

PERANCANGAN GESTURE RECOGNITION DENGAN ANIMASI MENGGUNAKAN UNITY 3D DAN KINECT UNTUK KENDALI PERANGKAT ELEKTRONIKA

¹M. Iqbal Arfiansyah, ²Diana Rahmawati, ³ Achmad Fiqhi Ibadillah

^{1,2,3} Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Trunojoyo Madura, Madura

¹arfiansyahiqbal@gmail.com, ²diana.rahmawati@trunojoyo.ac.id, ³fiqhi.achmad@gmail.com

Abstrak - Gerakan tubuh adalah salah satu cara komunikasi dalam kehidupan sehari-hari. Menurut para ahli, 70% komunikasi manusia dilakukan dengan gesture atau gerakan.

Dengan perkembangan teknologi saat ini, gerakan tidak hanya digunakan untuk komunikasi secara non-verbal, namun sudah dikembangkan menjadi berbagai jenis teknologi baru seperti Game berbasis Virtual Reality dan media pembelajaran.

pengenalan gerakan bertujuan untuk sistem kendali elektronika dengan menggunakan sensor depth kinect dan skeleton tracking yang terdapat pada mesin Unity3D. Proses tersebut dimulai dengan pendeteksian skeleton dari user melalui kinect. Selanjutnya diolah oleh mesin Unity3D kemudian diklasifikasi menggunakan Hidden Markov Model. Setelah proses klasifikasi berhasil, selanjutnya hasil gerakan diintegrasikan dengan mikrokontroler arduino dan relay untuk proses indikasi output berupa mati dan hidup perangkat elektronika/ lampu. Dari percobaan yang dilakukan, metode HMM sangat membantu proses identifikasi gerakan dengan akurasi sebesar 95.31%, sedangkan pengaruh kinect terhadap intensitas cahaya sebesar 83.79 %, dan pengaruh kondisi penghalang mendapat akurasi sebesar 97.22% terakhir adalah kondisi fisik user sebesar 98%.

Kata Kunci: Integrasi, Kinect, Unity3D, HMM, Mikrokontroler

Abstraks - Body movement is one way of communication in everyday life. According to experts, 70% of human communication is done with a gesture or movement.

With the development of today's technology, the movement is not only used for non-verbal communication, but has been developed into different types of new technologies such as Virtual Reality and Game-based learning media.

In this research, Gesture Recognition aimed at using the electronic control system of sensor depth and kinect skeleton tracking the Unity3D engine. The process begins with the detection of skeleton from the user by the kinect. Next, it will be processed by Unity3D engine then classified using Hidden Markov models. When the process is successful, the subsequent classification of gesture results will be integrated with arduino and microcontroller relay output indication for the process which showed by turn off or turn on of electronics / lights. From experiments conducted, methods of HMM very helpful to identify process of gesture with the accuracy of 95.31%, while the influence of kinect against a light intensity of 83.79%, and

influence the condition of barrier got the accuracy of 97.22% last is the physical condition of the user of 98%

Keywords- Integration, Kinect, Unity3D, HMM, Microcontroller

I. PENDAHULUAN

Gerakan tubuh adalah salah satu cara komunikasi yang dilakukan jika bentuk komunikasi lisan tidak dapat digunakan. Dalam melakukan komunikasi dengan gerakan tubuh, harus ada kesepakatan antara satu dengan yang lain supaya gerakan sinkron. Menurut para ahli, 70% komunikasi dilakukan dengan gesture atau gerakan. Maka dari itu, pengenalan gesture sangat penting dalam manusia berkomunikasi.

