

PENGENDALI LANGAN ROBOT BERBASIS PENGOLAHAN CITRA UNTUK MEMASUKKAN DAN MELEPAS CHARGER PADA MOBIL LISTRIK

ROBOT ARM CONTROLLER WITH IMAGE PROCESSING FOR ELECTRIC VEHICLE'S CHARGING PLUGGER

¹Muhammad Reza Elang Erlangga, ²Angga Rusdinar, ³Ig. Prasetya Dwi Wibawa
^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
¹rezaelang@student.telkomuniversity.ac.id ²Anggarusdinar@telkomuniversity.ac.id
³prasdwiwibawa@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Semakin meningkatnya jumlah kendaraan maka menyebabkan konsumsi bahan bakar juga meningkat. Perbedaan dari kendaraan listrik dengan kendaraan berbahan bakar adalah dalam cara mengisi daya yang cenderung lambat. Kurangnya efisiensi waktu dalam pengisian daya dalam kendaraan listrik menjadi masalah serius yang masih terus dikembangkan dan dicari cara untuk menyelesaikannya.

Otomatisasi dalam menggantikan operator dalam pengisian daya pada mobil listrik ini menjadi salah satu solusi kepraktisan dalam pengisian daya otomatis pada mobil listrik. Lengan robot ini bekerja ketika mobil datang ke terminal pengisian daya dan kondisi mobil dalam keadaan tidak penuh. Pengolahan citra dan Metode *Inverse kinematics* berguna dalam pergerakan lengan robot yang akan mencari terminal dan mulai pengisian daya. Ketika baterai mobil telah penuh maka lengan robot akan kembali ke tempat semula

Penggunaan pengolahan citra dalam pengukuran jarak dan perhitungan nilai pergeseran mendapatkan tingkat akurasi tinggi sebesar 90-100%, serta tingkat ketepatan pergeseran sudut dengan *inverse kinematik* memiliki akurasi sebesar 78%-100% menghasilkan sistem robot yang memiliki ketepatan berakurasi tinggi dalam memasukkan dan melepas lengan robot

Kata kunci : Lengan Robot, Pengolahan Citra, motor *servo*, motor DC, OpenCV, *inverse kinematics*

Abstract

The rising number of vehicles causes fuel consumption to increase. The difference from an electric cars with a fueled one is in the way of charging which tends to be slow. The lack of time efficiency to recharge electric cars becomes a serious problem that is still being developed and the ways to solve the problem are sought.

Automation in replacing the charging operator of electric cars is one of the practical solutions to a more efficient charging time of electric cars. This robot arm works when the car comes to the charging terminal and the battery capacity percentage of the car is not full. The inverse kinematics method is useful in the movement of the robotic arm that will search for the charging terminal and start recharging the cars. When the car's battery is full, the robot's arm will return to its original place.

*The application of image processing in distance measurement and shift value calculation obtains a high accuracy rate at 90% - 100%, meanwhile the accuracy of angle shift with *invers kinematics* method has 78% - 100% rate. the result of those methods application is a high accuracy rate robot system in inserting and removing robot arms at charging station.*

Keywords : Arm Robot, image processing, servo motor, DC motor, OpenCV, *inverse kinematics*

1. Pendahuluan

1.1 Latar belakang

Meningkatnya mobil listrik di Indonesia menggantikan mobil dengan bahan bakar minyak menjadi masalah yang tumbuh di Indonesia. Perbedaan dalam segi dikenalnya masyarakat dengan mobil listrik menjadi suatu teknologi yang baru di Indonesia. Menurut *Unmet Needs Survey* yang dilakukan pada tahun 2016, pengetahuan mengenai teknologi listrik juga masih rendah. Konsumen Indonesia yang masih menggunakan mobil bertenaga minyak yang umumnya masih mengandalkan operator yang melakukan pengisian minyak ke mobil, dan juga banyaknya konsumen saat Pengisian bahan bakar minyak dengan fasilitas *self-service* yakni sistem tanpa operator di sejumlah SPBU Jabodetabek yang merasa kesulitan, walaupun, waktu yang dibutuhkan untuk mengisi minyak cenderung cepat. Berbeda dengan pengisian mobil dengan minyak, pengisian daya pada mobil listrik cenderung lambat. Dengan Autonomus Charging robot yang diharapkan dapat memberikan kepraktisan dalam memasukkan dan melepas konektor yang dapat memberikan efisiensi waktu dalam pemasangan konektor metode seperti *fast charging*, serta keamanan jika terjadi kesalahan pada baterai.

