

# SISTEM PEREKAAAN GERAK LENGAN MANUSIA UNTUK KENDALI PERGERAKAN LENGAN ROBOT BERBASIS SENSOR RGB-D KINECT

Syamsiar Kautsar<sup>1)</sup>, Purwadi Agus Darwito<sup>2)</sup>

<sup>1),2)</sup> Teknik Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Kampus ITS, Sukolilo, Surabaya, 62111

Email : [kautsar.sam@gmail.com](mailto:kautsar.sam@gmail.com)<sup>1)</sup>, [pdarwito@gmail.com](mailto:pdarwito@gmail.com)<sup>2)</sup>

## Abstrak

Bahasa tubuh adalah salah satu cara manusia berkomunikasi secara non-verbal. Dengan berkembangnya sistem perangkat lunak, bahasa tubuh dapat digunakan untuk melakukan pengendalian ataupun pertukaran data dengan berbagai macam sistem mekanik. Salah satu cara perekaaan bahasa tubuh manusia adalah menggunakan sensor kamera RGB-D Kinect. Pada penelitian ini, data 3D keluaran dari sensor kamera RGB-D digunakan untuk mengendalikan lengan robot agar dapat bergerak menirukan gerakan natural lengan manusia. Lengan robot terdiri atas 4 derajat kebebasan / degree of freedom (DOF) yang dibuat meniru struktur sendi pada lengan kanan manusia. Sudut kerja tiap servo pada lengan robot didapat dari data koordinat x,y (dalam pixel) dan z (dalam mm) keluaran sensor Kinect yang kemudian diolah menggunakan persamaan trigonometri. Komplementari filter digunakan untuk memperhalus gerakan lengan robot. Dari 10 macam gerakan yang diujikan, didapatkan tingkat keberhasilan lengan robot untuk meniru gerakan lengan manusia sebesar 86%.

**Kata kunci:** Kamera RGB-D Kinect, lengan robot, trigonometri.

## 1. Pendahuluan

Bahasa tubuh adalah salah satu cara manusia berkomunikasi secara non-verbal. Bahasa tubuh dapat berupa: gerakan tangan dan lengan, gerakan tubuh dan sikap, gerakan wajah dan pose, ekspresi wajah, dan tatapan mata. Dengan berkembangnya sistem perangkat lunak, bahasa tubuh dapat digunakan untuk melakukan pengendalian ataupun pertukaran data dengan berbagai macam sistem mekanik [3]. Beberapa penelitian, menggunakan sistem perekaaan gerakan lengan manusia untuk mengendalikan gerakan lengan robot [5][6][10]. Salah satu metode yang digunakan adalah dengan pemrosesan sinyal EMG yang dipasang di beberapa titik pada lengan manusia[2]. Namun, perbedaan sinyal electromyogram akibat kelelahan otot atau perbedaan fungsi kerja otot menjadikan kesulitan tersendiri untuk penggunaan EMG [1].

Pada penelitian ini, ditawarkan sebuah sistem perekaaan gerak lengan manusia untuk mengendalikan gerakan lengan robot menggunakan sensor kamera RGB-

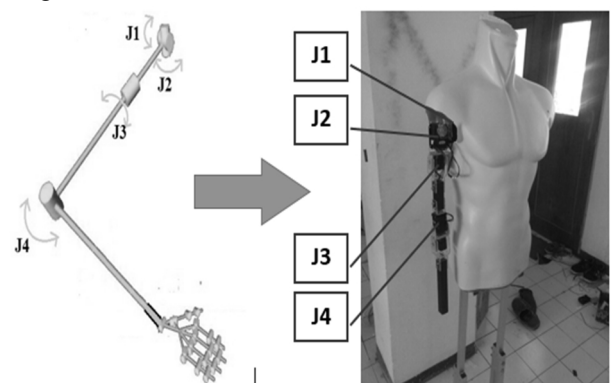
D. Sensor kamera RGB-D Kinect dapat menghasilkan data 3 dimensi dari 20 titik persendian tubuh manusia dengan kecepatan 30 frame perdetik [9]. Selain data keluaran kamera RGB-D tidak terpengaruh oleh faktor kelelahan dan kelainan otot pada lengan manusia, penggunaan sensor kamera RGB-D juga memiliki kelebihan untuk perekaaan gerak karena tidak perlu memasang sensor pada bagian tubuh seperti pada penggunaan EMG[7][8].