Dengan perkembangan teknologi yang sangat pesat, gerakan tidak hanya dikembangkan untuk alat komunikasi non-verbal namun para pengembang mengembangkan gerakan menjadi sebuah alat kontrol yang mampu memudahkan pekerjaan manusia. Diantaranya dengan membuat inovasi menggunakan gesture recognition untuk sistem kendali. Gesture recognition adalah suatu sistem yang memungkinkan komputer untuk dapat menginterpretasi gesture gerakan dari manusia. biasanya, gesture berasal dari gerakan badan atau sentuhan jari. Setelah gesture dapat dibaca, komputer akan menginterpretasinya menjadi sinyal input yang dapat digunakan sebagai tanda terjadinya suatu kejadian tertentu dalam komputer.[1]

Dalam penelitian ini, pengenalan gesture dilakukan dengan kamera kinect dari microsoft, yang diolah oleh mesin unity3D dengan menggunakan metode (HMM) Hidden Markov Model. Sistem pengenalan gerakan direpresentasikan dengan gerakan-gerakan dasar seperti hand up right, hand up left, kick right, kick left, punch right, punch left, jump, clap. kemudian setelah proses klasifikasi dengan HMM kemudian proses dilanjutkan dengan menghubungkan unity3D dengan arduino untuk perintah kendali elektronika dalam hal ini lampu relay, sehingga tidak hanya untuk pengenalan gerakan saja, namun gerakan yang terdeteksi akan ditampilkan output berupa sistem kendali elektronika.

II. METODE PENELITIAN

A. Gesture

Kamus Webster mendefinisikan gesture sebagai “ ... gerakan biasa dari tubuh atau anggota badan yang mengekspresikan atau menekankan sebuah ide, sentimen atau sikap”. Definisi ini berhubungan langsung dengan aspek komunikasi dengan pergerakan tangan dan tubuh manusia. Dalam review interpretasi visual dari hand gesture untuk HCI (Human Computer Interaction) Pavlović et al, 1997, suatu kondisi pada komputer pengontrol sebuah lingkungan dapat menggunakan tangan manusia untuk melakukan tugas yang meniru penggunaan tangan baik sebagai manipulator atau sebagai komunikasi manusia terhadap mesin. Dia menjelaskan hal ini dalam bagian penggunaan gesture baik sebagai manipulasi maupun komunikasi pada gesture taxonomy.

B. Microsoft Kinect

Microsoft Kinect awalnya dikembangkan sebagai perangkat peripheral yang digunakan untuk konsol video game XBOX 360. Terdapat tiga buah sensor yaitu RGB, audio dan depth, sehingga dapat mendeteksi gerakan untuk mengidentifikasi wajah maupun suara dari pengguna dan memungkinkan pemain untuk bermain game dengan menggunakan tubuh mereka sebagai controller. Berbeda dengan perkembangan sebelumnya untuk kontrol berbasis isyarat atau gerakan, dimana tidak dibutuhkan penggunaan aksesoris agar perangkat dapat melacak pengguna. Meskipun awalnya bertujuan untuk game, Microsoft Kinect membuka pintu untuk sejumlah aplikasi yang berguna pada bidang Computer Vision seperti Action Recognition, Gesture Recognition, Virtual Reality, dan Robotika. [12]



Gambar 1 Perangkat kinect [13]

C. Arduino Uno

arduino uno adalah papan mikrokontroler dengan ATmega328 (datasheet). memiliki 14 pin input-output dimana 6 pin merupakan PWM output, 6 input analog osilator 16 MHz Koneksi USB, data jack, ICSP header dan tombol reset. semua digunakan untuk mendukung sistem kerja mikrokontroler, cukup dengan menghubungkan arduino dengan komputer menggunakan kabel usb atau sumber daya dengan sebuah adaptor AC ke DC atau baterai untuk memulai.[22]

D. Relay

Dalam dunia elektronika, relay dikenal sebagai komponen yang dapat mengimplementasikan logika switching. Sebelum tahun 70an, relay merupakan “otak” dari rangkaian pengendali. Baru setelah itu muncul PLC yang mulai

menggantikan posisi relay. Relay yang paling sederhana ialah relay elektromekanis yang memberikan pergerakan mekanis saat mendapatkan energi listrik.[15]