1.2 Tujuan

1. Merancang dan mengimplementasikan suatu lengan robot yang mencari *terminal charger* dengan bantuan pengolahan citra.
2. Merancang suatu sistem yang terintegrasi dari masukan dan keluaran dengan *inverse kinematics*.
3. Merancang pola pencarian *terminal*, pengukur jarak *terminal*, dan mengimplementasikan posisi *terminal* dengan menggunakan openCV.

1.3 Rumusan masalah

1. Bagaimana merancang sistem pengisian daya otomatis dengan lengan robot?
2. Bagaimana pendekatan dan penggunaan kontrol pada sistem *charging* dengan menggunakan kontrol pergerakan *inverse kinematics*?
3. Bagaimana sistem pengolahan citra yang terjadi pada sistem *lengan robot*?

1.4 Batasan masalah

1. Lengan robot dibatasi dalam 2 derajat kebebasan
2. Batas pergerakan sumbu x adalah 20 cm, sumbu y adalah 20 cm dan sumbu z adalah 40 cm
3. Tidak membahas sistem elektronika dan sistem komunikasi pada pengisian metode *charging*
4. Terminal *charger* diposisikan dalam posisi diam hanya *lengan robot* yang bergerak dan mobil listrik dalam kondisi diam
5. Terminal *charger* terdiri dengan sistem reflektor pengolahan citra yang memfokuskan terminal *lengan robot*
6. Pengujian dilakukan pada prototipe mobil EL-Machete RX V3 laboratorium INACOS

2. Dasar Teori /Material dan Metodologi/perancangan

2.1 citra

Rupa, gambar, gambaran merupakan arti dari citra. Citra yang direpresentasikan adalah suatu pantulan cahaya yang mengenai dan memerangi benda tertentu dan diterima oleh alat optik seperti mata kita. Gambar didefinisikan dalam dua dimensi yakni $f(x,y)$ dengan baris serta kolom. Citra analog adalah citra yang tergambarkan oleh warna natural dan dapat diindrakan dengan kamera. Semakin hitam warna maka nilai direpresentasikan menuju 0, dan semakin putih warna nilai direpresentasikan menuju 255.

Citra digital adalah citra yang bisa diproses oleh sistem komputer. Citra ini didapat dengan cara mengubah citra dengan cara sampling dan kuantisasi. Sampling adalah proses yang mengubah besar piksel dari gambar yang berwarna sama dan kuantisasi proses yang menyatakan besarnya tingkat citra Representasi dari hasil sampling dan kuantisasi akan direpresentasikan dalam citra matriks yang komponen matriksnya terdapat baris(N) dan kolom(M).

2.2 Hsv Color

Ruang warna HSV direpresentasikan dengan sebagai baris warna yang menggambarkan citra dengan warna-warna yang sama dengan ditangkap oleh mata manusia. HSV mendefinisikan warna berupa Hue, Saturation, dan Value. Hue menyatakan memiliki 360° yang menunjukkan warna yang terdapat spektrum warna. Saturation adalah tingkat kemurnian warna yang berupa nilai 0 sampai 1. Value adalah intensitas kecerahan dari suatu warna yang bernilai 0% sampai 100%.

2.3 Contur dan Canny Edge

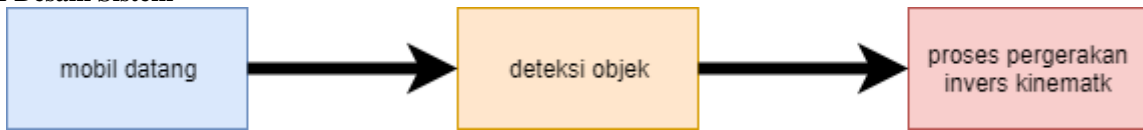
Contour/kontur adalah kurva yang menghubungkan antara titik kontinu yang memiliki nilai warna atau intensitas yang sama. Kontur adalah salah satu cara yang berguna dalam analisis bentuk, dan deteksi pengenalan objek. *Canny Edge* adalah salah satu metode dalam pendeteksian garis tepi. Metode *Canny Edge* ini berguna untuk merepresentasikan tepi dalam warna sebagai warna putih dan lainnya sebagai warna hitam. Metode *Canny Edge* juga difungsikan untuk melokalisasikan posisi tepi sepresisi mungkin. Algoritma *Canny Edge* dapat beroperasi dengan penghalusan untuk mengurangi dampak *noise* pada , menghitung gradien citra, dan lain-lain.

