

Alat Pembaca Gerakan Lengan Menggunakan *Accelerometer* Dan *Gyroscope* Untuk Menggerakkan Robot Lengan

Ahmad Zambarkah S S¹, Nur Sultan Salahuddin², Sri Poernomo Sari³

^{1,2}Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Gunadarma

³Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma

Jl. Margonda 100 Depok, 16424

E-mail : Ahmad.zambarkah@gmail.com¹, sultan@staff.gunadarma.ac.id², sri_ps@staff.gunadarma.ac.id³

Abstrak

Pada zaman sekarang ini, perkembangan teknologi sangat pesat terutama perkembangan robot dan alat-alat yang bersifat otomatis yang memudahkan pekerjaan manusia di berbagai bidang seperti militer, perkantoran, pabrik, medis hingga hiburan. Banyak inovasi di teknologi robot dengan tujuan memudahkan pekerjaan manusia, seperti semakin banyak pemakaian robot-robot lengan dipabrik, rumah sakit, militer, dan lain-lain. Disini penulis membuat alat pengendali lengan robot oleh gerakan alam ilengan manusia yang dimana datanya diperoleh dari pembacaan *accelerometer* dan *gyroscope*. Alat ini terdiri dari alat yang terpasang pada lengan manusia atau user dan alat untuk penggerak servo yang terpasang dilengan robot. Kedua alat ini berkomunikasi menggunakan media bluetooth yang diproses masing-masing oleh arduino pro mini dan arduino nano. Pada akhirnya, diharapkan alat ini dapat menjadi solusi untuk masalah pada pekerjaan manusia yang berbahaya seperti pekerjaan untuk mematikan bom, pencampuran reaksi kimia berbahaya bahkan untuk mengangkat benda-benda yang berat

Kata Kunci : *Accelerometer*, *Gyroscope*, Gesture, Lengan Robot

Pendahuluan

Pada zaman sekarang ini, perkembangan robot-semakin meningkat. Ruang lingkup robotika dibagi menjadi dua area, robot industri dan robot pelayan. Federasi Robot Internasional (IFR) menje laskan robot pelayan sebagai unit robot yang berfungsi semi ataupun full otomatis yang melakukan pekerjaan pelayanan yang berguna untuk kebaikan manusia dan lingkungan, tidak termasuk pada operasi pabrikasi. Pada saat ini, robot banyak berguna di berbagai bidang seperti perkantoran, militer, kesehatan, lingkungan yang berbahaya dan pertanian. Selain itu juga digunakan pada pekerjaan-pekerjaan yang sulit dikerjakan oleh manusia semisal pekerjaan yang berinteraksi dengan senyawa kimia berbahaya, mematikan bom atau kemungkinan terburuk adalah memindahkan bom tersebut ketempat yang lebih aman, dan pekerjaan berbahaya lainnya. Penggunaan robot pada kondisi-kondisi seperti di

atas membuat pergerakan robot perlu dikendalikan oleh seorang operator. Oleh karena itu pada penelitian ini penulis bermaksud membuat alat pengendali lengan robot yang dikendalikan oleh gerakan lengan asli manusia yang dimana data pergerakannya diperoleh melalui pembacaan sensor *Accelerometer* dan *Gyroscope*. Alat ini dapat dipakai di lengan manusia baik lengan atas maupun lengan bawah. Melalui kedua sensor tersebut dapat diperoleh posisi sudut dan kecepatan sudut gerakan lengan manusia yang akan diproses yang kemudian hasil proses tersebut dijadikan masukan bagi actuator pada robot lengan. Sehingga dengan adanya alat kendali robot ini, dapat meminimalisir kecelakaan kerja pada manusia.

Tinjauan Pustaka

MPU-6050 adalah devais pembaca gerakan dengan 6 sumbu axis yang menggabungkan 3-axis

gyroscope, 3-axis *accelerometer* dan Processor Gerakan Digital (DMP). MPU-6050 menyediakan port I2C (Inter-Integrated Circuit) atau TWI (Two Wire Interface) untuk berhubungan dengan main controller. MPU-6050 memiliki 2 buah alamat I2C yang dikmlkana alamat awalnya adalah 0x68, tapi dapat berubah menjadi 0x69 apabila pin AD0 dihubungkan dengan 3.3Volt.