Lengan robot yang digunakan pada penelitian ini memiliki 4 derajat kebebasan (DOF) yang masing-masing DOF digerakkan oleh sebuah servo digital. Bentuk dan ukuran lengan robot dibuat mirip dengan bentuk dan ukuran lengan manusia. Data skeleton hasil keluaran dari sensor Kinect diolah sebagai data untuk sudut kerja servo menggunakan persamaan trigonometri. Dengan penggunaan metode ini diharapkan lengan robot dapat bergerak mengikuti gerakan natural dari lengan manusia.

## 2. Pembahasan

### 2.1 Pembuatan Hardware Lengan Robot

Lengan robot yang dibuat terusun atas 4 DOF, menyesuaikan dengan struktur pergerakan sendi pada lengan manusia. Berikut adalah realisasi pembuatan lengan robot:



Gambar 1. Realisasi Hardware Lengan Robot

Pada joint1 (J1) dan joint2 (J2) digunakan servo dynamixel MX-64T. Sedangkan pada joint3 (J3) dan joint4 (J4) digunakan servo dynamixel AX-18A. Pengaturan keempat servo tersebut menggunakan komunikasi serial half duplex. Oleh karena itu, agar

komputer dapat mengakses data. Masing-masing servo diberikan ID sesuai dengan posisi *joint*-nya. ID1 untuk servo dynamixel pada J1, ID2 untuk servo pada J2, ID3 untuk servo J3, dan ID4 untuk servo J4. Berikut adalah koneksi antara komputer dengan keempat servo dynamixel pada lengan robot:

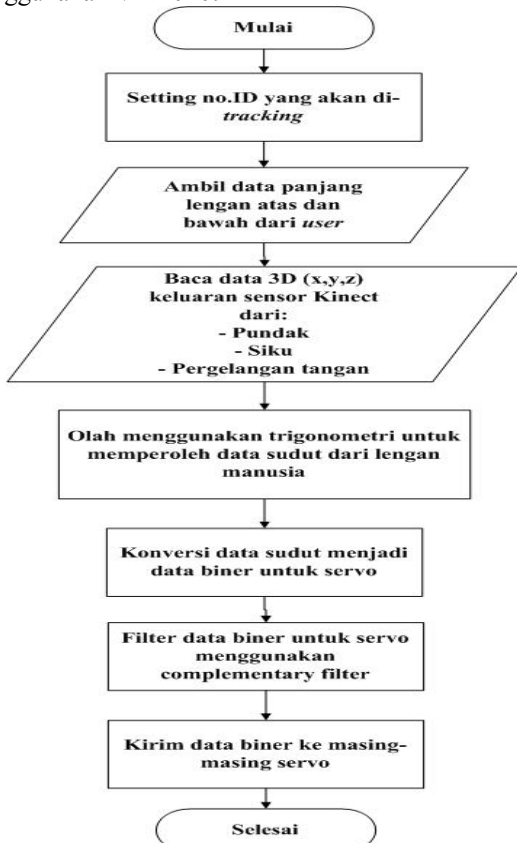


**Gambar 2.** Koneksi Antara Komputer dengan Servo pada Lengan Robot

Karena menggunakan komunikasi serial *half duplex*, maka hanya dibutuhkan 1 kabel untuk pertukaran data antara USB2Dynamixel ↔ servo J1 ↔ servo J2 ↔ servo J3 ↔ servo J4. Untuk sumber tegangan dari servo dynamixel digunakan adaptor dengan spesifikasi keluaran 12 Volt DC 4.5Ampere.