2.4 Inverse Kinematik

Inverse kinematics adalah sesuatu perhitungan matematik yang diperuntukan sebagai pergerakan aktuator dengan lengan dan sumbu tertentu. *Inverse kinematics* dibagi dalam 2 jenis yaitu *inverse kinematics* yaitu *Inverse kinematics* positif adalah penempatan sudut lengan yang mendekati objek capaian yang diposisikan mendekati sudut horizontal. Sedangkan *inverse kinematics* negatif adalah penempatan sudut linen yang mendekati objek capaian yang diposisikan mendekati sudut vertikal.

3. PEMBAHASAN

3.1 Desain Sistem



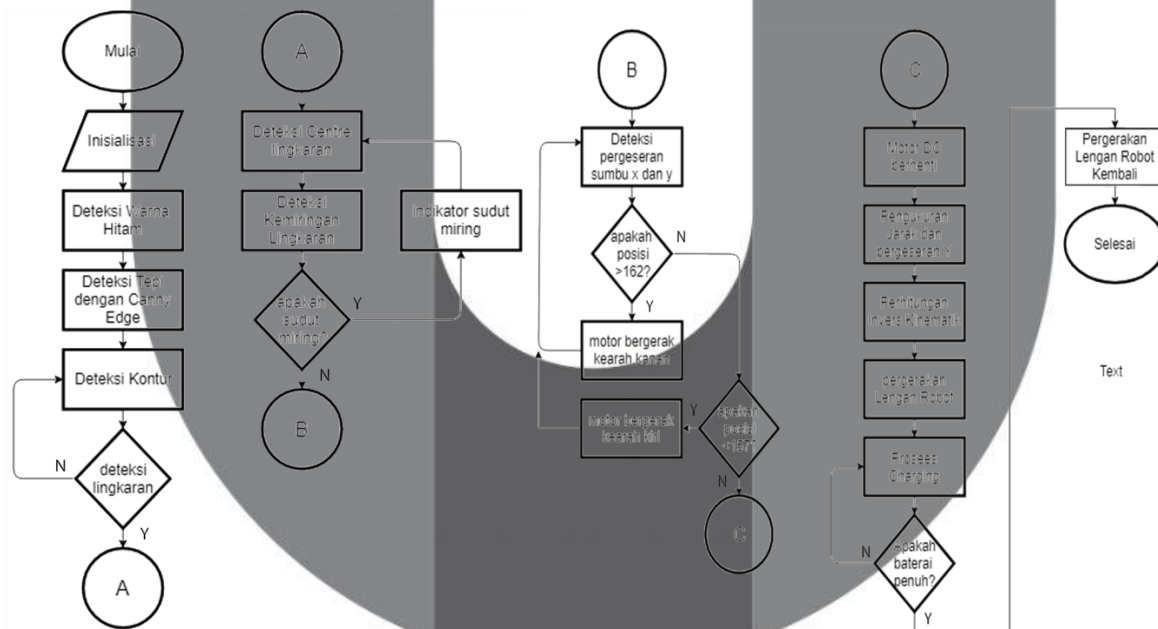
Gambar 1. Diagram Blok Sistem

3.2 Desain Sistem



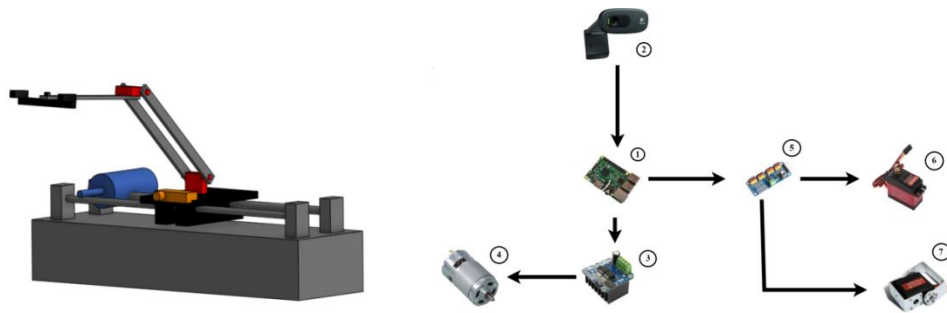
Gambar 2. Autonomus Robot (kiri) dan Terminal Charger (kanan)

Prinsip kerja alat ini akan bekerja ketika mobil yang datang ke terminal *charger*, kemudian mobil berhenti di depan kamera robot. Kemudian robot akan mendeteksi adanya objek lingkaran berwarna hitam. Citra yang ditangkap akan diproses melalui OpenCV pada Raspberry Pi 3 yang selanjutnya akan menggerakkan lengan robot untuk memasuki terminal tersebut. Ketika kondisi baterai penuh maka *charger* an lengan robot akan kembali ke dalam posisi semula.