Board MPU-6050 yang dipakai adalah GY-521 yang memiliki ukuran board 2.1 cm x 1.6 cm x 0.3 cm.

Accelerometer adalah sensor yang digunakan untuk mengukur percepatan dinamis dan statis suatu objek. Pengukuran dinamis adalah pengukuran percepatan pada objek bergerak, sedangkan pengukuran stats adalah pengukuran terhadap gravitasi bumi. Nilai pengukuran *Accelerometer* dapat digunakan untuk mengukur sudut kemiringan (tilt).

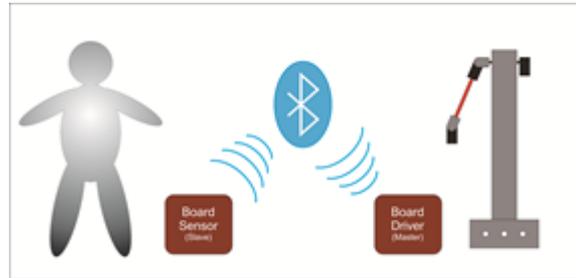
Konsep kerja *Accelerometer* adalah seperti sebuah benda yang berada dalam kubus yang dapat terbuka bagian depannya sehingga bisa melihat kedalam. Apabila kubus itu digerakkan ke kiri dengan gaya sebesar 1G, maka sesuai dengan hukum Newton 2, maka benda yang berada dalam kubus itu akan menumbuk sisi kanan kubus dengan gaya sebesar 1G juga.

Gyroscope adalah roda yang berputar yang dimana sumbu rotasi bebas menganggap semua orientasi oleh dirinya. Saat berputar, orientasi sumbunya tidak terpengaruh oleh putaran pegangannya. Oleh karena inilah dapat dipakai untuk menghitung dan menjaga orientasi. *Gyroscope* merupakan sensor yang sedang naik pemakaiannya dalam kurun waktu 5 tahun ini. *Gyroscope* banyak dikombinasikan dengan *Accelerometer* sebagai sensor orientasi pada smartphone dan drone. Pemakaian *gyroscope* dapat membuat pergerakan orientasi menjadi lebih smooth dibanding hanya menggunakan *Accelerometer* saja.

Perencanaan dan Pembuatan Alat

Pada penelitian ini akan dibuat 2 buah sistem yang saling terintegrasi. Sistem yang pertama adalah sistem alat pembaca gerakan yang dapat dipakai (wearable) oleh user di lengannya, di alat ini sensor *accelerometer* dan *gyroscope* yang tergabung dalam sensor mpu-6050, terpasang. Sistem yang kedua adalah sistem

alat penggerak robot lengan, yang di dalamnya tersedia driver untuk menggerakkan aktuator Dynamixel AX-12 yang dipakai pada robot lengan tersebut. Kedua sistem ini akan dihubungkan melalui media tanpa kabel dengan teknologi bluetooth.



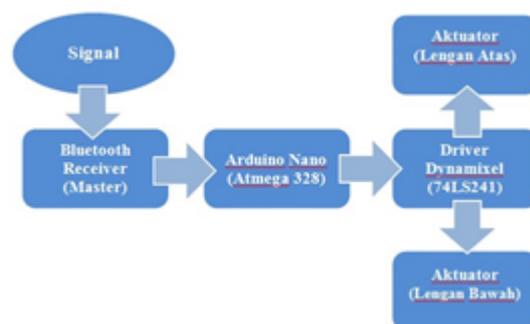
Gambar 1: Gambaran Umum Sistem

Blok Diagram

Pada gambar 1 di atas diketahui bahwa terdapat dua device pada sistem ini. Sistem sensor dan sistem driver robot. Berikut ini adalah masing-masing diagram blok.



