaan sensor EMG pada lengan tangan, terdapat sejumlah masalah yang harus dihadapi. Masalah pertama adalah *noise* yang dihasilkan oleh sensor EMG dapat mengganggu hasil pembacaan sensor. Untuk mengatasi hal ini, sinyal EMG harus disaring secara *hardware* maupun *software* [13]. Rangkaian filter secara fisik dapat digunakan untuk melakukan filter secara *hardware*, dan filter *software* seperti *multi-kalman* [14], *deep kalman filter network* [15], dan *comb filter* [16] digunakan untuk memproses sinyal EMG di dalam mikrokontroler dengan algoritma tertentu.

Kedua, berdasarkan hasil bacaan sensor EMG, perlu dilakukan klasifikasi gerak otot lengan untuk mengidentifikasi gerakan. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan *software*. Ada sejumlah algoritma yang dapat digunakan untuk melakukan identifikasi gerakan tangan, seperti transformasi gelombang diskrit [17], *machine learning* [18] [19], dan *nonlinear least squares estimation* [9].

EMG banyak digunakan untuk menggerakkan lengan robot. Sensor EMG membaca pergerakan otot lengan, kemudian diproses oleh mikrokontroler, dan akhirnya memberikan output pada lengan robot [7]. Dalam industri, ada banyak jenis robot, termasuk robot kartesian, robot silinder, robot artikulasi, dan robot *Selective Compliance Assembly Robot Arm* (SCARA). Dengan peningkatan

yang dilakukan, robot artikulasi telah banyak digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan jangkauan yang lebih besar, seperti di bidang militer, medis, penanganan material, dan manufaktur. Dengan demikian, lengan robot artikulasi digunakan selama proses pembuatan produk ini [20].

Lengan robot kolaboratif yang menggunakan teknologi nirkabel belum banyak dipelajari hingga saat ini. Salah satu penelitian yang menggunakan teknologi nirkabel adalah penelitian yang dilakukan oleh Universitas Baghdad, Irak. Penelitian tersebut menghasilkan perangkat EMG yang dapat digunakan secara nirkabel melalui *bluetooth* [21]. Namun demikian, penelitian tentang pengendalian lengan robot berbasis EMG dan mikrokontroler telah cukup banyak dilakukan. Pertama, penelitian [6] melakukan penelitian dengan mikrokontroler Arduino UNO, untuk membuat lengan robot yang dapat mengikuti lima jenis gerakan tangan. Kedua, penelitian [22] melakukan penelitian dengan mikrokontroler Arduino Mega, yang membuat lengan robot yang dapat mengikuti tujuh jenis gerakan tangan. Ketiga, penelitian [23] melakukan penelitian dengan laptop yang terhubung langsung dengan lengan robot 2 *Degree of Freedom* (DOF) dan dikontrol melalui software MATLAB. Ke empat, penelitian [19] melakukan penelitian dengan menggunakan machine learning dengan mikrokontroler Raspberry PI 3B+. Terakhir, penelitian [24] melakukan penelitian dengan menggunakan instrumen pengumpulan data EMG 16 kanal, yang datanya diklasifikasi dan diidentifikasi dengan algoritma *Support Vector Machine* (SVM), sehingga memungkinkan lengan robot untuk beroperasi secara teleoperasi melalui sinyal EMG secara *real-time*.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menciptakan sebuah lengan robot kolaboratif berbasis EMG dengan menggunakan teknologi nirkabel (*EMG Controlled Assistive Robotic Arm*). Fokus penelitian ini berada pada subsistem sensor EMG yang dapat mengirimkan data menuju lengan robot dengan menggunakan teknologi nirkabel. Teknologi nirkabel diaplikasikan sebagai bentuk pengembangan lengan robot kolaboratif sehingga ruang pergerakan manusia dan penempatan lengan robot menjadi lebih luas dan fleksibel.

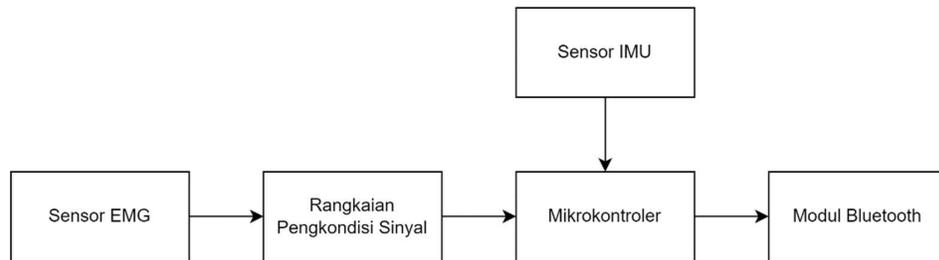
1.2 Identifikasi Masalah

Penelitian ini dilakukan untuk menjawab beberapa permasalahan sebagai berikut.

1. Sinyal EMG memiliki banyak *noise* sehingga perlu dirancang rangkaian pemrosesan sinyal tersebut.
2. Setiap pergerakan yang dilakukan oleh tangan akan menghasilkan pembacaan sinyal EMG, sehingga perlu dilakukan penerjemahan pergerakan tangan pada sinyal EMG.
3. Sistem HRC (*Human Robot Colaborative*) menggunakan kabel membuat pergerakan manusia menjadi terbatas.