Gambar 3. Diagram Alir Sistem

3.2 Desain Perangkat Keras



Gambar 4. Desain sistem (kiri) dan antarmuka sistem (kanan)

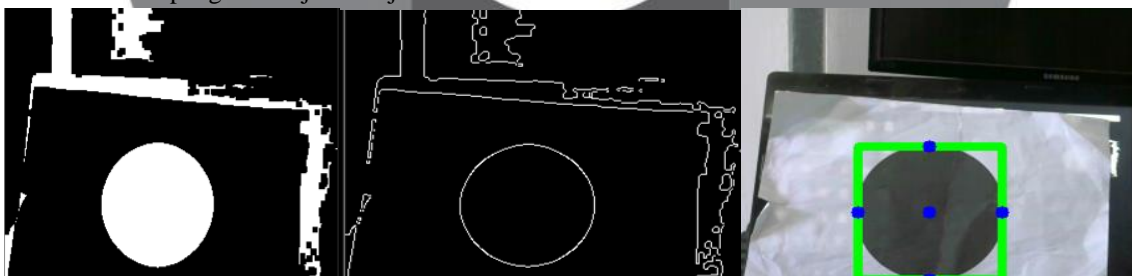
Gambar diatas merupakan antarmuka sistem. Pusat pemrosesan berawal dari Raspberry Pi (1). Raspberry pi melakukan proses inialisasi dan melakukan pencitraan dengan bantuan Webcam Logitech C270 (2). Citra yang terindra diproses dengan Webcam Logitech C270 selanjutnya diolah untuk mendapatkan objek lingkaran berwarna hitam. Jika objek lingkaran terletak pada posisi kanan atau kiri kamera, maka akan dilakukan pergeseran linear dengan bantuan motor DC RS775 (4) dengan penggerak kiri dan kanan menggunakan Driver Motor BTS7960 (3). Ketika posisi objek lingkaran berada di tengah kamera maka pergerakan motor DC RS775 berhenti dan dilakukan pengukuran jarak dengan kamera Logitech C270, dari data jarak tersebut dilakukan pergerakan *inverse kinematics* dengan kontrol sudut 1 dengan motor *servo* RDS3235 (7) dan sudut 2 dengan motor *servo* DS3225 (6). Pergerakan motor *servo* menggunakan driver PWM PCA 9650 sebagai pembangkit sinyal PWM. Berikut adalah diagram alur sistem

3.3 Desain Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak penulis menggunakan bahasa python. Python adalah bahasa pemrograman yang dapat memberikan integrasi antara hasil dari pengolahan citra dan penghasil keluaran secara stabil. Bahasa pemrograman python juga berorientasi pada sistem class, module, dan ekseption sebagai penunjang pemrograman dengan skala besar. OpenCV juga penulis pakai sebagai pembuatan pembacaan pola terminal yang akan menjadi petunjuk dan informasi untuk pendekatan lengan robot. Berikut adalah algoritma yang digambarkan menjadi diagram alur pemrograman

3.4 Akuisisi Citra

Tahap pertama adalah pendeteksian warna hitam (0,0,0) RGB dengan konvert ke citra HSV dengan cara masking filter dengan kondisi (0,0,0) lower HSV dan (128,128,128) pada sistem hsv untuk mendapatkan filter warna hitam. Tahap kedua adalah mendeteksi tepi dengan menggunakan fungsi canny dan mencari kontur sehingga mempermudah pendeteksian objek area dengan menggunakan findcountour. Tahap ketiga adalah mendeteksi adanya lingkaran dengan menggunakan fungsi aproxpolyDP untuk menentukan jumlah pendekatan sisi dalam lingkaran. lingkaran dianggap memiliki pendekatan banyak sisi yang terhubung secara melingkar, sehingga lingkaran dalam pemrosesan Raspberry Pi fungsi aproxpolyDP dianggap memiliki lebih dari 10 sisi kecil yang membuatnya di deteksi sebagai lingkaran. Lingkaran yang dideteksi akan digunakan tinggi pikselnya untuk menentukan pengukuran jarak objek

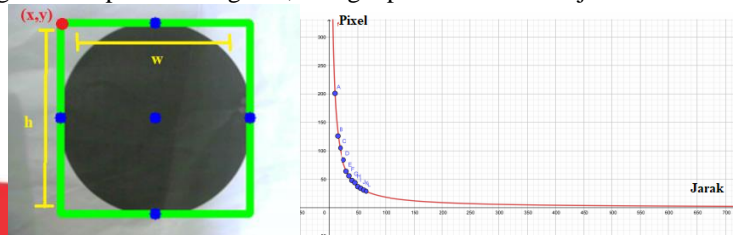


Gambar 5. Objek yang diberikan kontur (kiri), objek yang diberikan canny Edge (tengah), objek yang telah terdeteksi disebelah (kanan)

