

Sistem Perancangan dan Pengendalian Antropomorfik Tangan Robot menggunakan Sensor Kamera

Anthropomorphic Robotic Arm Design and Control System using Camera Sensor

Jana Utama, Abdul Barry Husein

Universitas Komputer Indonesia

Jl. Dipati ukur No 112, Bandung

Email : jana.utama@email.unikom.ac.id

Abstrak

Dalam penelitian ini memaparkan tentang perancangan dan pengendalian antropomorfik tangan robot berbasis kamera. Tangan robot akan dikontrol dengan kamera menggunakan fitur pada histogram, yaitu *mean value*. Sistem logika *Fuzzy* akan digunakan karena *mean value* yang terbaca tidak linier karena faktor cahaya latar dan jarak tangan pada kamera. Gerakan tangan robot dibatasi dengan dua pergerakan, yaitu menggenggam dan membuka. Tangan robot ini akan dikendalikan secara serial dengan program berbasis LabVIEW. Tangan robot ini dirancang memiliki lima jari yang digerakan oleh motorservo. Masing-masing jari memiliki tiga sendi seperti jari pada manusia, kecuali jari jempol yang hanya memiliki dua sendi. Motorservo ini dikendalikan dengan menggunakan teknik PWM. Berdasarkan hasil pengujian tangan robot ini mampu bergerak mengikuti gerakan tangan manusia dengan baik dengan dua cahaya latar yang berbeda, yaitu redup dan terang. Pada saat cahaya latar redup, *mean value* yang terbaca sekitar 15.2 sd 20.4, dan pada saat cahaya latar terang, *mean value* yang terbaca sekitar 41 sd 61.4. Pengujian jarak yang berbeda antara tangan dengan kamera juga dilakukan. Berdasarkan hasil pengujian, tangan robot ini dapat dikontrol dari jarak 25cm (jarak minimum tangan dapat tertangkap kamera secara penuh) sampai dengan jarak 60cm, saat jarak tangan dengan kamera lebih dari 60cm, tangan robot ini tidak akan dapat dikontrol. Tangan robot ini juga mampu menggenggam benda-benda kecil dan sedang dengan ukuran diameter sekitar 0.5cm-6.0cm, seperti obeng kecil, pulpen dan penyedot timah dengan baik, tetapi kurang baik untuk menggenggam benda-benda yang besar dengan ukuran diameter lebih dari 6cm, seperti botol dan gelas.

Kata kunci : Antropomorfik tangan robot, desain mekatronik tangan robot, kamera, sistem logika *fuzzy*

Abstract

In this research will describes about robotic hand anthropomorphic design and control based on the camera. This robotic hand will follow human hand movement with histogram feature, i.e. mean value. Fuzzy logic system is used here because non-linier value. Non-linier value is caused by light intensity and human hand distance with a camera. The movement of robotic hand is limited with just two movements, i.e. flexion and extension. This robotic hand will controlled serially based LabVIEW. This robotic hand is designed with five fingers that moved with servomotor. Each finger has three joints like a human finger, except a thumb which has only two joints. These servo motor will controlled with pulse width modulation (PWM) technique. Based on the testing result, this robotic hand could move following human hand movement with two different light intensity background, i.e. dim backlight and bright backlight. In dim backlight, mean value that read is 15.2 to 20.4, and in bright backlight, mean value that read is 41 to 61.4. The distance testing is also did here. Based on the testing result, this robotic hand could be controlled in 25 cm (minimum distance human hand could be full seen in the camera) to 60 cm, if distance between human hand and camera is more than 60 cm, this robotic hand could not be controlled. This robotic hand also could grip small and medium things finely with 0.5 cm - 6 cm diameter size, like screwdriver, pen and attractor, but not good enough to grip big things with diameter size more than 6 cm, like bottle and cup.