Gambar 2: Diagram Blok Sensor Gerakan



Gambar 3: Diagram Blok Kontrol Robot

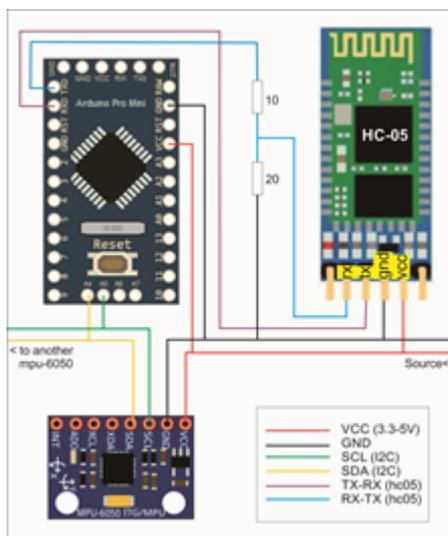
Dapat dilihat pada dua diagram blok diatas komunikasi Bluetooth harus diatur agar salah satunya dalam mode Master sementara yang lain dalam mode Slave

Prinsip Kerja Sistem

Saat alat sensor gerakan diaktifkan, Bluetooth akan menunggu pairing dari Bluetooth pada alat kontrol robot. Setelah kedua Bluetooth pairing, maka arduino promini pada alat sensor gerak dapat mengirim nilai gerakan yang didapat dari nilai pembacaan *accelerometer* dan *gyroscope* pada MPU-6050 pertama yang membaca gerakan lengan atas dan MPU-6050 kedua yang membaca gerakan lengan bawah. Setelah nilai diterima pada arduino nano di alat kontrol robot, maka data dioleh menjadi nilai sudut operasi activator dynamixel AX-12A.

Rancangan Rangkaian Sensor Gerakan dan Kontrol Robot

Pada alat pendeteksi gerakan menggunakan Arduino Pro Mini yang pada pin serial RX terhubung dengan pin TX pada HC-05, dan pin serial TX terhubung ke pin RX pada HC-05 melalui rangkaian pembagi tegangan berupa resistor 10k-ohm dan 20k-ohm disusun seri seperti pada gambar dibawah.

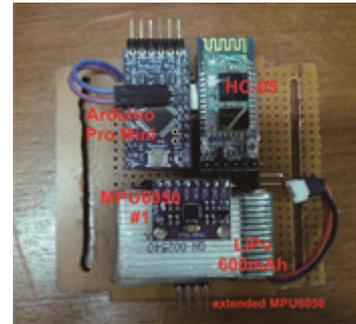


Gambar 4: Rangkaian Sensor Gerakan

Lalu pin A4 Arduino terhubung ke pin SCL pada GY-521 atau MPU-6050 dan pin A5 Arduino terhubung ke pin SDA pada GY-521. Pin

A4 dan A5 diparalel ke pin header male ("tulang ikan") yang akan digunakan untuk MPU-6050 yang akan dipasang di lengan bawah. Untuk catu daya, karena hampir semua komponen aktif di tegangan 3.3Volt, maka cukup menggunakan batere Li-Po 600mAh.

Dari rancangan rangkaian diatas dibuat alat yang sudah jadi seperti gambar 5 dan 6 berikut ini.

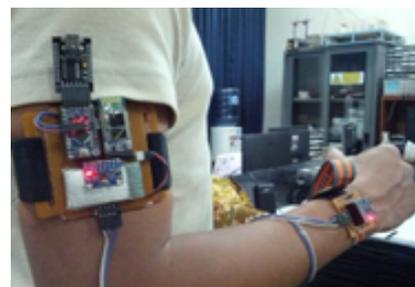


Gambar 5: Alat Pembaca Gerakan Lengan Atas



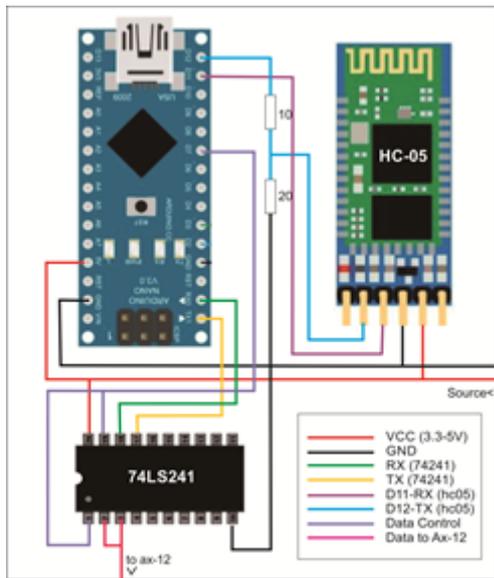
Gambar 6: Alat Pembaca Gerakan Lengan Bawah

Kedua alat ini akan dipakai pada seorang operator seperti berikut ini.