1.3 Konsep Sistem

Subsistem *elbow sleeve* untuk menyaring sinyal hasil bacaan sensor EMG dan sensor *Inertial Measurement Unit* (IMU) pada *EMG Controlled Assistive Robotic Arm* digunakan untuk mengurangi *noise* pada sinyal hasil bacaan sensor sehingga mikrokontroler dapat memproses sinyal hasil bacaan sensor EMG dan IMU dengan lebih baik. Mikrokontroler ini nantinya akan mengirimkan data posisi *end effector* ke subsistem lengan robot melalui modul *bluetooth*. Sinyal otot lengan yang diterima oleh sensor EMG akan masuk menuju rangkaian pengkondisi sinyal yang terdiri dari proses filter, rektifikasi, amplifikasi, dan *smoothing*. Sehingga dengan adanya rangkaian pengkondisi sinyal, sinyal EMG yang terbaca dapat menghasilkan hasil sinyal yang minim *noise*. Sinyal EMG yang telah diolah akan diteruskan menuju mikrokontroler untuk diolah menjadi gerakan menjepit/melepas benda dan mendeteksi apakah beban yang diangkat cukup berat. Selain sensor EMG, terdapat sensor IMU yang digunakan untuk memberikan posisi *end effector*. Setelah data dari kedua sensor tersebut diolah, maka mikrokontroler akan mengirimkan data tersebut menuju subsistem lengan robot melalui modul *bluetooth*. Diagram modul subsistem ini dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Diagram modul subsistem *elbow sleeve* pada *EMG Controlled Assistive Robotic Arm*

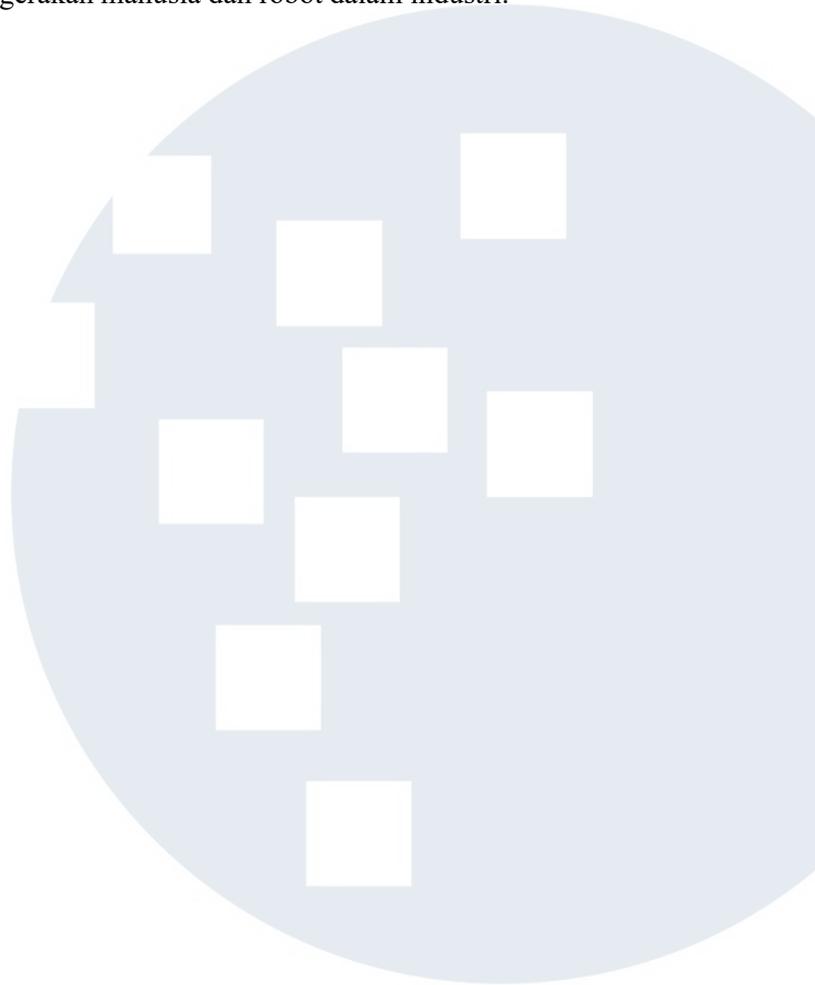
1.4 Batasan Sistem

Dalam pengembangan subsistem *elbow sleeve* pada produk *EMG Controlled Assistive Robotic Arm*, terdapat beberapa batasan yang perlu diperhatikan. Pertama, subsistem ini dapat menerjemahkan kondisi tangan menjepit atau tidak dan pergerakan lengan dengan sensor EMG dan IMU. Kedua, ruang kerja produk ini memiliki dimensi 10 m x 10 m. Sehingga untuk transmisi data digunakan modul *bluetooth* yang sudah dapat mencakup area kerja tersebut. Ketiga, saat operator sedang melakukan pergerakan lengan, operator diam pada posisi saat mulai pergerakan lengan. Keempat, elektroda yang dipakai hanya dapat digunakan sekali pakai. Pembacaan sensor pada *elbow sleeve* menggunakan elektroda AgCl sekali pakai sehingga harus diganti setelah digunakan untuk menjaga pembacaan sensor EMG yang lebih akurat.

1.5 Fungsi dan Manfaat Sistem

Subsistem *elbow sleeve* ini berfungsi untuk mengirimkan data pergerakan lengan manusia kepada lengan robot secara nirkabel. Sehingga dalam pengoperasian lengan robot dapat dilakukan pada ruang kerja yang fleksibel tidak terbatas pada panjang kabel. Sehingga dengan dibuatnya subsistem *elbow sleeve* diharapkan dapat meningkatkan keselamatan pekerja dan mengurangi risiko kecelakaan, terutama dalam membantu pengguna dalam proses mengangkat dan memindahkan barang, secara khusus dalam bidang industri. Produk yang dikembangkan dengan teknologi nirkabel ini juga diharapkan dapat menjadi pendorong bagi masyarakat dan akademisi Indonesia untuk terus

mengembangkan teknologi nirkabel untuk meningkatkan fleksibilitas pergerakan manusia dan robot dalam industri.



UMMI