

## Implementasi Robot Lengan Pemindah dan Penghitung Jumlah Barang menggunakan Metode Deteksi Objek *Histogram of Oriented Gradient (HOG)* dan *K-Nearest Neighbor (K-NN)*

Adhly Hasbi Fadhlillah<sup>1</sup>, Rizal Maulana<sup>2</sup>, Eko Setiawan<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya

Email: <sup>1</sup>adhlyhf@student.ub.ac.id, <sup>2</sup>rizal\_lana@ub.ac.id, <sup>3</sup>ekosetiawan@ub.ac.id

### Abstrak

Seluruh sektor produksi saat ini mempunyai gudang yang dijadikan sebagai penyimpanan benda. Terjadinya kesalahan dalam proses perpindahan benda dari suatu lokasi ke lokasi lainnya sangat sering terjadi yang menyebabkan benda mendapatkan kerusakan dan terganggunya kegiatan di dalam gudang. Untuk mengatasi kesalahan yang sering terjadi maka diciptakannya sebuah robot lengan yang berkemampuan untuk memindahkan benda yang disertai kemampuan mengetahui jumlah benda yang sudah dipindahkan. Masukkan untuk proses pada sistem nantinya akan didapatkan dari sensor *inframerah* beserta kamera. Sensor *inframerah* dimanfaatkan sebagai pendeteksi tersedianya tempat akhir yang kosong. Kamera berfungsi sebagai alat yang digunakan untuk mendapatkan citra digital dari objek. Citra tersebut akan diseleksi menggunakan HSV untuk mendapatkan warna dari objek, yang selanjutnya akan dilakukan ekstraksi fitur memanfaatkan *Histogram of Gradient (HOG)*. karakter yang didapatkan akan dibedakan menggunakan *K-Nearest Neighbor (K-NN)* supaya didapatkan hasil akhir berupa bentuk dan warna benda tersebut. Pada Langkah selanjutnya, benda akan dipindahkan oleh robot tangan ke tempat akhirnya dengan cara kinematic terbalik. Kinematic terbalik ialah sebuah cara untuk mendapatkan nilai-nilai setiap *joint* dari robot tangan dengan merubah lokasi koordinat. Saat robot sukses melakukan perpindahan pada benda, maka akan secara otomatis menambah nilai pada layar LCD. Hasil dari uji yang dijalankan sebanyak 10x pada sistem secara keseluruhan mendapatkan nilai sebesar 90% pada perpindahan benda yang sukses, nilai sempurna pada perhitungan barang yang telah berpindah serta waktu perhitungan selama 9811 mikrodetik.

**Kata kunci** : kinematic terbalik, Histogram of Gradient, Robot Manipulator, K-Nearest Neighbor

### Abstract

All production sectors currently have warehouses that are used as storage of objects. The occurrence of errors in the process of moving objects from one location to another very often occurs which causes objects to get damaged and disrupt activities in the warehouse. To overcome errors that often occur, the creation of a robotic arm that is capable of moving objects is accompanied by the ability to know the number of objects that have been moved. Input for processing in the system will later be obtained from the *inframerah* sensor and camera. The *inframerah* sensor is used to detect the availability of an empty final place. The camera functions as a tool used to obtain digital images of objects. The image will be selected using HSV to get the color of the object, which will then be carried out feature extraction using the *Histogram of Gradient (HOG)*. The features obtained will be distinguished using *K-Nearest Neighbor (K-NN)* in order to obtain the final result in the form of the shape and color of the object. In the next step, the object will be moved by the hand robot to its final place by means of reverse kinematics. Inverse kinematics is a way to get the values of each joint from the robot hand by changing the location coordinates. When the robot successfully moves the object, it will automatically add value to the LCD screen. The results of the tests that were run 10 times on the system as a whole got a value of 90% on a successful object movement, a perfect score on the calculation of items that had moved and a calculation time of 9811 microseconds.