Keywords: *Anthropomorphic robotic hand, mechatronics design of robotic hand, camera, fuzzy logic system.*

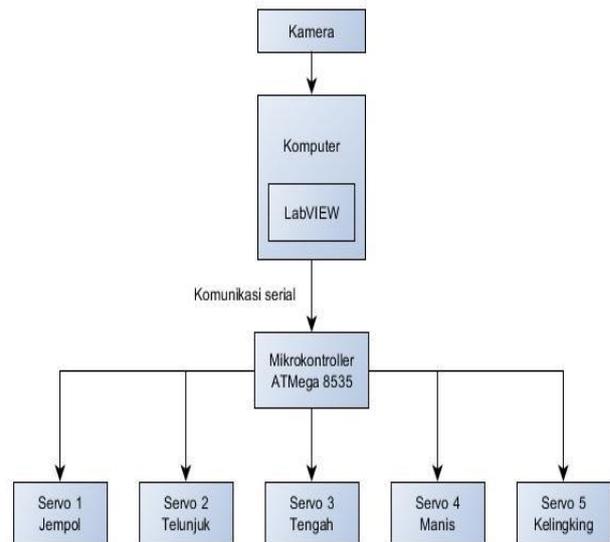
I. PENDAHULUAN

Banyak bentuk desain antropomorfik tangan robot yang sudah ada akhir-akhir ini, dan masih banyak yang tertarik untuk melakukan perkembangan tentang desain antropomorfik tangan robot ini. Alasan utamanya adalah karena bentuk tangan manusia yang kompleks dengan banyaknya tulang, otot, dan sendi, sehingga sulit untuk melakukan pembuatan antropomorfik tangan robot dengan sangat baik [1]. Desain antropomorfik tangan robot di dalam penelitian ini sendiri semaksimal mungkin dibuat untuk melakukan pergerakan jari-jari robot seperti jari-jari manusia pada umumnya, yaitu menggenggam (*flexion*), membuka (*extension*) dan menggerakkan masing-masing jari, walaupun tidak bisa melakukan aktivitas tangan seperti merenggangkan dan merapatkan jari-jari (*abduction/adduction*). Pembuatan antropomorfik tangan robot ini juga menggantikan otot dengan sebuah benang untuk menggerakkan masing-masing jari tangan robot. Tangan robot ini digerakan dengan masing-masing servo, dengan masing-masing jari memiliki 3 sendi seperti tangan manusia. Untuk menggerakkan servo ini digunakan teknik *pulse width modulation* (PWM). Pengontrolan gerakan jari-jari tangan robot ini dilakukan oleh sebuah *mikrokontroler*. Pengontrolan tangan robot ini akan mengikuti gerakan tangan manusia yang terdeteksi oleh sebuah kamera.

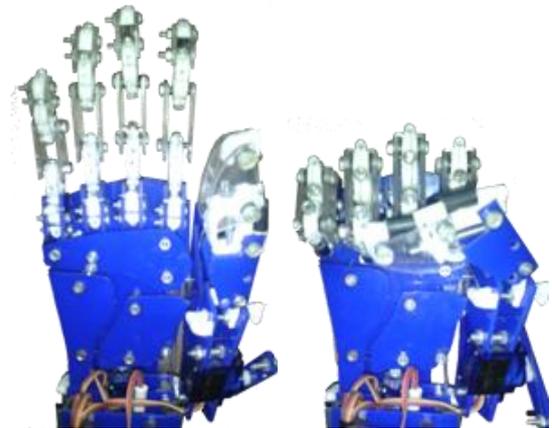
II. PERANCANGAN SISTEM

A. Perancangan Perangkat Keras dan Desain Tangan Robot

Blok diagram perangkat keras yang dirancang terdiri dari sensor kamera, komputer/laptop, mikrokontroler dan 5 buah motor servo, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 1**. Sedangkan pembuatan mekanik tangan robot itu sendiri dibuat dengan desain yang ditunjukkan pada **Gambar 2**. Adapun prinsip pergerakan jari-jarinya adalah jari-jari tersebut ditarik dengan sebuah benang nilon yang disambungkan ke motor servo. Masing-masing jari pada tangan robot dibuat memiliki 3 sendi pergerakan, sedangkan pada jari jempol hanya memiliki 2 sendi pergerakan.



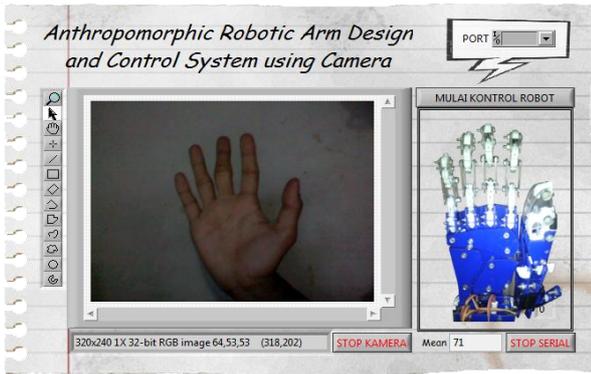
Gambar 1. Blok diagram perangkat keras yang akan dirancang



Gambar 2. Desain tangan robot yang dibuat

B. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak berikut menggunakan *program* berbasis labVIEW untuk mengendalikan gerakan tangan robot ini. *Program* yang telah dibuat akan mengontrol pergerakan tangan robot seperti membelok (*flexion*) dan membuka (*extension*) dengan mengikuti gerakan tangan manusia yang terekam oleh kamera. Pada **Gambar 3** di bawah adalah tampilan *program* yang telah dibuat.