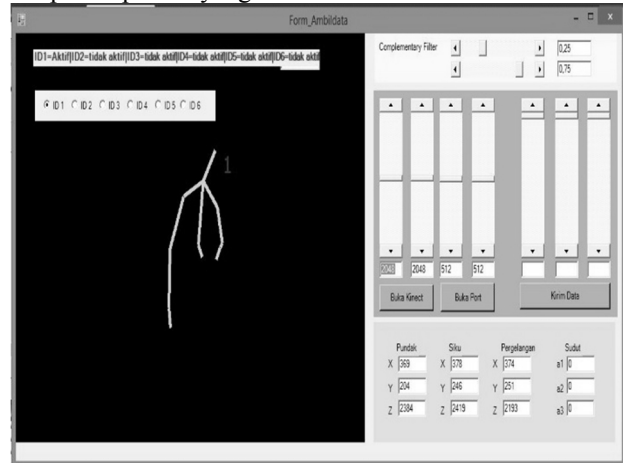
## 2.2 Pembuatan Software

Masukan data untuk sistem ini adalah data 3 dimensi skeleton dari sensor RGB-D kinect. Selanjutnya data tersebut diolah sehingga didapatkan data posisi sudut dari lengan manusia. Data sudut ini selanjutnya dikonversi dalam bentuk data biner dan dikirimkan pada tiap servo. Sudut kerja servo akan berubah mengikuti data yang dikirimkan oleh komputer. Digunakan komplementari filter untuk memperhalus gerakan dari lengan robot. Berikut adalah *flowchart* dari software yang dibuat menggunakan VB 2010:



**Gambar 3.** Flowchart Pemrograman

Agar dapat membaca data dari sensor Kinect menggunakan VB 2010, dibutuhkan komponen tambahan kinect.dll. Untuk mengakses data dynamixel menggunakan VB 2010, roboplus sebagai pabrikan dari servo dynamixel menyediakan komponen dynamixel.dll. Komponen ini memudahkan akses baca dan tulis memori MCU pada tiap servo. Berikut adalah tampilan aplikasi yang telah dibuat:



**Gambar 4.** Tampilan Aplikasi untuk Pengendalian Gerak Lengan Robot

Data x,y,z dari bahu, siku dan pergelangan tangan kanan yang dihasilkan oleh sensor Kinect diolah untuk mendapatkan posisi sudut dari lengan atas dan lengan bawah *user*. Untuk mendapatkan data sudut tersebut, digunakan persamaan:

Sudut1:

- $x1 = \text{elbowright.X} - \text{shoulderright.X}$
- $y1 = \text{elbowright.Y} - \text{shoulderright.Y}$
- $s1 = \text{Atan}(x1 / y1)$
- $s1 = a1 * (180 / 3.14) \dots\dots\dots(1)$

Sudut2:

- $x2 = \text{elbowright.Depth} - \text{shoulderright.Z}$
- $y2 = \text{data\_lenganatas}$
- $s2 = \text{Asin}(x2 / y2)$
- $s2 = a2 * (180 / 3.14) \dots\dots\dots(2)$

Sudut4

- $x4 = \text{wristright.Depth} - \text{elbowright.Depth}$
- $y4 = \text{data\_lenganbawah}$

$$\begin{cases}
 \text{If } \text{wristright.Y} > \text{elbowright.Y} \\
 \quad a4 = \text{Asin}(x4 / y4) \\
 \quad a4 = a4 * (180 / 3.14) \\
 \quad a4 = a4 - a2 \\
 \quad \text{If } a4 < 0 \text{ Then } a4 = 0 \\
 \text{Elseif } \text{wristright.Y} < \text{elbowright.Y} \\
 \quad a4 = \text{Acos}(x4 / y4) \\
 \quad a4 = a4 * (180 / 3.14) \\
 \quad a4 = a4 + (90 - a2) \\
 \text{Else} \\
 \quad a4 = 90 - a2 \dots\dots\dots(3)
 \end{cases}$$

Posisi sudut kerja servo MX-64T menggunakan data 12bit (0-4028 untuk 0°-360°) dan servo AX-18A menggunakan data 10bit (0-1023 untuk 0° -300°). Untuk mengkonversi data sudut lengan manusia menjadi data biner dari servo dynamixel digunakan persamaan:

Data servo J1 dan servo J2  
 Posisi servo = (1024 / 90 \* sudut) + 2048 .....(4)

Untuk servo J3 dan servo J4  
 Posisi servo = (308 / 90 \* sudut) + 512 .....(5)

Karena data yang dihasilkan sensor Kinect mudah berubah-ubah (meskipun user dalam kondisi diam), maka diperlukan filter untuk memperhalus respon dari servo. Filter yang digunakan adalah komplementari filter dengan persamaan:

Posisi servo<sub>n</sub> = (konst\_highpass \* last\_servo<sub>n</sub>) + (konst\_lowpass \* posisi\_servo<sub>n</sub>) .....(6)

**2.3 Pengujian**

Pengujian pertama adalah melakukan pengaturan sudut kerja servo secara manual menggunakan aplikasi yang telah dibuat. Data yang didapat selanjutnya dibandingkan dengan data yang diperoleh dari pengaturan servo secara manual menggunakan aplikasi Dynamixel Wizard. Dynamixel wizard adalah aplikasi buatan Robotis untuk akses baca tulis memori MCU pada servo dynamixel. Hal ini bertujuan untuk untuk mengetahui tingkat keberhasilan program yang telah dibuat. Berikut adalah data hasil pengujian pengaturan servo dengan menggunakan aplikasi yang dibuat menggunakan VB 2010:

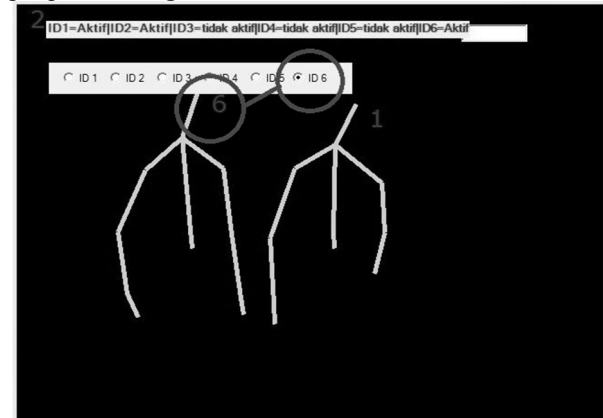
**Tabel 1.** Percobaan Pengendalian Servo secara Manual

No	Servo	Dynamixel Wizard		Aplikasi VB 2010	
		Posisi yang dituju	Posisi yang dibaca	Posisi yang dituju	Posisi yang dibaca
1	MX-64T (J1)	2048	2050	2048	2051
2		2560	2553	2560	2544
3		3072	3060	3072	3063
4	MX-64T (J2)	2048	2051	2048	2051
5		2560	2555	2560	2545
6		3072	3063	3072	3065
7	AX-18A (J3)	512	511	512	511
8		665	664	665	666
9		821	818	821	820
10	AX-18A (J4)	512	512	512	512
11		665	663	665	662
12		821	818	821 </td <td>818</td>	818

Berdasarkan tabel 1, dapat dilihat bahwa aplikasi yang dibuat berfungsi sama seperti aplikasi Dynamixel Wizard. Adapun perbedaan data posisi yang dibaca antara aplikasi VB dengan aplikasi Dynamixel Wizard adalah karena permasalahan *hardware*. Karena resolusi dari servo MX-64T adalah d11.3/derajat dan AX-18A adalah d3.41/derajat, maka selisih antara posisi yang dituju

dengan posisi yang dibaca tidak terlalu mempengaruhi performa robot (hanya mengakibatkan selisih ±1°).