**Keywords** : inverse kinematics, Histogram of Gradient, robot manipulator , K-Nearest Neighbor

### 1. PENDAHULUAN

Seluruh sektor produksi kini memiliki gudang sebagai tempat penyimpanannya. Penempatan posisi benda didalam gudang diatur dengan cara serta aturan sendiri. Benda dibedakan sesuai dengan bentuk beserta warna dengan posisi berjejer ataupun ditumpuk. Tidak jarang terjadi adanya kelalaian yang menyebabkan dampak buruk bagi benda dan alur kerja di gudang (Masalah Pengelolaan Warehouse Yang Kerap Terjadi | Paper.Id Blog, n.d.).

Penyelesaian yang bagus yakni dibuatnya sebuah robot tangan. Robot tangan akan dibuat dari sendi revolus dan sendi prismatic. Gerakan dari robot tangan akan diatur dengan cara kinematic terbalik. Masukkan yang digunakan oleh sistem didapatkan dari sensor *inframerah* supaya sistem dapat mendeteksi tempat akhir yang kosong serta kamera supaya mendapatkan citra dari objek.

Dalam jurnal (Farozi et al., 2019) dipelajari penggunaan robot tangan 4DOF unruk perpindahan barang dengan bantuan sensor warna. Mendapatkan hasil waktu perpindahan 7,7 detik dengan persentase 21.45%, 21.45% dan 13.46% pada servo kesatu, servo kedua dan servo ketiga. Kelemahan dalam jurnal tersebut ialah penggunaan sensor warna yang kurang efisien. Hal tersebut membuat robot tangan menjadi tidak implementatif di lapangan.

Dalam jurnal (Rosyidi et al., 2020) dipelajari tentang cara HOG digunakan untuk mengenali objek. Hasil dari jurnal tersebut sebesar serratus persen dalam 20x perulangan. Jurnal tersebut juga mempunyai kesamaan dengan jurnal ini yaitu memakai RaspberryPi3 sebagai unit pengontrol. Besaran rentang yang digunakan bernilai serratus tujuh puluh lima sehingga kesalahan dapat dikurangi. Kelemahan pada jurnal tersebut yakni waktu perhitungan dari keseluruhan tidak dicantumkan.

Dalam jurnal (Farokhah, 2020) mempelajari tentang realisasi K-NN sebagai pengelompokan bunga. Hasilnya mendapatkan kesuksesan sembilan puluh sampai dengan serratus persen menggunakan jumlah lima pada nilai K. Pada jurnal tersebut juga dijelaskan bahwa cara K-NN membutuhkan waktu perhitungan yang relatife singkat. Kelemahan jurnal tersebut ialah tidak diketahuinya proses pengolahan gambar sebelum dikelompokan oleh

K-NN.

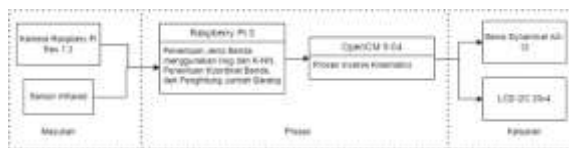
Berdasarkan pada rujukan sebelumnya, dirasa tepat bahwa robot tangan yang dirancang akan menggunakan HOG ditambah K-NN untuk perhitungan masukkan, kinematic terbalik untuk pergerakan robot serta ditambahkan fitur penghitung memanfaatkan sensor *inframerah*.

### 2. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Dalam bagian ini akan dipaparkan mengenai proses rancangan hingga implementatif dari sistem yang dikerjakan.

#### 2.1 Gambaran Umum Sistem

Pembuatan robot tangan pada penelitian ini meliputi tiga buah bagian utama. Bagian pertama ialah masukkan, masukkan untuk sistem berasal dari sensor *inframerah* beserta kamera. Bagian kedua yakni proses dimana nilai *inframerah* akan diproses sehingga terdeteksi tempat akhir yang tersedia dan citra gambar yang selesai di seleksi HSV akan diproses lebih lanjut oleh HOG ditambah K-NN supaya warna serta bentuk objek terdeteksi. Dari hsil proses pemrosesan citra juga didapat koordinat benda yang akan melakukan perpindahan. Proses juga terjadi pada OpenCM9.04 yang mengeluarkan nilai sudut dengan cara kinematic terbalik. Bagian terkahir ialah keluaran dari sistem meliputi servo DynamixelAX12-A sebagai penyusun lengan robot serta layar LCD 20x4 yang menampilkan banyaknya barang yang berpindah.