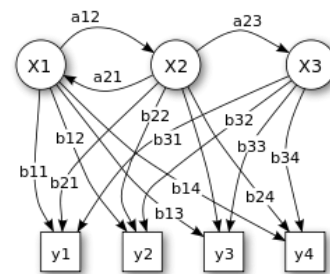
E. Hidden Markov Model

Hidden Markov Model (HMM) adalah model Markov statistik dimana sistem yang dimodelkan diasumsikan sebagai proses Markov dengan status yang tidak diketahui (hidden). HMM dapat ditampilkan sebagai jaringan Bayesian dinamis sederhana. Matematika dibalik HMM dikembangkan oleh L.E. Baum dan rekan kerjanya. [16]

Parameter Distribusi

HMM didefinisikan sebagai kumpulan lima parameter (N, M, A, B, dan π). Jika dianggap $\lambda = (A, B, \pi)$ maka HMM mempunyai parameter tertentu N dan M. Ciri-ciri HMM adalah sebagai berikut :

1. Observasi diketahui tetapi urutan keadaan (state) tidak diketahui sehingga disebut hidden.
 2. Observasi adalah fungsi probabilitas keadaan
 3. Perpindahan keadaan adalah dalam bentuk probabilitas.
- Representasi dari parameter-parameter yang ada pada Hidden Markov Model dapat dilihat pada Gambar



Gambar 2. Representasi parameter HMM (19)

Untuk parameter-parameter distribusi dari HMM adalah sebagai berikut :

1. Probabilitas Transisi

Distribusi probabilitas transisi antar state (A) dimana $A = \{a_{ij}\}$ menyatakan distribusi probabilitas transisi dari state ke-i menuju state ke-j.

$$A = \{a_{ij}\}, a_{ij} = \Pr(X_{t+1} = q_j | X_t = q_i) \leq j, i \leq N \quad (1)$$

2. Probabilitas Observasi

Distribusi probabilitas simbol pengamatan (B) dimana $B = \{b_{jm}\}$ adalah distribusi probabilitas simbol observasi v_m jika proses berada pada state ke-j, yang dinyatakan dalam matrik $B_{N \times M}$.

$$B = \{b_{jm}\}, b_j(O_t) = \Pr(O_t = v_m | O_t = s_j) \text{ dimana } 1 \leq j \leq N, 1 \leq m \leq N \quad (2)$$

3. Distribusi Keadaan Awal

Distribusi probabilitas peluang state awal (π) dimana $\pi = \{\pi_i\}$ menyatakan distribusi probabilitas inisialisasi pada state ke-i.

$$\pi = \{\pi_i\}, \pi_i(k) = \Pr(X_0 = q_i) \quad (3)$$

Sedangkan untuk parameter-parameter tertentu dari HMM ada dua yaitu N dan M.

1. Banyaknya state dalam model (N) Dinotasikan himpunan terbatas untuk keadaan yang mungkin adalah $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_N\}$.
2. Banyaknya simbol pengamatan yang berbeda pada setiap state (M). Simbol pengamatan berhubungan dengan keluaran fisik dari sistem yang dimodelkan. Dinotasikan himpunan terbatas untuk observasi yang mungkin adalah $V = \{V_1, V_2, \dots, V_M\}$.

a) Tiga masalah yang dapat dipecahkan dengan metode HMM

Ada tiga permasalahan khusus yang dapat diselesaikan oleh metode Hidden Markov Model, diantaranya adalah :

a. Evaluation (evaluasi)

Akan dicari $P(O|\lambda)$ atau peluang dari barisan observasi $O = \{O_1 = V_{m1}, O_2 = V_{m2}, \dots, O_T = V_{mT}\}$ jika diberikan HMM; $\lambda = (A, B, \pi)$. Peluang ini dapat ditentukan secara induksi dengan menggunakan algoritma forward. Definisikan variable forward $\alpha_t(i)$:

$$O = \{O_1 = V_{m1}, O_2 = V_{m2}, \dots, O_T = V_{mT}\} \quad (4)$$

yaitu peluang barisan observasi O_1, O_2, \dots, O_t dan *state si* pada waktu *t* jika diberikan λ . Secara induktif $P(O|\lambda)$ dapat dihitung sebagai berikut.