Selanjutnya, dilakukan pengujian untuk algoritma *people tracking*. Jumlah maksimal orang yang dapat dideteksi dalam 1 area kerja Kinect adalah 6 orang. Namun hanya 2 orang yang dapat di-*tracking* seluruh tubuh [4]. Artinya, jika ada 6 orang yang berdiri di area kerja Kinect, maka hanya akan ada 2 skeleton yang dapat ditampilkan. Untuk nomor ID yang di-*tracking* bersifat random. Artinya apabila ada 1 skeleton yang berhasil di-*tracking* saat program dijalankan, nomor ID skeleton tersebut tidak selalu bernomor 1, namun bernilai antara 1-6. Algoritma *people tracking* digunakan agar komputer hanya mengambil data skeleton sesuai dengan nomor ID yang diinputkan. Pada gambar 5 ditunjukkan bahwa terdapat 2 skeleton yang dideteksi pada saat program dijalankan. Skeleton pertama bernomor ID 6, dan skeleton kedua bernomor ID 1. Set point ID ditentukan dengan cara memilih ID pada *tools* radiogroup. Komputer hanya akan mengambil data dari skeleton bernomor ID sesuai dengan nomor *set point* ID. Nomor ID dimunculkan di bagian kepala pada tiap skeleton. Berikut adalah gambar tampilan aplikasi saat terdapat 3 orang yang berdiri di area kerja Kinect dan hasil tabel pengujian untuk algoritma *people tracking*:



**Gambar 5.** Aplikasi Menampilkan Data Skeleton 2 dari 3 orang yang berada di area kerja Kinect

**Tabel 2.** Hasil Pengujian Algoritma *People Tracking*

No	Pengujian	Hasil
1	Pada awal program dijalankan tidak ada orang di area kerja Kinect, selanjutnya 1 orang masuk ke area kerja kinect	1 skeleton muncul dengan nomor ID 4. Setelah set point ID di- <i>set</i> ke ID4, program berhasil mengambil data dari skeleton tersebut.
2	Pada awal program dijalankan ada 1 orang di area kerja Kinect, selanjutnya 1 orang masuk ke area kerja kinect	Skeleton pertama bernomor ID 6. Selanjutnya skeleton kedua berhasil di- <i>track</i> dengan nomor ID 1. Komputer tetap mengambil data 3D dari orang pertama sesuai <i>input set point</i> ID=6.

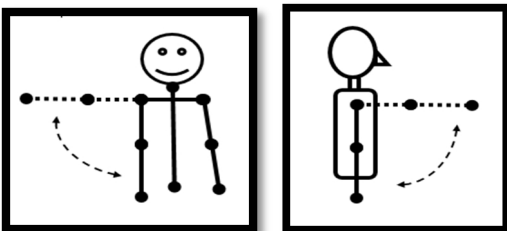
3	Pada awal program dijalankan terdapat 3 orang di area kerja kinect. Hanya 2 skeleton yang dihasilkan. Selanjutnya dilakukan perubahan nomor ID sesuai ID skeleton yang ditampilkan.	Skeleton orang A bernomor ID 2, dan orang B bernomor ID 6. Saat <i>set point</i> ID = 6, maka data yang diambil adalah data orang B, saat <i>set point</i> ID = 2 maka data yang diambil adalah orang A.
---	---	--

Berdasarkan pengujian pada tabel 2, didapatkan hasil bahwa algoritma *people tracking* dapat bekerja dengan tingkat keberhasilan sebesar 100%. Algoritma dapat *men-tracking* objek uji sesuai dengan *set point* ID yang diinputkan, meskipun terdapat objek lain yang masuk ke area kerja sensor Kinect saat program sedang berjalan. Pengujian terakhir dilakukan dengan melakukan beberapa gerakan dan mengamati respon dari lengan robot. Digunakan 5 partisipan dalam pengujian ini. Berikut adalah gambar saat dilakukan pengujian akhir:

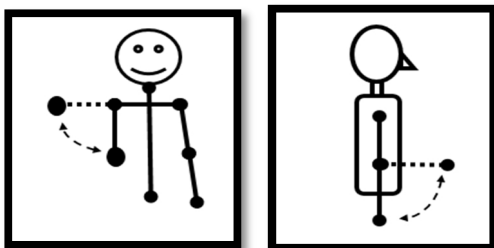


Gambar 6. Pengujian Respon dari Lengan Robot

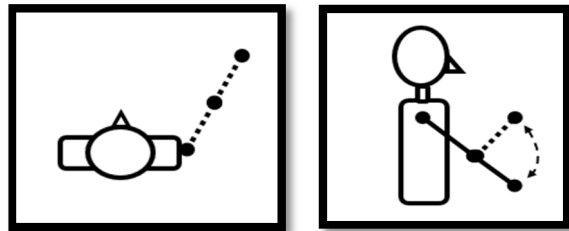
Berikut adalah gerakan-gerakan yang diujikan:



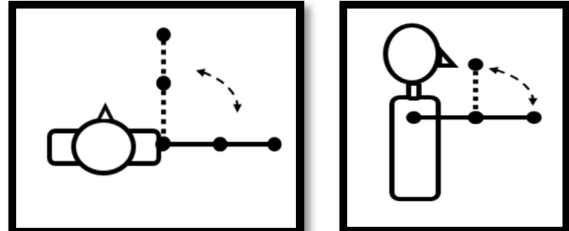
Gambar 7. Gerakan Uji1 (kiri) dan Gerakan Uji2 (kanan)



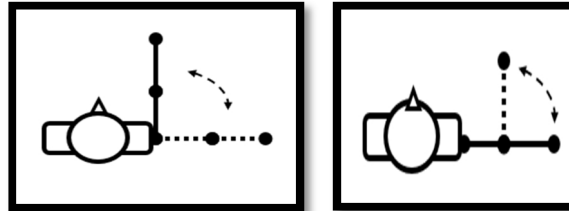
Gambar 8. Gerakan Uji3 (kiri) dan Gerakan Uji4 (kanan)



Gambar 9. Gerakan Uji5 (kiri) dan Gerakan Uji6 (kanan)



Gambar10. Gerakan Uji7 (kiri) dan Gerakan Uji8 (kanan)



Gambar11. Gerakan Uji9(kiri) dan Gerakan Uji10(kanan)

Tabel 3 adalah hasil pengujian respon lengan robot dari 10 gerakan yang diujikan. Tanda "V" mempunyai arti bahwa lengan robot berhasil menirukan gerakan partisipan, sedangkan tanda "X" menandakan bahwa lengan robot tidak berhasil menirukan gerakan lengan partisipan.

Tabel 3. Hasil Pengujian Respon dari Lengan Robot

No	Gerakan	P1	P2	P3	P4	P5
1	1	V	V	V	V	V
2	2	V	V	V	V	V
3	3	V	V	V	V	V
4	4	V	V	V	V	V
5	5	V	V	V	V	V
6	6	V	V	V	V	V
7	7	X	X	X	X	X
8	8	V	V	V	V	V
9	9	V	V	V	V	V
10	10	V	X	V	V	X

Berdasarkan data pada tabel 3, dapat dilihat bahwa seluruh pengujian gerakan 7 mengalami kegagalan. Hal ini diakibatkan karena gerakan uji 7 membuat servo J1 berotasi 90 derajat, sedangkan servo J2 tetap diam. Sehingga mengakibatkan lengan robot hanya berotasi dalam sumbu Y. Untuk gerakan uji 10, terdapat 2 kali kegagalan. Kegagalan terjadi akibat data keluaran Kinect yang berubah-ubah secara cepat pada saat posisi lengan tangan manusia lurus ke depan 90° (seperti posisi saat lencang depan). Ketidaktetapan data keluaran tersebut membuat respon lengan robot menjadi tidak stabil.

### 3. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, sensor kamera RGB-D Kinect dapat menghasilkan data posisi x,y (dalam pixel) dan z (dalam mm) dari persendian manusia dengan maksimal *tracking* sebanyak 2 orang. Pengolahan data 3D pada persendian bahu kanan, siku kanan dan pergelangan tangan kanan menghasilkan data sudut kerja lengan atas dan lengan bawah manusia. Algoritma yang diterapkan pada sistem mempunyai tingkat keberhasilan sebesar 86% (43 kali berhasil dari 50 kali percobaan).