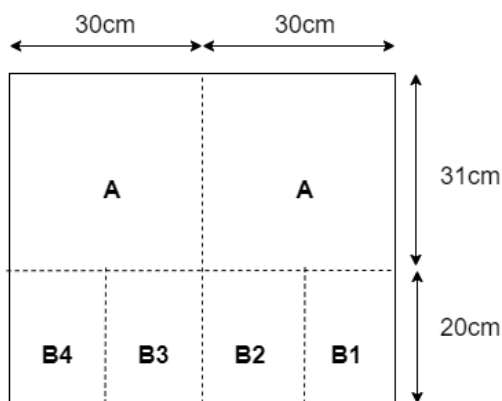


Gambar 1. Diagram blok sistem

#### 2.2 Perancangan Sistem

Rancangan diawali dengan membuat lingkungan dimana robot tangan dapat bekerja baik. Area lingkungan dibuat berbahan dasar papan panjang 60cm dan lebar 51cm. luas tersebut dibagi menjadi potongan imajine kotak A dan B, dimana kotak A buat penempatan benda dengan posisi acak dan kotak B buat tujuan peletakan benda. Kotak B dipotong-potong kembali ke empat bagian, B4 berfungsi

untuk semua prisma, B3 berfungsi untuk tabung biru ditambah kubus biru, B2 berfungsi untuk tabung hijau ditambah kubus hijau dan B1 untuk tabung merah ditambah kubus merah.



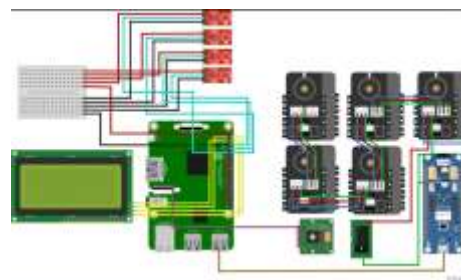
Gambar 2. Lingkup kerja sistem

Perangkat keras dirancang supaya memperoleh dua buah asal voltase. Asal voltase pertama bernilai 5Volt akan dimanfaatkan agar RaspberryPi3 dan openCM9.04 menyala. Asal voltase kedua bernilai 12Volt dimanfaatkan sebagai asal daya motor DynamixelAX-12. Kedua asal voltase tersebut didapatkan melalui adaptor arus bolak balik ke arus searah. Data ditukar diantara motor satu dengan lainnya memanfaatkan sambungan serial. Setiap motor ditandai melalui identitas secara berurut dimulai satu sampai lima. Satu yakni sendi yang bergerak kesamping. Dua dan tiga yakni sendi yang bergerak keatas. empat serta lima dimanfaatkan sebagai identitas penjepit benda.

Kamera RaspberrypiRev1.3 akan dihubungkan langsung ke lubang kamera di Raspberry Pi 3. lubang kamera tersebut memiliki lima belas pin dengan fungsi berbeda. Hasil proses data didalam RaspberryPi3 dioper ke OpenCM 9.04 yakni tempat mengatur gerakan servo. OpenCM 9.04 dipakai karena dibuat spesifik sesuai motoe DynamixelAX-12A yang memakai komunikasi yakni TTL satu arah, voltase pin bernilai 5Volt dan difasilitasi oleh pustaka bahasa program supaya memudahkan dan mengurangi kekeliruan.

Sensor inframerah akan mengirimkan data kepada RaspberryPi3 untuk menandakan tempat penyimpanan barang yang kosong. kemudian diproses supaya diteruskan ke Lcd agar dikeluarkan. Sensor inframerah juga Lcd disuplay tenaga 5Volt dari pin yang berasal RaspberryPi3. Voltase 5Volt beserta ground di dalam RaspberryPi3 akan didistribusikan

melalui papan roti, supaya tenaga untuk Lcd dan sensor inframerah.