Gambar 3. Program utama untuk mengontrol pergerakan tangan robot

C. Fitur Histogram

Histogram memiliki beberapa fitur yang digunakan sebagai *input*/masukan untuk proses logika *Fuzzy* selanjutnya. Berikut adalah beberapa fitur histogram.

Mean Value atau nilai rata-rata dari histogram.

$$Mean = \frac{\sum X}{n} \quad (1)$$

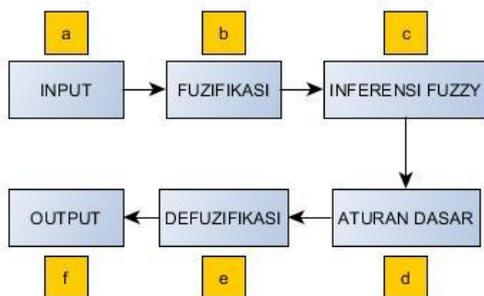
Standar Deviasi atau simpangan baku atau rata-rata jarak penyimpangan nilai-nilai data histogram diukur dari nilai rata-rata data histogram tersebut.

$$s = \sqrt{\frac{\sum(X-Mean)^2}{n-1}} \quad (2)$$

- Dengan: mean = rata-rata
- s = standard deviasi
- x = nilai-nilai data
- n = jumlah data

D. Sistem Logika Fuzzy

Mean value atau nilai standar deviasi yang sudah didapat kemudian dijadikan sebagai *input*/masukan untuk proses logika *Fuzzy* [8]. Berikut adalah blok diagram dari sistem logika *Fuzzy*.



Gambar 4. Blok Diagram Sistem Logika *Fuzzy*

- INPUT – nilai *mean* atau standar deviasi histogram.
- FUZIFIKASI – membangun fungsi keanggotaan dari *input*. Metode yang digunakan adalah *trapezoidal* yang memiliki empat parameter a, b, c dan d.

$$f(x; a, b, c, d) = \begin{cases} 0 & \text{for } x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & \text{for } a \leq x < b \\ 1 & \text{for } b \leq x < c \\ \frac{d-x}{d-c} & \text{for } c \leq x < d \\ 0 & \text{for } d \leq x \end{cases}$$

Gambar 5. Parameter-parameter pada kurva *trapezoidal*

- INFERENSI FUZZY – membentuk derajat keanggotaan dari nilai fuzifikasi.

$$\mu = \max \left(\min \left(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c} \right), 0 \right) \quad (3)$$

- ATURAN DASAR – aturan yang digunakan adalah jika nilai *mean* atau standar deviasi besar maka gerakan tangan robot terbuka/fleksi dan jika nilai *mean* atau standar deviasi kecil maka gerakan tangan robot tertutup/ekstensi. Nilai fleksi adalah 100 % dan nilai ekstensi adalah 0 %.
- DEFUZIFIKASI – nilai fuzifikasi yang sudah didapat diubah menjadi nilai tegas. Nilai ini didapat dengan mengalikan keluaran *Fuzzy* dengan nilai fleksi, yaitu 100 %.
- OUTPUT – nilai *output* akan di-*threshold* untuk menentukan pergerakan tangan robot yang akan dilakukan. Nilai *threshold* yang digunakan adalah 0,5.