3.5 Pengukuran Jarak pada bidang Z

Tahapan pertama adalah membaca tinggi piksel dengan fungsi boundingRect. Pengambilan tinggi piksel dimaksudkan karena bentuk objek lingkaran yang membuat posisi tinggi piksel konstan. Fungsi boundingRect mengeluarkan nilai lebar objek dalam bentuk piksel, tinggi objek dalam bentuk piksel posisi x,y objek. Tahapan kedua adalah mengukur jarak sesungguhnya objek yang diletakan pada tengah resolusi kamera yaitu piksel ke 160 dari 320 piksel untuk sumbu x dan piksel ke 120 dari 240 piksel untuk sumbu y. Tahapan ini dilakukan untuk melakukan perbandingan secara real time. Tahapan ketiga adalah dengan melakukan perbandingan tinggi

piksel dan jarak dengan kondisi jarak yang berbeda-beda sehingga menghasilkan data piksel yang berbeda-beda. Kumpulan data tadi dipetakan dalam bidang koordinat x,y sehingga membentuk kurva piksel terhadap jarak. Dalam tahapan ini digunakan aplikasi Geogebra, sebagai pembuatan kurva jarak.



Gambar 6. Analisis objek secara piksel (kiri) grafik pengukuran jarak (kanan)

Tahapan keempat adalah pengambilan persamaan kurva dengan menggunakan fungsi FitPow yang mewakili jarak (x) dan piksel (y) dari data-data yang ada sehingga membentuk suatu kurva eksponensial jarak-piksel yang dari data tersebut dilakukan inverse terhadap persamaan sehingga didapat persamaan piksel berbanding jarak seperti berikut. Sehingga persamaan tersebut dilakukan inverse untuk mendapatkan persamaan tersebut. Perhitungan jarak dilakukan dengan memasukkan tinggi piksel sehingga estimasi jarak didapatkan.

$$x = 2254.85^{-1.04} y^{1.04}$$

3.6 Deteksi Titik Tengah Objek

Deteksi titik tengah objek lingkaran digunakan untuk membaca pergeseran dalam sistem ini. Center objek lingkaran adalah dengan mengolah output dari fungsi boundingRect. Output fungsi tersebut berupa koordinat piksel x, koordinat piksel y, lebar piksel w(width), dan tinggi piksel h(height). Koordinat x dan y objek lingkaran menjadi titik acuan dalam mencari center objek. Berikut adalah persamaan untuk mencari titik tengah objek

$$\text{Centre } X = xl + \left(\frac{wl}{2}\right) \text{ dan } \text{Centre } Y = yl + \left(\frac{hl}{2}\right)$$

3.7 Pergeseran Objek

Setelah mendapat centre objek lingkaran maka tahapan selanjutnya adalah mencari nilai pergeseran objek lingkaran dari titik tengah. Berikut adalah persamaan untuk menghitungnya

$$\text{Posisi } X = \text{Centre } X - 160 \text{ dan } \text{Posisi } Y = 120 - \text{Centre } Y$$

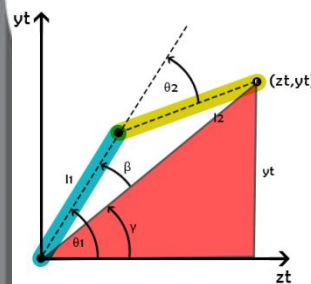
3.8 Menghitung Jarak Pergeseran dari Kamera

Setelah mendapatkan nilai pergeseran maka sistem dapat menghitung estimasi pergeseran centre objek lingkaran dengan menggunakan pergeseran berdasarkan *Focal length* berikut adalah persamaannya

$$F = (P * D) / W$$

$$\text{Pergeseran } X = \text{Jarak} / (F * \text{Posisi } X) \text{ dan } \text{Pergeseran } Y = \text{Jarak} / (F * \text{Posisi } Y)$$

3.9 Perhitungan Inverse Kinematics



Gambar 7. Inverse Kinematik 2 DOF sumbu negatif

$$\theta_2 = -\cos \left(\frac{(zt^2 + yt^2 - l1^2 - l2^2)}{2l1l2} \right)^{-1}$$