Gambar 3. Blok diagram sistem

Rancangan piranti lunak memaparkan mengenai alur diagram. Pemaparan diagram alir dipecah dibagi dua. Bagian pertama akan memaparkan tentang inti sistem. Tahapan selanjutnya merupakan tahap proses pertahap supaya memperlihatkan rincian tentang diagram inti sistem. Alur diagram inti terdapat pada gambar 4 .

Tahap kerja di Raspberrypi yakni menginisiasasi kamera, serial komunikasi, juga pustaka yang diperlukan. Setelah itu, akan dibuat variabel tempat data dikumpulkan. Tahapan selanjutnya ialah mengambil gambar melalui kamera RaspberrypiRev1.3 agar membuahkan nilai citra supaya dapat mengeluarkan posisi benda dan bentuk serta warna dari benda.

Citra yang sudah dipotong kemudian diekstraksi memanfaatkan Hog untuk mengetahui jenis benda dengan cara pengelompokan K-NN. Hog akan mengeluarkan hasil bersesuaian histogram lokal berdasar orientasi gradien ditambahi bobot magnitude gradien, akhirnya citra jadi lebih spesifik dalam struktur juga bentuk yang nantinya dikelompokan memanfaatkan K-nn.

Tahapan kesatu pada K-nn adalah perhitungan jarak fitur benda kepada data latih yang dipersiapkan merealisasikan jarak euclidian. Jarak tersebut disortir dari terkecil sampai paling besar. Kemudian disisihkan sebanyak K dari hasil sortir tersebut untuk pemilihan kelas. K bernilai 5 dinilai cukup untuk menghasilkan hasil yang bagus.

Tabel 1. Perhitungan *Euliance Distance*

No	Kelas	Nilai
1	Kubus	2,83
2	Kubus	2,919

3	Tabung	3,135
4	Tabung	3,235
5	Tabung	3,244
6	Prisma	3,281
7	Tabung	3,312
8	Kubus	3,336
9	Kubus	3,353
10	Kubus	3,381

Nilai pada Tabel 5.1 merupakan nilai yang didapatkan dari perhitungan jarak menggunakan Euclidian distance dari data yang diproses dengan data latih yang telah disediakan. Dikarenakan K yang dipakai bernilai 5, maka lima buah nilai terkecil akan diambil untuk melakukan vote. Berdasarkan vote kelas Bernama tabung menjadi kelas dengan suara mayoritas, sehingga nama kelas dari objek yang diproses ialah tabung.

RaspberryPi3 akan melihat nilai sensor *inframerah* untuk mendeteksi ruang kosong pada penyimpanan akhir benda. Jika ruang kosong terdeteksi maka OpenCM9.04 mengirimkan data berisi posisi ditambah jenis benda. Saat perpindahan benda diselesaikan maka OpenCM9.04 mengirimkan sinyal kembali ke RaspberryPi3. Langkah terakhir RaspberryPi3 ialah menambah jumlah penghitung dan menampilkannya pada LCD.

Proses didalam OpenCM9.04 dimulai menginisiasai komunikasi bersama servoAX-12 dan bersiap dalam posisi penjepit terbuka. Saat sinyal dikirimkan, robot tangan akan bergerak sesuai besar sudut hasil kinematika terbalik hasil perhitungan OpenCM9.04. Langkah terakhir yaitu mengirimkan kembali sinyal ke RaspberryPi3.



Gambar 4. Diagram alir sistem

### 2.3 Implementasi Sistem

Implementatif piranti keras direalisasikan sesuai rancangan yang dibuat. Area kerja robot dibuat berbahan papan lalu ditemplei kertas putih ditambah tiang penyangga samping supaya lampu dan komponen lainnya menempel. Robot lengan dibentuk oleh tiga servo yang berhubungan serta dilengkapi penjepit diujungnya. RaspberryPi3 ditempelkan dibagian atas penyangga, dihubungkan ke OpenCM9.04 melalui kabel Usb. Kamera disambungkan ke RaspberryPi3 melalui kabel fleksip, sedangkan sensor *inframerah* beserta LCD melalui kabel *jumper*.