III. PENGUJIAN DAN ANALISIS

Berikut adalah hasil percobaan untuk pergerakan tangan robot mengikuti gerakan tangan manusia yang terekam oleh kamera. *Supply* yang digunakan untuk tangan robot adalah adapter dengan spesifikasi *output* 9V dengan arus ~ 0.6A. Kamera yang digunakan adalah kamera webcam 1.2Megapixel bawaan dari *netbook* BenQ Joybook Lite U101P dengan resolusi gambar

320x240pixel dan 32bit RGB. Pengujian pertama ini dilakukan dengan dua cahaya latar yang berbeda, yaitu cahaya latar redup dan cahaya latar terang. Pengujian pertama ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh apa yang dihasilkan jika cahaya latar untuk kamera diubah. Hasil pengujian ini dilakukan dengan pengambilan data sampel sebanyak lima sampel untuk setiap cahaya latar dan gerakan tangan yang berbeda. Jarak tangan dengan kamera yang digunakan adalah 25cm. Hasil pengujian ini ditunjukkan pada **Tabel 1**, **Tabel 2** dan **Tabel 3** sebagai berikut.

Tabel 1. Data *sample mean value* pada cahaya latar terang dengan jarak 25cm antara tangan dengan kamera

Gerakan	Mean Value	Gerakan	Mean Value
Ekstensi	60	Fleksi	40
	60		40
	61		42
	61		41
	60		42
Rata-rata= 60.4		Rata-rata= 41	

Tabel 2. Data *sample mean value* pada cahaya latar redup dengan jarak 25cm antara tangan dengan kamera

Gerakan	Mean Value	Gerakan	Mean Value
Ekstensi	20	Fleksi	15
	21		15
	20		16
	20		14
	21		16
Rata-rata= 20.4		Rata-rata= 15.2	

Tabel 3. Hasil pengujian pergerakan tangan robot berbasis kamera dengan jarak 25cm antara tangan dengan kamera

Cahaya Latar	Gerakan Tangan Manusia	Rata-rata Mean Value	Hasil Pergerakan Tangan Robot
Terang	Ekstensi	60.4	Ekstensi
Terang	Fleksi	41	Fleksi
Redup	Ekstensi	20.4	Ekstensi
Redup	Fleksi	15.2	Fleksi

Pada pengujian pertama, ternyata cahaya latar tidak mempengaruhi hasil pergerakan tangan

robot, tetapi mempengaruhi hasil rata-rata *mean value* yang diambil. Pada pengujian kedua, pengaruh jarak juga akan diuji, jarak tangan manusia dengan kamera akan diubah-ubah. Jarak pertama yang akan digunakan adalah jarak minimum tangan manusia dapat terekam secara penuh oleh kamera, yaitu 25 cm. Sedangkan cahaya latar yang akan digunakan untuk pengujian kedua ini adalah cahaya latar terang. Parameter yang akan diuji pada pengujian kedua ini adalah *range mean value*, artinya *mean value* yang didapat antara gerakan fleksi dan gerakan ekstensi yang terekam oleh kamera. Pada **Tabel 4** berikut adalah hasil pengujian dengan jarak yang berbeda-beda.

Tabel 4. Hasil pengujian jarak tangan manusia dengan kamera dan cahaya latar terang

Jarak	Range Mean Value	Hasil Pergerakan Tangan Robot
25 cm	40-69	Bergerak
30 cm	48-69	Bergerak
40 cm	42-50	Bergerak
50 cm	38-42	Bergerak
60 cm	37-40	Tidak Bergerak
70 cm	39-40	Tidak Bergerak

Pada percobaan ketiga, tangan robot diuji untuk mengetahui kemampuannya menggenggam benda dengan ukuran yang berbeda. Sampel benda yang diambil berjumlah lima buah sampel. Masing-masing jari dari tangan robot ini digerakan oleh motorservo DC dengan spesifikasi sebagai berikut.

Torsi 1.6kg/cm @6.0V
Kecepatan 0.12 detik/60derajat @4.8V
Ukuran 21x12x22 mm
Tegangan operasi 3.0V-6.0V
Berat 9 gram

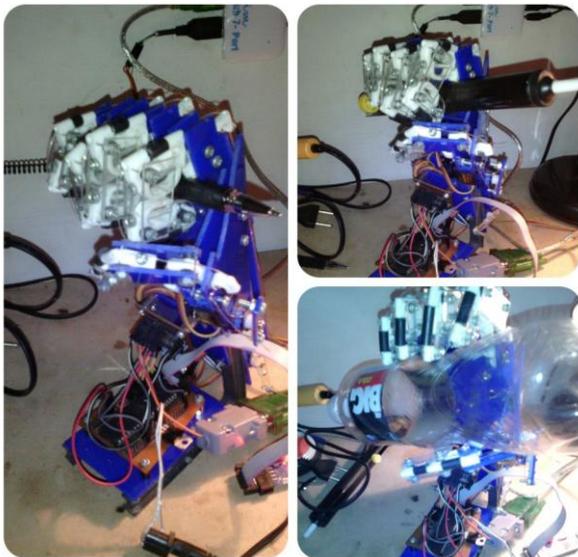
Hasil pengujian tersebut ditunjukkan pada **Tabel 5** dan **Gambar 6** sebagai berikut.