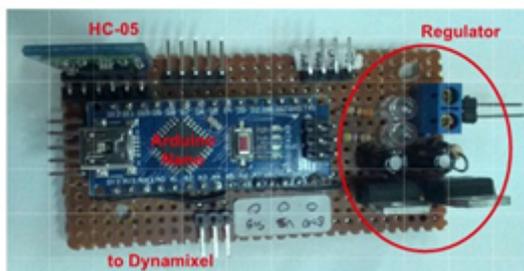
Gambar 7: Pemasangan Alat

Untuk rancangan alat kontrol robot menggunakan Arduino Nano yang pin D11 terhubung dengan pin TX pada HC-05, dan pin serial D12 terhubung ke pin RX pada HC-05 melalui rangkaian pembagi tegangan berupa resistor 10k-ohm dan 20k-ohm disusun seri seperti pada gambar dibawah.



Gambar 8: Rancangan Rangkaian Alat Kontrol Robot

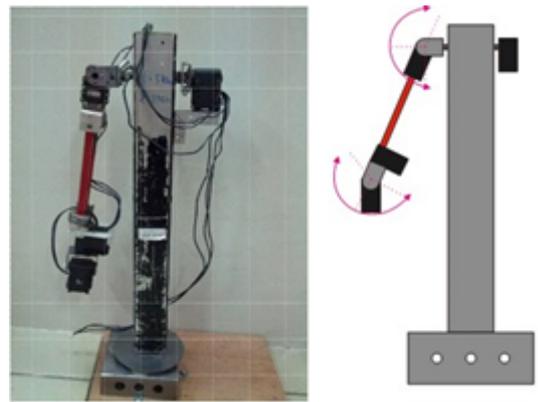
Pin D11 dan D12 ini akan difungsikan sebagai pin serial secara software. Lalu pin Serial Tx Arduino terhubung ke pin 17 pada 74LS241, pin Rx Arduino terhubung ke pin 18 pada 74LS241, pin D7 Arduino terhubung ke pin 1 dan 19 pada 74LS241. Pin 2 dan 3 pada 74LS241 dihubungkan dan di sambungkan ke pin header male untuk dihubungkan ke aktuator Dynamixel AX-12 bersama dengan tegangan 12Volt dan Ground.



Gambar 9: Alat Kontrol Robot

Rancangan Robot

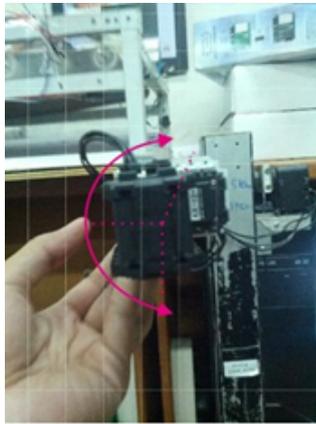
Lengan Robot lengan dirancang seperti lengan manusia yang memiliki lengan atas dan lengan bawah. Pada lengan atas, robot memiliki 2 derajat kebebasan yang diaplikasikan dengan 2 unit aktuator Dynamixel AX-12, sementara pada lengan bawah juga memiliki 2 derajat kebebasan yang juga diaplikasikan dengan 2 unit aktuator AX-12 hanya saja yang satu hanya berputar pada poros.