1) Inisialisasi

$$\alpha_1(i) = \pi_i b_i(O_1), 1 \leq i \leq N \quad (5)$$

2) Induksi

$$\alpha_{t+1}(j) = [\sum_{i=1}^N \alpha_t(i) a_{ij}] b_j(O_{t+1}), 1 \leq t \leq T-1, 1 \leq j \leq N \quad (6)$$

3) Akhir

$$P(O|\lambda) = \sum_{i=1}^N \alpha_T(i) \quad (7)$$

b. Decoding (penarikan kesimpulan)

Akan dicari barisan *state* yang optimal $Q^* = \{Q^*_1, Q^*_2, \dots, Q^*_T\}$ jika diberikan barisan $O = O_1, O_2, \dots, O_t$ dan model $\lambda = (A, B, \pi)$. Barisan *state* terbaik yang akan ditentukan yaitu berupa lintasan tunggal yang terhubung dari $t = 1, 2, \dots, T$.

Untuk menyelesaikan decoding problem ini digunakan algoritma viterbi. Dalam algoritma viterbi digunakan dua variabel bantu, yaitu :

$$1. \delta_t(i) = \max_{1 \leq s \leq N} (Q_1 = S_{i1}, \dots, Q_t = S_i, O_1 = v_{m1}, \dots, O_t = v_{mt}|\lambda) \quad (8)$$

dengan induksi diperoleh :

$$\delta_t(i) = \max_{1 \leq s \leq N} (Q_1 = S_{i1}, \dots, Q_t = S_i, O_1 = v_{m1}, \dots, O_t = v_{mt}|\lambda) \quad (9)$$

$$2. \psi_t(i) = \arg \max_{Q_1, Q_2, \dots, Q_{t-1}} P(Q_1 = S_{i1}, \dots, Q_t = S_i, O_1 = v_{m1}, \dots, O_t = v_{mt}|\lambda) \quad (10)$$

c. Learning (pembelajaran)

Untuk menyelesaikan permasalahan learning, digunakan algoritma *Baum-Welch*. Algoritma ini secara umum berfungsi untuk menentukan nilai harapan dan maksimalisasi. Algoritma ini mempunyai dua langkah dalam penyelesaian masalah, yaitu :

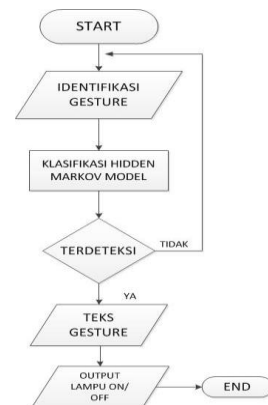
1. Menghitung nilai probabilitas *forward* dan *backward* untuk setiap statemen.
2. Menentukan frekuensi dari pasangan transisi dan emisi dan membaginya dengan nilai probabilitas semua observasi.

Jika diberikan sebuah HMM, dan barisan $O = O_1, O_2, \dots, O_T$ dan bagaimana mengatur parameter model $\lambda = (A, B, \pi)$ agar $P(O|\lambda)$ maksimum. Untuk menyelesaikan masalah ini digunakan algoritma Baum-Welch. Dalam algoritma Baum-Welch didefinisikan empat variabel yaitu : variabel forward, variabel backward, variabel $\xi_t(i,j)$, dan variabel $\gamma_t(i)$. Variabel forward

dan variabel backward akan digunakan dalam perhitungan variabel $\xi_t(i,j)$, dan variabel $\gamma_t(i)$. [10]