$$\gamma = \tan^{-1} \frac{yt}{zt}$$

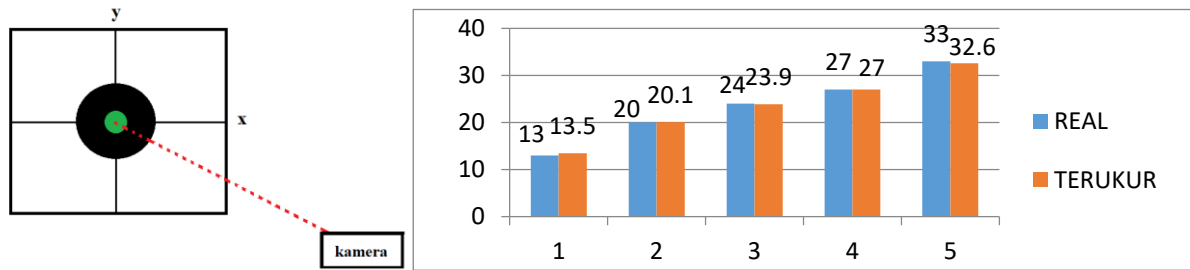
$$\beta = \tan^{-1} \frac{l2 \sin \theta_2}{l1 + l2 \cos \theta_2}$$

$$\theta_1 = \beta + \gamma$$

4. Pengujian dan analisa hasil penelitian

4.1 Pengujian jarak pada sumbu Z

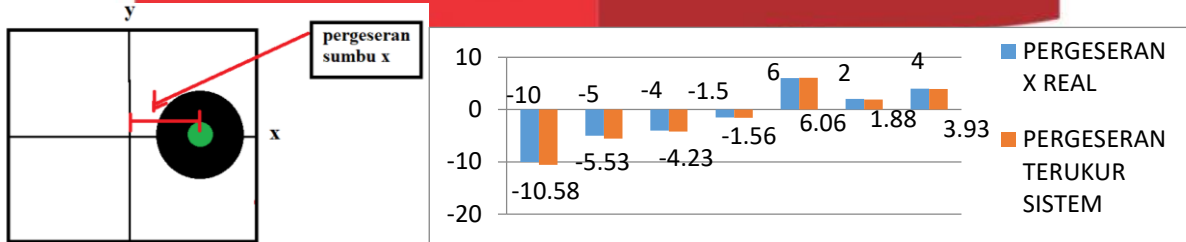
Pengujian ini berguna untuk mengetahui tingkat akurasi pada jarak tertentu dari kamera robot menuju objek. Posisi ideal kamera adalah pada titik tengah piksel yakni (160,120)



Gambar 8. ilustrasi Pengujian (kiri) dan grafik pengujian (kanan)

4.2 Pengujian jarak pada sumbu z dengan pergeseran sumbu x

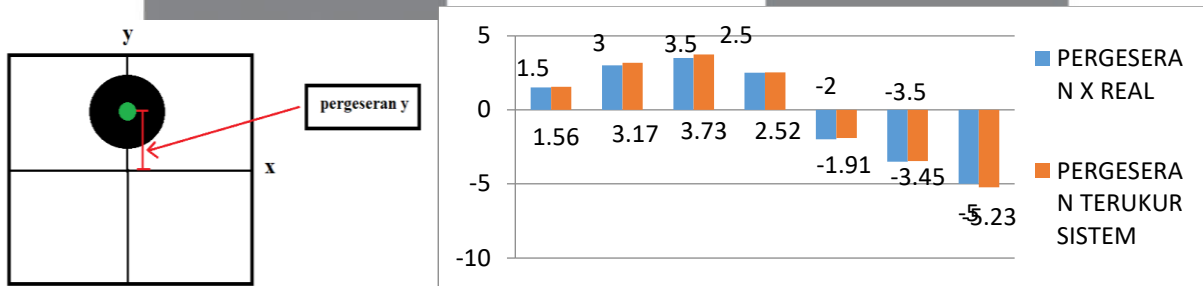
Pengujian ini berguna untuk mengetahui tingkat akurasi pada pergeseran bidang X dari kamera robot menuju objek. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui jarak pada posisi tengah kamera. Pengujian ini dilakukan pada posisi tengah citra dengan 120 piksel pada sumbu y dan dianggap sebagai posisi (x,0).



Gambar 9. ilustrasi Pengujian (kiri) dan grafik pengujian (kanan)