Implementatif perangkat lunak direalisasikan dengan penulisan baris program untuk RaspberryPi dan juga OpenCM9.04. Penulisan program dimudahkan oleh berbagai fungsi Pustaka yang tersedia. Hasil dari implementatif piranti keras dan juga piranti lunak akan diujikan pada pembahasan selanjutnya.



Gambar 5. Implementasi sistem

### 3. PENGUJIAN

Bagian ini berisi uji berdasarkan hasil implementatif dan diberikan analisa sesuai kesuksesannya.

#### 3.1 Pengujian Ketepatan Gerakan Invers Kinematics Terhadap Koordinat

Langkah uji ini dimulai dari robot tangan yang selesai dirangkai dan ditambahi bingkai robot. Keberhasilan robot tangan bergerak dengan cara kinematik terbalik supaya sampai pada posisi tertentu akan dinilai. Kesalahan yang terjadi akan dihitung sebagai kekeliruan sistem.

Tabel 2. Hasil Pengujian *Inverse Kinematics*

No	Koordinat Input			Koordinat Hasil Gerakan			Presentasi Kesalahan			
	x	y	z	x	y	z	x	y	z	
1	12	15	6	12	14	7,5	0	6,667	25	
2	14	13	6	14	12	7,8	0	7,6923	30	
3	20	20	6	20	19	4	0	5	33,333	
4	16	6	6	16	5	8,8	0	16,667	46,667	
5	8	7	6	7	6	10	12,5	14,286	66,667	
6	6	6	6	6	5	10	0	16,667	66,667	
7	12	15	6	12	14	7,5	0	6,6667	25	
8	19	14	6	18	13	5,3	5,263	7,1429	11,667	
9	2	12	6	2	11	9,7	0	8,3333	61,667	
10	15	12	6	14	11	7,8	6,667	8,3333	30	
							<b>Mape =</b>	2,443	9,7454	39,667

#### 3.2 Pengujian Pengenalan Pada Objek dan Waktu Komputasi Pengenalan

Kesuksesan dari pendeteksian benda akan diuji pada sub-bab ini. Langkah uji dimulai dari kamera yang terpasang serta terkoneksi ke RaspberryPi3. Seluruh benda yang dipakai pada penelitian ini akan diuji sebanyak sepuluh kali. Hasil akhir dari uji ini akan memberikan nilai

kekeliruan pada pendeteksian benda juga berapa waktu perhitungannya.

Tabel 3. Hasil Pengujian Akurasi Pembacaan objek

Pembacaan	Hasil		
	K = 1	K = 3	K = 5
Kubus Biru	90%	90%	100%
Kubus Hijau	90%	90%	100%
Kubus Merah	90%	100%	90%
Prisma Biru	80%	90%	80%
Prisma Hijau	80%	80%	90%
Prisma Merah	90%	90%	100%
Tabung Biru	100%	90%	100%
Tabung Hijau	90%	90%	90%
Tabung Merah	90%	90%	100%
Rata-rata =	86%	88%	94%

Tabel 4. Hasil Pengujian Waktu Komputasi Pembacaan objek

No	Waktu Komputasi
1	41 ms
2	42 ms
3	42 ms
4	42 ms
5	42 ms
6	42 ms
7	42 ms
8	42 ms
9	42 ms
10	42 ms
	<b>Rata-rata = 41,9 ms</b>

#### 3.3 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pada Pengujian seluruh sistem dikerjakan supaya menilai kesuksesan sistem. Kebiasaan dari sistem akan dinilai secara lengkap dan waktu yang dibutuhkan oleh sistem. Tujuan dari pengujian ini ialah untuk mengetahui tingkat keberhasilan dari sistem yang telah dibuat serta waktu komputasinya. Tingkat keberhasilan sistem meliputi keberhasilan perpindahan benda secara bagus dan perhitungan benda yang pas. Hasil dari uji semua sistem akan sangat dipengaruhi sesuai pengujian sebelumnya.