Gambar 10: Rancangan Robot Tampak Depan



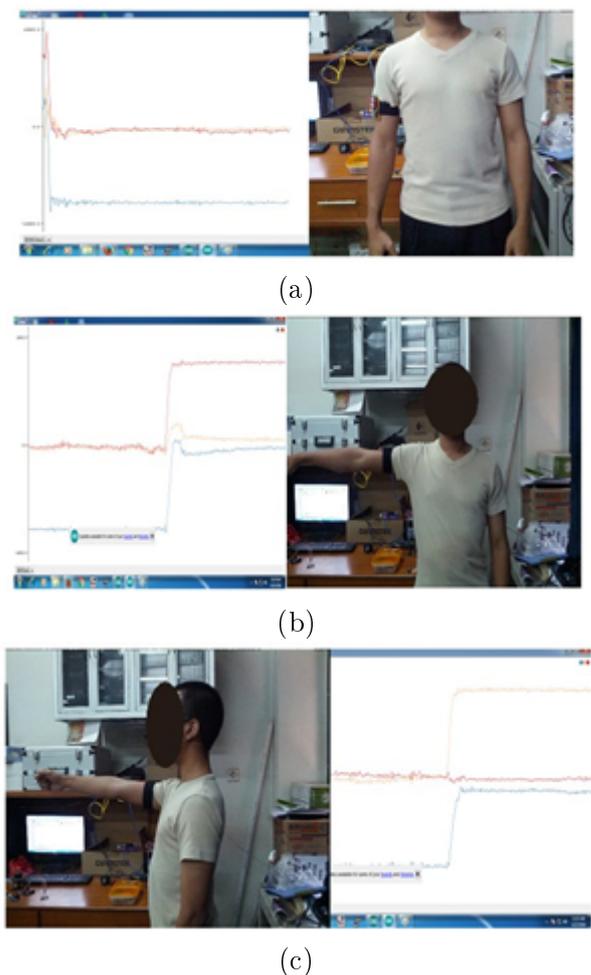
Gambar 11: Rancangan Robot Tampak Samping



Gambar 12: Rancangan Robot Tampak Bawah

Pengujian

Gambar berikut memperlihatkan pengujian yang dilakukan.



Gambar 13: (a) Uji lengan atas posisi menghadap bawah, (b) Uji lengan atas 90° ke samping, (c) Uji lengan atas posisi 90° ke depan.

Berikut ini adalah hasil pembacaan nilai *accelerometer* pada 3 posisi lengan atas dimana garis berwarna kuning adalah nilai pembacaan *accelerometer* pada sumbu-X, garis berwarna merah adalah nilai pembacaan *accelerometer* pada sumbu-Y, dan garis berwarna biru adalah nilai pembacaan *accelerometer* pada sumbu-Z.

Pada gambar 13, pada saat lengan dalam posisi turun ke bawah (a), nilai *Accelerometer* X dan Y berada pada nilai sekitar 0 sementara nilai Z sekitar -8000 LSB/g. Pada gambar saat lengan diangkat 90 derajat ke samping (b), nilai pada sumbu Y naik ke nilai sekitar 8000 LSB/g, nilai sumbu X tidak mengalami banyak perubahan di sekitar 0 dan nilai sumbu Z juga naik ke nilai sekitar 0. Pada gambar saat lengan diangkat 90 derajat ke depan (c), nilai pada sumbu X naik ke nilai sekitar 8000 LSB/g, nilai sumbu Y tidak berubah di sekitar nilai 0 dan nilai sumbu Z naik juga ke sekitar nilai 0. Dari pengambilan data seperti contoh di atas maka didapat tabel nilai.

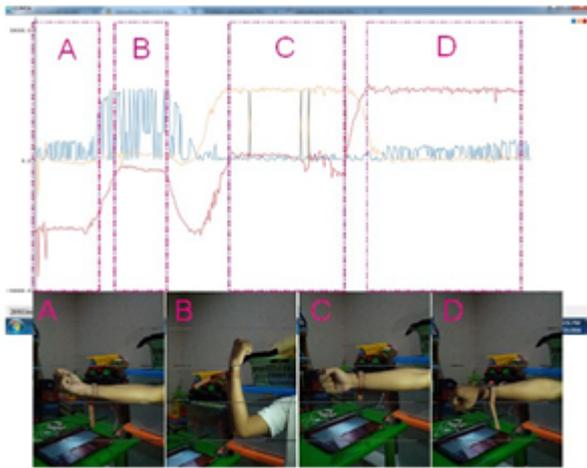
Tabel 1: Nilai *Accelerometer* pada Lengan Atas (dalam satuan 8192/g)

	Ke bawah	90° samping	180° samping	90° depan	180° depan
Accel X	± 0	± 0	± 0	± 8000	± 0
Accel Y	± 0	± 8000	± 0	± 0	± 0
Accel Z	± -8000	± 0	± 8000	± 0	± 8000

Setelah dilakukan pembaca gerakan pada lengan atas, maka pembacaan dilanjutkan pada lengan bawah dan pergelangan tangan. Alat yang berisikan MPU-6050 dipakai pada pergelangan tangan seperti pada pemakaian jam tangan. Percobaan pada lengan bawah dilakukan dengan merubah posisi lengan bawah pada 4 posisi, seperti yang dapat dilihat pada gambar 14.