Tabel 5. Hasil Pengujian tangan robot untuk menggenggam benda dengan lebar ukuran yang berbeda

Benda	Diameter	Hasil Pergerakan Tangan Robot
Obeng Kecil	0.5 cm	Baik
Pulpen	1.2 cm	Baik
Penyedot	2.5 cm	Baik

Timah		
Botol	6.0 cm	Kurang Baik
Gelas	7.0 cm	Kurang Baik

Dari hasil pengujian di atas didapat bahwa tangan robot ini mampu menggenggam benda kecil dengan ukuran diameter 0.5cm - 6.0cm, seperti obeng kecil, pulpen dan penyedot timah dengan hasil genggamannya yang baik/kuat. Sedangkan untuk benda besar dengan ukuran diameter lebih besar dari 6cm, seperti botol dan gelas, hasil genggamannya kurang baik/kurang kuat sehingga benda tersebut mudah bergeser dari genggamannya tangan robot tersebut.



Gambar 6. Beberapa hasil pengujian tangan robot untuk menggenggam benda dengan ukuran yang berbeda

IV. KESIMPULAN

Dari pembahasan hasil penelitian tentang perancangan dan pengendalian tangan robot berbasis kamera dan LabVIEW ini dapat diambil beberapa kesimpulan.

1. Pergerakan tangan robot cukup baik dilakukan dengan mengikuti pergerakan tangan manusia yang terekam oleh kamera. Pengendaliannya dilakukan dengan komunikasi serial untuk mengontrol pergerakan tangan robot.
2. Cahaya latar sangat berpengaruh terhadap nilai histogram yang terbaca, yaitu *mean value*. Pada saat cahaya latar redup maka rata-rata

mean value yang diambil dari lima sampel, yaitu sekitar 15.2 - 20.4, dan pada saat cahaya latar terang maka rata-rata *mean value* semakin besar, yaitu sekitar 41 - 60.4.

3. Jarak juga berpengaruh terhadap *mean value* yang terbaca, berdasarkan hasil pengujian sebelumnya, semakin jauh jarak benda dengan kamera maka *range mean value* yang terbaca akan semakin kecil, yaitu 39 - 40, dan sebaliknya semakin dekat benda dengan kamera, maka *range mean value* akan semakin besar, yaitu 40 - 69.
4. Tangan robot ini mampu menggenggam benda dengan ukuran diameter kecil dan sedang dengan baik, yaitu sekitar 0.5cm - 6cm, tetapi untuk benda dengan ukuran yang cukup besar masih kurang baik, yaitu sekitar lebih besar dari 6cm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bicchi, A., 2000, "Hands for dexterous manipulation and robust grasping: a difficult road toward simplicity", IEEE Transactions on Robotics and Automation, 16(6):652-662.
- [2] http://debyoktavia68.blogspot.com/2012/11/pengolahan-citra-histogram_13.html
- [3] BPI Consulting, LLC, "Explaining Standard Deviation", [internet], [http://www.spcforexcel.com/explaining-standard-deviation, diakses tanggal 22 Januari 2015].
- [4] Dermanto, Trikueni, 2014, "Pengertian dan Prinsip Kerja Motor Servo", [internet], [http://trikueni-desain-sistem.blogspot.com/2014/03/Pengertian-Motor-Servo.html, diakses tanggal 18 Januari 2015].
- [5] J. Holtz, "Pulsewidth Modulation - A Survey", IEEE Trans. Ind. Electr. vol. 39, no. 5, pp 410 - 420, December 1992.
- [6] Winoto, Ardi, "Mikrokontroler AVR ATmega8/16/32/8535 dan Pemrogramannya dengan Bahasa C pada WinAVR", Informatika, Bandung, 2008.
- [7] Septima Uzma, Rikki Vitria, "Pembuatan Modul Pengiriman Dan Penerimaan Data Serial Asinkron Menggunakan Standart Rs232", Penelitian Program Sp4 PSTT Politeknik Negeri Padang, 2004.
- [8] "Fuzzy Logic Fundamentals Chapter 3", 2001.