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Proses Klasifikasi HMM



Gambar 3. Flowchart klasifikasi *gesture*

Pada Gambar 3 dapat didefinisikan alur dari sistem yang di bangun dalam aplikasi ini sebagai berikut:

1. Kamera kinect merekam *gesture* yang telah di program berupa 8 gerakan berbeda.
2. Identifikasi *gesture* bertujuan untuk melakukan proses segmentasi dan tracking *gesture*.
3. Setelah *gesture* yang di inginkan terdeteksi maka metode HMM melakukan klasifikasi probabilitas dari *gesture* yang tadi terdeteksi, jika *gesture* sala maka program kembali ke identifikasi *gesture*, jika *gesture* telah berhasil diklasifikasikan maka lanjut ke proses selanjutnya.

4. Setelah gesture terdeteksi benar, maka sistem didalam aplikasi akan menampilkan teks gerakan
5. Bersamaan dengan teks gerakan, secara otomatis elektronika mengasilkan perintah output berupa kondisi lampu menyala dan mati.

B. Hasil Pengujian



Gambar 4. User terdeteksi

Jika user telah terdeteksi secara keseluruhan oleh Kinect maka dengan otomatis keluar pernyataan “User terdeteksi, ready dalam 5 detik” sebagai kalibrasi dengan menghitung mundur selama 5 detik menunggu *gesture* siap menerima inputan dari user.

Tabel 2 Fungsi Masing-masing Gesture

No	Nama Gesture	Hasil Identifikasi Gesture	Indikator Lampu
1	Angkat tangan kanan		
2	Tendang kanan		
3	Pukul Kanan		

4	Tepuk		
5	Angkat tangan kiri		
6	Tendang Kiri		
7	Pukul Kiri		

C. Pengujian Fungsional sistem

Pengujian fungsional sistem digunakan untuk mengetahui seberapa akurat pengenalan gerakan yang dilakukan user untuk mengetahui prediksi yang terjadi.

Berikut ini merupakan tabel pengujian performansi metode hidden markov model pada pengenalan gerakan pada 20 percobaan.

Tabel 3 Data Uji Coba performansi Metode HMM

Pengujian	Hasil	
	Sesuai	Tidak Sesuai
ATK	20	0
ATKI	20	0
TK	17	3
TKI	18	2
PKA	18	2
PKI	19	1
T	18	2
LO	15	5
jumlah	145	15

Keterangan :

- UD : Deteksi User
- LO : Lompat
- T : Tepuk

- PKI : Pukul Kiri
- PKA : Pukul Kanan
- ATK : Angkat Tangan Kanan
- ATKI : Angkat Tangan Kiri
- TK : Tendang Kanan
- TKI : Tendang Kiri

Dari pengujian fungsional sistem yang digunakan untuk menguji klasifikasi Hidden markov model didapatkan bahwa untuk kesalahan yang didapatkan adalah 15 kali dari 160 percobaan untuk 20 pengguna / *user*. Dengan nilai akurasi sebesar 95.31% . kesalahan terjadi akibat gesture dari sistem yang dibuat tidak sesuai dengan gerakan user yang di proses oleh kinect dan Unity3D

Tabel 4 Data uji coba 1 (Tempat Pengujian)

No	Kon.	U D	Deteksi <i>Gesture</i>								Total
			A T K	A T K I	P K A	P K I	T	L	T K	T K I	
1	A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	B	2	2	2	2	2	2	2	2	2	18
3	C	2	2	2	2	2	2	2	2	2	18
4	D	2	2	2	2	2	2	2	2	2	18
5	E	2	2	2	2	2	2	2	2	2	18
6	F	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Tabel 5 Prosentase hasil uji coba 1

No	Kon.	Total	Prosentase
1	A	0	0 %
2	B	18	100 %
3	C	18	100 %
4	D	18	100 %
5	E	18	100 %
6	F	1	5.5 %

Dari data hasil uji coba 1 dapat dihitung prosentase yang ditunjukkan pada tabel 5 Hasil prosentase menunjukkan bahwa kondisi B, C dan D memiliki nilai prosentase yang tinggi yaitu 100%. Sedangkan kondisi A, E dan F memiliki nilai prosentase yang paling rendah. Maka dapat disimpulkan bahwa pengendalian perangkat elektronika dengan sensor *Kinect xbox 360* akan mendeteksi dengan baik jika di lakukan dengan cahaya sedang sampai terang.