4.3 Pengujian jarak pada sumbu z dengan pergeseran sumbu y

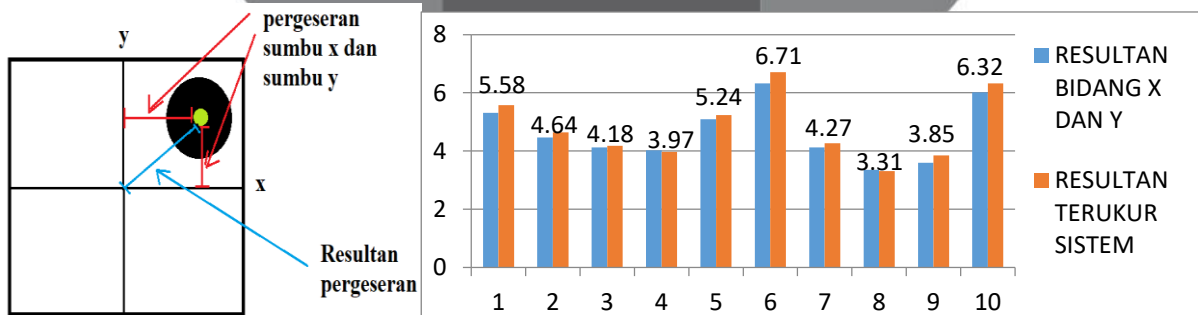
Pengujian ini berguna untuk mengetahui tingkat akurasi pada pergeseran bidang Y dari kamera robot menuju objek. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui jarak pada Posisi tengah citra dengan 160 piksel pada sumbu x dan pergeseran.



Gambar 10. ilustrasi Pengujian (kiri) dan grafik pengujian (kanan)

4.4 Pengujian jarak pada sumbu z dengan pergeseran sumbu x dan y

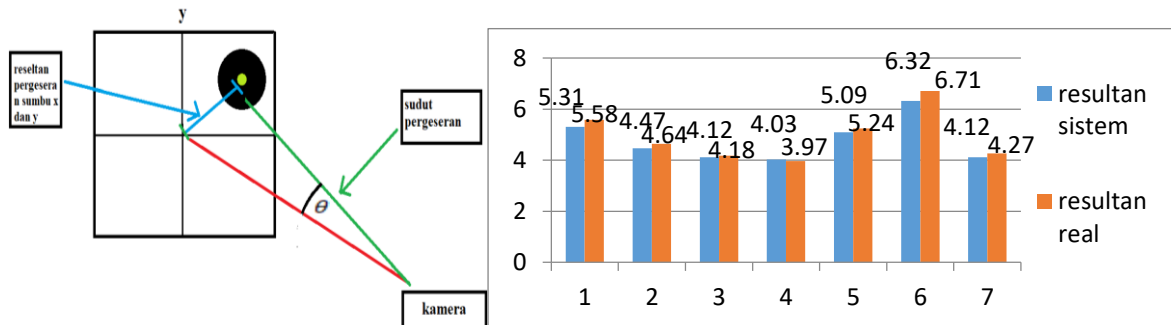
Pengujian ini berguna untuk mengetahui tingkat akurasi pada pergeseran bidang X dan bidang Y dari kamera robot menuju objek. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui jarak pada posisi tengah kamera. Pengujian ini dilakukan pada resolusi kamera 320x240 piksel. Posisi dianggap sebagai posisi (X,Y).



Gambar 11. ilustrasi Pengujian (kiri) dan grafik pengujian (kanan)

4.5 Pengujian sudut antara jarak z dengan pergeseran sumbu x dan y

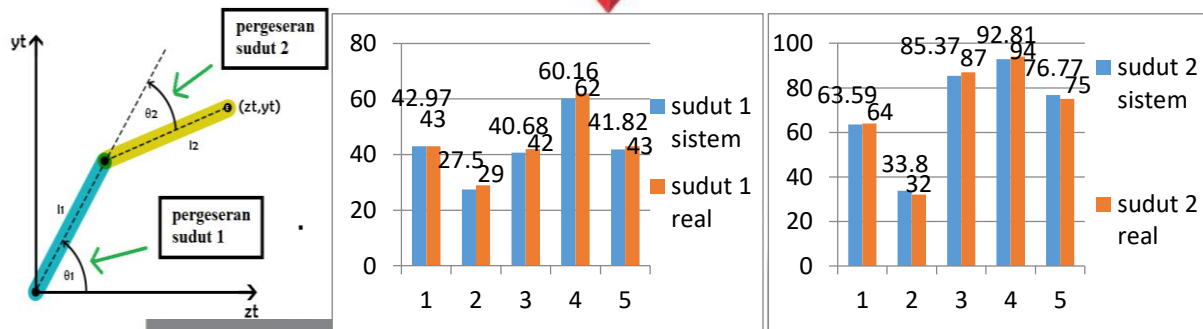
Pengujian ini berguna untuk mengetahui tingkat akurasi jarak dengan dilakukan pergeseran bidang Y dari kamera robot menuju objek. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui jarak pada posisi pergeseran derajat objek. Posisi dianggap sebagai posisi derajat pergeseran.