Analisa uji semua sistem mendapatkan hasil yang bagus. Sistem mampu bekerja sebagaimana rancangan sebelumnya. Waktu yang dihasilkan yakni waktu menyeluruh hingga objek dipindahkan dengan sempurna. Dari sepuluh kali uji menghasilkan Sembilan puluh persen dari perpindahan objek, nilai sempurna dari perhitungan banyak perpindahan benda dan waktu perhitungan sebesar 9811,6 milidetik. Proses yang memakan waktu lama yakni gerakan robot sering terjadi delay saat akan melakukan gerakan selanjutnya.

Tabel 5. Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem

No	Kesuksesan		Waktu Hitung (ms)
	Perpindahan	Counter	
1	Berhasil	Berhasil	12997
2	Berhasil	Berhasil	9878
3	Berhasil	Berhasil	11457
4	Gagal	Berhasil	10803
5	Berhasil	Berhasil	8420
6	Berhasil	Berhasil	8570
7	Berhasil	Berhasil	9218
8	Berhasil	Berhasil	9084
9	Berhasil	Berhasil	9085
10	Berhasil	Berhasil	8604
<b>Rata - rata =</b>	90%	100%	9811,6

**4. KESIMPULAN**

Kesimpulan hasil uji yang dilakukan pada pembahasan sebelumnya yakni kamera dapat mengambil citra sebagai masukan untuk sistem. Citra akan diolah dengan HSV, lalu di crop agar bisa masuk ke proses ekstraksi fitur HoG. Hasil dari HoG akan dikelompokkan dengan cara K-NN untuk mendapatkan hasil pasti. Hasil uji menunjukkan kesuksesan dimana objek terdeteksi kamera dengan kemampuan Sembilan puluh empat persesn memanfaatkan K=5. Waktu perhitungan pada proses tersebut rata-rata selama 41,9 mikrodetik. Sudut pembagi serta selisihnya mempengaruhi ketepatan sudut yang dibuat motor dengan cara kinematika terbalik. Dalam menuju posisi tujuan jarak sangatlah berpengaruh, jarak yang jauh membuat beban lebih berat untuk digerakan sendi kedua, berdampak kepada kekeliruan yang signifikan terhadap sumbuZ.

Sistem dapat memindahkan objek ke tujuan

akhir dengan benar sebesar 90% dari 10 kelai perulangan. Kekeliruan berasal dari bentuk prisma yang kurang baik yang menyebabkan perpindahan cacat. Berdasarkan pengujian sebesar 10 x uji didapatkan hasil sempurna, sistem mampu mengkalkulasikan banyaknya benda yang berpindah. Kesuksesan ini sebagai pertanda juga akan kesuksesan dari pemasangan sensor *inframerah*.

**5. DAFTAR REFERENSI**

Masalah Pengelolaan Warehouse Yang Kerap Terjadi | Paper.id Blog. (n.d.). Retrieved August 23, 2021, from <https://www.paper.id/blog/bisnis/warehouse-adalah/>

Abbadi, N. El,&Saadi, L. Al. (2013). Automatic DetectionanRecognize Different Shapes in an Image. 10(6), 162–166.

Devito, D., Wihandika, R. C.,&Widodo, A. W. (2019). Ekstraksi Ciri Untuk Klasifikasi GenderBerbasis Citra Wajah Menggunakan Metode Histogram of Oriented Gradients. Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer, 3(8), 8002–8011.

Farokhah, L. (2020). ImplementasiK-Nearest Neighbor untuk Klasifikasi BungaDengan Ekstraksi Fitur Warna RGB.Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer, 7(6), 1129. <https://doi.org/10.25126/jtiik.2020722608>

Farozi, I., Maulana, R.,&Kurniawan, W. (2019). ImplementasiSensor Warna PadaRobot Lengan Pemindah Barang Menggunakan Inverse Kinematics. 3(7), 7284–7293.

Rosyidi, L., Prasetyo, A.,&Romadhon, M. S. (2020). Object Tracking with Raspberry Pi using Histogram of Oriented Gradients (HOG)andSupport Vector Machine (SVM). 2020 8th International Conference on Information and Communication Technology, ICoICT 2020. <https://doi.org/10.1109/ICoICT49345.2020.9166330>

Zefani, R., Maulana, R.,&Hurriyatul, F. (2020). Implementasi InverseKinematics Pada Robot Lengan.