Tabel 6 Data uji coba 2 (Kondisi Responden 1)

No	Kon.	U D	Deteksi <i>Gesture</i>								Total
			A T K	A T K I	P K A	P K I	T	L	T K	T K I	
1	Rok Panjang	2	2	2	2	2	2	2	1	1	16
2	Celana Panjang	2	2	2	2	2	2	2	2	2	18

Tabel 7 Prosentase uji coba 2

No.	Kon.	Total	Prosentase
1	Rok Panjang	16	88%
2	Celana Panjang	18	100%

Hasil prosentase pada tabel 7 menunjukkan bahwa dengan memakai rok panjang berarti juga menghalangi joint skeleton yang ada di kaki sehingga sulit untuk terdeteksi.

No	Kon.	U D	Deteksi <i>Gesture</i>								Total
			A T K	A T K I	PK A	PK I	T	L	T K	T K I	
1	Pendek	2	2	2	2	2	2	1	2	2	17
2	Sedang	2	2	2	2	2	2	2	2	2	18
3	Tinggi	2	2	2	2	2	2	2	2	2	18

Tabel 8 Data uji coba 3 (Kondisi Responden 2)

Tabel 8 merupakan data hasil uji coba ketiga. Uji coba dilakukan pada *user* dengan tinggi badan 145cm (Pendek), *user* dengan tinggi badan 160cm (Sedang) dan *user* dengan tinggi badan 175cm (Tinggi). Pengujian dilakukan untuk mengetahui *user* yang pendek atau tinggi apakah berpengaruh dalam pendeteksian *gesture*.

Hasilnya nilai akurasi sebesar 98%, dalam hal ini *user* harus menyesuaikan jarak dengan kamera agar dapat terdeteksi

dengan baik. Pengujian dilakukan pada tempat dan kondisi yang baik menurut uji coba pertama yaitu dilakukan di dalam ruangan dengan cahaya yang terang.

D. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian perancangan gesture recognition untuk kendali perangkat elektronika yang telah diuji dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Teknologi pengenalan gerakan bekerja dengan menggunakan depth sensor pada kinect dan *skeletal tracking* yang tersedia di Unity3D. Proses tersebut dimulai dengan pendeteksian skeleton dari pengguna melalui kinect yang diolah oleh unity3D, dan gerakan tersebut disesuaikan dengan perintah pengenalan gerakan yang diinginkan. Integrasi antara *Unity3D*, *Kinect* dan *Arduino* dapat dilakukan dengan baik saat diuji coba
2. Pada pengujian ini bahwa metode *hidden markov model* dapat dengan baik diterapkan pada pengenalan gerakan. dengan didapatkan nilai presisi 90.63% akurasi 95.31% dan error adalah 4.69%
3. Pengujian selanjutnya intensitas cahaya terhadap kamera kinect, dari percobaan ini dihasilkan nilai akurasi 83,79%, dan error 16,2%.
4. Dengan penghalang, percobaan ini menghasilkan nilai akurasi 97,22% dan error 2,78%. Kesimpulannya adalah bahwa *skeleton* bagian kaki terhalangi rok sehingga sulit untuk mendeteksi *joint*. Pada pengujian terakhir prosentase user pendek sedang dan tinggi yaitu mendapat akurasi 98%, harus menyesuaikan jarak antara user dengan kinect.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Prasetyo, Muhammad EB. 2011. "Teori Dasar Hidden Markov Model". Jurnal STEI. ITB. Bandung
- [2] Sukoco. 2011. Teknologi Motion Capture Untuk Pembuatan Film Animasi 3D. <http://ejournal.unsa.ac.id/index.php/ijcss/issue/view/8>.
- [3] Lang, simon. 2011. Sign Language Recognition with Kinect. Freie Universität Berlin. Jerman.
- [4] Chieh-Fu Hsieh et al. 2014. Modeling and analyzing biomolecular networks. <http://ieeexplore.ieee.org/document/976434/?reload=true>. IEEE Xplore Document.
- [5] Xderhan. 2014. Belajar unity game engine. <http://www.sederhanagulo.com/belajar-unity3d-game-engine.html>. Indonesia. Diakses pada 18 desember 2017
- [6] Putri, megarani. 2015. *Skeletonisasi Citra Pembentukan Rangka Tubuh Manusia Dengan MATLAB 7.12. teknologi industri. Universitas gunadarma. Jakarta.*
- [7] Romy rom. 2015. <http://belajar-unity3d.blogspot.co.id/2015/06/fungsi-fungsi-dari-menu-bar-dan-tab-tab.html>. Diakses pada 18 desember 2017
- [8] Sinauarduino.2016. mengenal arduino software. <http://www.sinauarduino.com/artikel/mengenal-arduino-software-ide/>. Diakses pada 18 desember 2017
- [9] Ridho N. 2016. " Perancangan Aplikasi Gesture Recognition dengan Metode Hidden Markov Model Menggunakan Depth Sensor". UIB. Batam
- [10] Ying,yin. 2014. " [Real-Time Continuous Gesture Recognition for Natural Human-Computer Interaction](#)" IEEE. USA
- [11] Capilla, Daniel Martinez. (2012). Sign Language Translator using
- [12] Microsoft Kinect XBOX 360™. University of Tennessee, Knoxville: USA.
- [13] Robot,globe. 2015. Kinect 3D Camera can also be used in Bright Sunlight for outdoor Applications. <http://robotglobe.org/now-kinect-3d-camera-can-also-be-used-in-bright-sunlight-for-outdoor-applications/>. Dikses pada 13 maret 2018.
- [14] SuyatnoAndhy, Primayudha. 2012. PROTOTYPE PERANGKAT DETECTOR KEBOCORAN GAS LPG BERBASIS ARDUINO (ATMEGA 328).UBN. Jakarta
- [15] Wicaksono,handy. "Catatan Kuliah 'automasi 1'". Universitas Kristen Petra. Surabaya
- [16] L.E. Baum, J.A. Eagon. 1967 An inequality with applications to statistical estimation for probabilistic functions of Markov processes and to a model for ecology. Bull. Amer. Math. Soc., 73 (1967), pp. 360-363
- [17] Rabiner, L. R. & Juang, B. H. (1986). *An Introduction to Hidden Markov*
- [18] *Model*. IEEE ASSP Magazine 0740-7467/86/0100-0004\$01.00©1986 IEEE.
- [19] Przemyslaw Dymarski, 2011 "[Hidden Markov Models, Theory and Applications](#)". ISBN 978-953-307-208-1, Published: April 19, 2011 under [CC BY-NC-SA 3.0 license](#)
- [20] Prasetyo, M. Eko Budi. (2011). *Teori Dasar Hidden Markov Model*. Makalah Statistika ITB Bandung. method for obtaining critical clearing time for transient stability," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 25, no. 3, pp. 1620–1626, 2010.
- [21] Karakter kinect , <https://assetstore.unity.com/packages/tools/kinect-with-ms-sdk-7747>. Diakses pada 12 oktober 2017
- [22] Rahmawati,Diana dkk. 2015. "Design and Simulation of Mini Garden Fuzzy Microirrigation System" jurnal ICVEE.UTM. Bangkalan.