Kegagalan terbanyak adalah saat pengujian gerakan 7 (lihat gambar 10). Pada saat dilakukan pengujian gerakan 7, pergelangan lengan robot tidak berubah posisi karena perubahan sudut servo J1 hanya mengakibatkan lengan robot berotasi pada sumbu Y. Diperlukan algoritma tambahan agar servo J1 dan J2 saling berkoordinasi untuk dapat menirukan gerakan uji 7 dan 9. Penelitian kedepan adalah mengimplimentasikan Jaringan Syaraf Tiruan untuk pergerakan lengan robot. Pengimplementasian JST diharapkan dapat meningkatkan prosentasi keberhasilan lengan robot dalam menirukan gerakan natural lengan manusia.

### Daftar Pustaka

- [1] Artemiadis, Panagiotis K. dan Kyriakopoulos, Kostas J. (2011a), "A Switching Regime Model for the EMG-Based Control of a Robot Arm", IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics – Part B: Cybernetics, Vol. 41, No. 1, hal. 53-63
- [2] Artemiadis, Panagiotis K. dan Kyriakopoulos, Kostas J. (2010b), "EMG-Based Control of a Robot Arm Using Low-Dimensional Embeddings", IEEE Transactions on Robotics, Vol. 26, No. 2, hal. 393-398
- [3] Berman, Sigal dan Stern, Helman (2012), "Sensors for Gesture Recognition Systems", IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics – Part C: Applications and Reviews, Vol. 42, No.3, hal. 277-290
- [4] Chaaraoui, A.A., Padilla-Lopez, J.R., Climent-Perez, Pau dan Florez-Revuelta, Fransisco (2014), "Evolutionary Joint Selection to Improve Human Action Recognition with RGB-D devices", Expert Systems with Applications, Vol. 41, hal. 786-794
- [5] Kofman, Jonathan, Wu, Xianghai, Luu, T.J., dan Verma, Siddharth (2005), "Teleoperation of a Robot Manipulator using a Vision-Based Human-Robot Interface", IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 52, No. 5, hal. 1206-1219
- [6] Megalingam, R.K., Saboo, Nihil, Ajithkuar, Nitin, Unny, Sreeram dan Menon, Deepansh, "Kinect Based Gesture Controlled Robotic Arm: A research work at HuT Labs", IEEE International Conference in MOOC, Innovation and Technology in Education (MITE), hal. 294-299
- [7] Ren, Zhou, Yuan, Junsong, Meng, Jingjing dan Zhang, Zhengyou (2013), "Robust Part-Based Hand Gesture Recognition Using Kinect Sensor", IEEE Transactions on Multimedia, Vol. 15, No. 5, hal. 1110-1120
- [8] Shum, H.P.H, Ho, E.S.L., Jiang, Yang dan Takagi, Shu (2013), "Real-Time Posture Reconstruction for Microsoft Kinect", IEEE Transactions on Cybernetics, Vol. 43, No. 5, hal. 1357-1369
- [9] Tashev, Ivan (2013), "Kinect Development Kit: A Toolkit for Gesture-and Speech-Based Human-Machine Interaction", IEEE Signal Processing Magazine, hal. 129-131

- [10] Zanchettin, A.M., Bascetta, Luca dan Rocco, Paolo (2013), "Achieving Humanlike Motion, Resolving Redundancy for Anthropomorphic Industrial Manipulators", IEEE Robotics & Automation Magazine, hal. 131-138

### Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Republik Indonesia yang telah memberikan beasiswa *fresh graduate* kepada penulis sehingga dapat mengikuti program pasca sarjana di Teknik Fisika ITS.

### Biodata Penulis

**Syamsiar Kautsar**, memperoleh gelar Sarjana Sains Terapan (S.ST.), Program Studi Teknik Otomasi (Manufaktur) Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, lulus tahun 2013. Saat ini menjadi asisten Laboratorium Kontrol di PPNS dan sedang menempuh Program Pasca Sarjana Magister Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

**Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito., Msc.**, memperoleh gelar Doktor (Dr.) program doktor jurusan teknik elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Saat ini adalah dosen dan kepala program studi D3 metrologi dan instrumentasi Jurusan Teknik Fisika Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