Berbeda dengan lengan atas yang dapat langsung didapat nilai dari sumbu X dan Y lengan bawah ini lebih rumit karena pada sudut putarnya harus mengolah data dari sumbu X dan Y. Kerumitan yang lain posisi lengan bawah juga tergantung dengan lengan atas

serta ada sendi putarnya. Oleh karenanya untuk lengan bawah ini penulis memberi batasan dengan posisi lengan seperti pada gambar, tapi dengan harapan penulis terus melanjutkan penelitian pada lengan bawah ini.



Gambar 14: Uji Coba Sensor Lengan Bawah.

Dari gambar 14 didapat tabel seperti berikut.

Tabel 2: Nilai *Accelerometer* pada Lengan Bawah, satuan LSB/g (16.384/g)

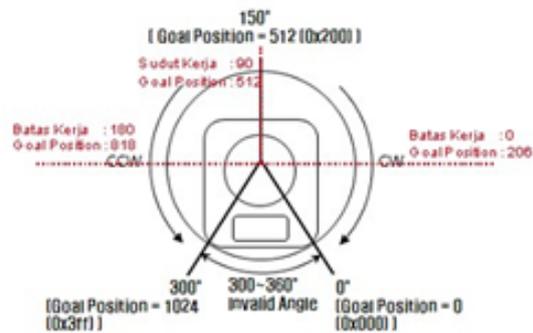
Posisi	Keterangan	Sumbu X	Sumbu Y
A	Tangan lurus menghadap atas	± 0	± -16000
B	Siku ditekuk	± 0	± -2000
C	Tangan lurus menghadap samping	± 16000	± 0
D	Tangan lurus menghadap bawah	± 0	± 16000

Setelah mendapatkan nilai *accelerometer* dari lengan atas dan bawah, nilai-nilai tadi dikonversi ke sudut dari 0 sampai dengan 180. Pada nilai lengan atas yang memiliki skala nilai ±2g antara 8192 s.d. -8192 maka nilai ditambahkan 8192 sehingga jarak nilai baru menjadi 0 sampai dengan 16384. Setelah itu baru dibagi

dengan 16384 agar nilai menjadi 0 sampai dengan 1 dan dikali dengan 180.

$$\text{Nilai konversi} = (\text{nilai_accel} + \text{skala_1g}) / \text{skala_2g} * 180$$

Pada nilai *Accelerometer* pada lengan bawah yang memiliki skala nilai ±2g antara -16384 s.d. 16384, maka skala nilai 1g bernilai 16384, sementara jarak nilai untuk 2g bernilai 32768. Nilai *Gyroscope* yang diperoleh nantinya akan digunakan untuk nilai kecepatan aktuator Dynamixel bergerak. Pada penjelasan sebelumnya diketahui bahwa pembacaan *Accelerometer* memiliki batas sebesar 180 derajat, apabila melebihi 180 derajat maka nilai akan bergerak kembali ke nilai 0. Oleh sebab ini penulis dalam percobaan saat ini membatasi pergerakan robot juga sebesar 180 derajat. Aktuator Dynamixel AX-12 memiliki daerah *Accelerometer* kerja cukup luas yaitu sebesar 300 derajat. Sudut kerja AX-12 dari sudut 0 hingga 180 direpresentasikan dengan nilai 10-bit yaitu dari 0 sampai dengan 1024. Untuk dengan sensor MPU yang operasi kerjanya 180 derajat, maka penulis membatasi daerah kerja AX-12 berjarak 90 derajat dan -90 derajat dari sudut tengah dengan kata lain nilai Goal Position AX-12 bernilai 206 hingga 818 apabila nilai Goal Position tengah (150°) AX-12 bernilai 512.



Gambar 15: Pembatasan Kerja Dynamixel AX-12

Dengan penyesuaian ini maka nilai dari *Accelerometer* diproses dengan rumus:

$$\text{Goal Position AX-12} = ((\text{nilai_accel} + 8192) / 16384 * 512) + 206$$

Goal Position ini yang akan dikirimkan melalui bluetooth oleh alat pembaca gerakan ke alat penggerak, dan pada alat penggerak dijadikan nilai masukan sebagai Goal Position pada AX-12.