Gambar 12. ilustrasi Pengujian (kiri) dan grafik pengujian (kanan)

4.6 Pengujian Pergeseran *Inverse Kinematics*

Pengujian ini berguna untuk mengetahui tingkat akurasi pada besaran sudut 1 dan sudut 2 terhadap bidang y dan bidang z. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pergerakan pada lengan robot sampai mendekati terminal *charger*. Berikut adalah ilustrasi penempatan sudut 1 dan sudut 2.



Gambar 13. ilustrasi Pengujian (kiri). Grafik pengujian sudut 1 (tengah) dan grafik pengujian sudut 2 (kanan)

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisi pada sistem pengolahan citra dan pergerakan robot maka dapat disimpulkan sebagai berikut

1. Sistem pengolahan citra pada sistem ini telah bekerja dengan baik namun masih dibutuhkan jarak pandang citra dengan FOV (field of view) yang lebih luas.
2. Sistem pergerakan motor secara linear dan lengan robot dengan *inverse kinematics* sudah dapat bekerja dengan baik, namun masih memiliki galat pada beberapa percobaan.
3. Penggunaan *Focal Length* meningkatkan tingkat akurasi pada perghitungan pergeseran objek pada pengolahan citra. Hasil pergeseran akurasi berada pada rentang 90%-100%.
4. Kalibrasi motor *servo* meningkatkan tingkat akurasi pada perghitungan pergeseran sudut pada pergeseran inverse kinematik. Hasil pergeseran akurasi berada pada rentang 78%-100%.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa sistem dapat disarankan

1. Menggunakan kamera dengan FOV (*field of view*) yang lebih luas dari 60 derajat.
2. Mengembangkan logika kecembungan kamera pada sistem dikarenakan semakin besarnya FOV pada kamera maka semakin besar juga distorsi pada citra yang didapat.
3. Menambahkan komunikasi antara penempatan lokasi *charger* dengan mobil.
4. Diharapkan sistem ini akan berkembang dengan peningkatan DOF lebih dari 2 pada sistem sehingga pergerakan lemngan robot dan peningkatan pendekatan kontrol menjadi lebih baik.

Daftar Pustaka

- [1] Tashrif, T. (2018). Peneliti: Energi fosil akan habis 2050. [online] Antara News. Available at: <https://www.antaraneews.com/berita/545481/peneliti-energi-fosil-akan-habis-2050> [Accessed 12 Oct. 2018].
- [2] Handayani, R. (2018). Gaikindo: Tantangan Mobil Listrik di Indonesia Masih Besar | Republika Online. [online] Republika Online. Available at: <https://republika.co.id/berita/otomotif/mobil/18/05/23/p96o7o284-gaikindo-tantangan-mobil-listrik-di-indonesia-masih-besar> [Accessed 12 Oct. 2018].

- [3] Hafil, M. (2015). Sulitnya Self Service di SPBU | Republika Online. [online] Republika Online. Available at: <https://www.republika.co.id/berita/koran/urbana/15/05/18/nojfoq29-sulitnya-self-service-di-spbu> [Accessed 12 Oct. 2019].
- [4] Botsford, C and Szczepanek, A. (2009). Fast Charging vs. Slow Charging: Pros and cons for the New Age of Electric Vehicles [Accessed 12 Oct. 2019].
- [5] Petrou, M. and Petrou, C. (n.d.). Image processing. 5th ed. UK: John Wiley & Sons.
- [6] Gonzalez, R. and Woods, R. (n.d.). Digital image processing. 3rd ed. New Jersey: Prentice Hall.
- [7] Firoozian, R. (2009). Servo motors and industrial control theory. New York: Springer.
- [8] Wicaksono, F. (2018). Perancangan Dan Implementasi Alat Penyortir Barang Pada Konveyor Dengan Pengolahan Citra. Bandung: Telkom University.
- [9] Febrian, W. (2018). Sistem Pengolahan Citra Pendeteksi Jalur Pada Mobil Listrik Otonom. Bandung: Telkom University.
- [10] Efander, A. (2017). Sistem Interaksi Robot Menggunakan Citra Deteksi Wajah Manusia Secara Realtime. Bandung: Telkom University.
- [11] Wahyu. (2014). Perancangan Dan Implementasi Kontrol Posisi Lengan Robot Untuk Pemngambilan Objek Menggunakan Kamera Dan Metode Inverse Kinematics. Bandung: Telkom University.
- [12] Kucuk, S. and Bingul, Z. (2006). Industrial Robotics Theory Modelling Control. London: IntechOpen.
- [13] Jazar, R. (2010). Theory of applied robotics. New York: Springer.
- [14] Hessmer, R. (2009). Kinematics for Lynxmotion Robot Arm. Kinematics for Lynxmotion Robot Arm, 6.