Sementara untuk nilai Gyroscope, pembacaan sensor adalah dalam satuan kecepatan sudut (sudut per detik), nilai ini bisa dikonversikan menjadi kecepatan gerak pada aktuator. Pada MPU-6050, *gyroscope* memiliki jarak nilai pembacaan 0 sampai 65.536 yang dimana memiliki skala nilai 131. Nilai kecepatan sudutnya memiliki nilai tertinggi 500. Maka nilai *gyroscope* dapat diproses dengan fungsi:

$$\text{Nilai kecepatan sudut} = \frac{\text{abs}(\text{nilai_gyro})}{\text{skala_sensor}}$$

Dengan rumus nilai kecepatan sudut *gyroscope* diatas, dapat kita konversikan untuk nilai kecepatan aktuator Dynamixel. Pada aktuator Dynamixel, nilai parameter kecepatan bernilai terendah 0 sampai tertinggi 1024. Sehingga dari persamaan nilai kecepatan *gyroscope* diatas dapat dikonversi menjadi rumus untuk kecepatan aktuator Dynamixel:

$$\text{Nilai Dynamixel} = \frac{\text{abs}(\text{nilai_gyro})}{131} / 500 * 1024$$

Saat dilakukan pengujian alat dan diambil sebuah data pengamatan terhadap rancangan alat yang dibuat maka didapat hasil yang bisa diamati bahwa dalam kondisi ini, alat dapat berjalan dengan baik sesuai dengan program yang dibuat. Berikut adalah data pengamatan:

Tabel 3: Tabel Data Pengamatan

Sudut	Servo bawah 1	Servo bawah 2	Servo atas 1	Servo atas 2	Jarak alat ke bluetooth
45 °	bisa	bisa	bisa	bisa	Max 15m
90 °	bisa	bisa	bisa	bisa	Max 15m
135 °	bisa	bisa	bisa	-	Max 15m
180 °	bisa	bisa	bisa	-	Max 15m

Alat penggerak robot lengan menggunakan 4 buah servo untuk menggerakkan lengan pada

robotnya. Setiap servo yang bereaksi terhadap bluetooth dapat bergerak dari 45 hingga 180 derajat untuk putaran sudutnya, namun untuk servo atas 2 bagian lengan atas hanya bisa sampai 90 derajat melebihi dari batas tersebut servo tidak dapat bergerak lagi.

Dalam tabel data pengamatan diatas alasan mengapa lengan servo atas 2 hanya bisa bergerak maksimal hingga ke 90 derajat dikarenakan tidak memiliki torsi yang kuat dan tidak adanya penopang untuk servo, tidak seperti servo lainnya walaupun memiliki tegangan yang sama namun ketiga servo lainnya memiliki topangan agar bisa bergerak maksimal hingga ke 180 derajat.

Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, menunjukkan gerakan yang cukup presisi, mudah dikendalikan dan digunakan. Metode pengendalian lengan robot ini diharapkan menjadi teknologi tepat guna di masa yang akan datang sebagai pengganti manusia pada pekerjaan-pekerjaan yang berbahaya bagi manusia itu sendiri.

Daftar Pustaka

- [1] Jacob Fraden, "Handbook of Modern Sensors", 4th ed., Springer, 2010.
- [2] J.Craig. John, "Introduction to Robotics: Mechanics and Control" ,3rd ed., Pearson Prentice Hall, 2005.
- [3] Richard Blum, "Arduino Programming in 24 Hours", Sams Teach Yourself, 2014.
- [4] TDK InvenSense,"MPU-6050 Six-Axis (Gyro+Accelerometer) MEMS Motion Tracking TM Devices", <https://www.invensense.com/products/motion-tracking/6-axis/mpu-6050/>, 26 Juni 2016
- [5] Anonim, "Robotis e-Manual v1.29.00", http://support.robotis.com/en/product/dynamixel/ax_series/dxl_ax_actuator.htm, 26 Juni 2016.
- [6] Itead Studio," HC-05: Bluetooth to Serial Port Module", http://www.robotshop.com/media/files/pdf/rb-ite-12-bluetooth_hc05.pdf, 26 Juni 2016.