

Estimasi Arah Robot Pembersih Panel surya Menggunakan Algoritma Line Detection Klasik

Sapto Wibowo^{*a)}, Rula Athifah^{a)}, Indrazno Siradjuddin^{a)}, Ratna Ika Putri^{a)}

(Received 21 Desember 2023 || Revised 22 Januari 2023 || Accepted 22 Februari 2024)

Abstract: Currently, solar panels are widely used in homes, offices, and buildings. Solar energy is converted into electrical energy by solar panels. The surface of solar panels determines how efficient they are; if the surface is dirty, the efficiency of solar panels will decrease. Therefore, they must be cleaned to maintain their effectiveness. Cleaning solar panels is one of the tasks that can be performed by an autonomous robot, which can move without the need for human control or remote control usage. To make the robot move autonomously, a camera is used to capture images of solar panels so that the robot can move on its own. The images captured by the camera will then be processed using a classic line detection algorithm (Hough line transform) to estimate the direction, in the form of the angle (θ), of the robot relative to the solar panel based on the lines detected by the algorithm. The direction of the robot relative to the solar panel determines the robot's future movement. The algorithm used (Hough line transform) has been able to estimate the direction of the robot quite well with a relatively fast processing time. Thus, it can be concluded that this research successfully determines the direction based on the available images.

Keywords : Estimate,, Hough, Line detection, Solar panel, Theta

1. Pendahuluan

Saat ini, semua kegiatan manusia membutuhkan listrik. Produsen listrik konvensional menggunakan batu bara atau sumber energi tak terbarukan lainnya sebagai bahan bakar membuat listrik. Seperti halnya pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) yang ada di paiton, tercatat bahwa PT. POMI membutuhkan sekitar 4.6 juta ton batu bara untuk menghasilkan 2 x 645 NMW(net) listrik untuk setiap unitnya [1]. Sumber energi tak terbarukan tadi jika diambil secara terus menerus dalam jumlah yang banyak akan mengakibatkan habisnya sumber energi tadi. Untuk mengatasi hal tersebut, maka pemerintah mengeluarkan peraturan pemerintah (PERMEN) ESDM No. 50/2017 mengenai peraturan penggunaan sumber daya mineral yang ada [2]. Oleh sebab itu, pemerintah mengeluarkan peraturan pemerintah (PERMEN) ESDM No. 49/2018 mengenai penggunaan panel surya pada atap gedung [3]. Panel surya adalah alat yang digunakan untuk mengubah cahaya menjadi energi listrik. Panel surya biasanya diletakkan pada area outdoor dengan tujuan agar panel surya dapat menangkap sinar matahari lebih optimal. Panel surya biasanya diletakkan pada atap gedung-gedung yang tinggi, di tengah lapangan, atau daerah-daerah yang jauh dari pohon-pohon tinggi. Peletakan panel surya di area outdoor memungkinkan permukaan panel surya tertimbun debu atau kotoran lainnya sehingga permukaan panel surya perlu dibersihkan. Hal ini disebabkan, jika permukaan panel surya tertimbun debu akan mengakibatkan kurangnya efisiensi penggunaan panel surya. Panel surya perlu dibersihkan secara berkala, oleh sebab itu maka penggunaan robot panel surya dapat mempermudah pekerjaan manusia. Robot sendiri merupakan sistem yang fungsinya untuk menghibur sehingga memiliki daya tarik yang cukup tinggi untuk diteliti [4]. Robot pembersih panel surya tersebut merupakan jenis robot autonomous, dimana robot autonomous merupakan robot yang dapat melakukan tugas-tugas yang diinginkan dalam lingkungan yang tidak terstruktur tanpa bimbingan manusia secara terus menerus [5]. Robot ini dilengkapi dengan kamera untuk

mengetahui arah robot terhadap panel surya. Informasi mengenai arah dari robot terhadap panel surya tersebut berfungsi untuk menjaga robot berada pada jalurnya dan tidak terjatuh dari panel surya. Panel surya sendiri merupakan suatu bidang tiga dimensi dengan permukaannya merupakan garis-garis horizontal dan vertikal. Sehingga panel surya merupakan sebuah bidang tiga dimensi dengan sedikit fitur tiga dimensi.

Beberapa penelitian terdahulu mengenai estimasi arah atau pose menggunakan kamera seperti penelitian dengan judul "Size/Position Identification in Real-Time Image Processing using Run Length Encoding" dimana pada penelitian tersebut mengangkat permasalahan berupa mendeteksi 11 objek yang diletakkan pada suatu daerah tertentu dengan waktu sampling sebesar 16.67ms. Penelitian tersebut menggunakan metode atau algoritma RLE (Run Length Encoding), algoritma tersebut merupakan algoritma yang mengidentifikasi warna lalu mengelompokkan warna yang terbaca pada setiap pixel menjadi 24-bit RGB. Untuk menganalisis warna-warna tersebut, algoritma RLE menggunakan dua struktur data yaitu RLE_element dan Neighbors. Penelitian tersebut mendapatkan hasil berupa dapat mengidentifikasi posisi dari objek-objek yang ada walaupun objek tersebut berukuran kecil [6]. Pada jurnal dengan judul "Position Estimation for an Autonomous Mobile Robot in an Outdoor Environment" dimana pada penelitian tersebut mengangkat permasalahan berupa melakukan estimasi posisi robot untuk mempermudah navigasi dengan menggunakan informasi DEM. Dimana kamera yang ada digunakan untuk mencari mengetahui posisi dari robot. Algoritma tersebut berhasil diuji pada berbagai lokasi pegunungan di Colorado dan Texas menggunakan gambar yang disimulasikan dari DEM dengan keberhasilan yang baik dalam mengestimasi posisinya [7]. Pada penelitian yang berjudul "Position And Attitude Estimation Using Image Processing Of Runway" dimana pada penelitian tersebut mengangkat permasalahan berupa estimasi posisi dan derajat pesawat saat ini. Penggunaan kamera digunakan untuk meningkatkan akurasi navigasi penerbangan. Estimasi dilakukan dari jarak 200m

*Korespondensi: sapto.wibowo@polinema.ac.id

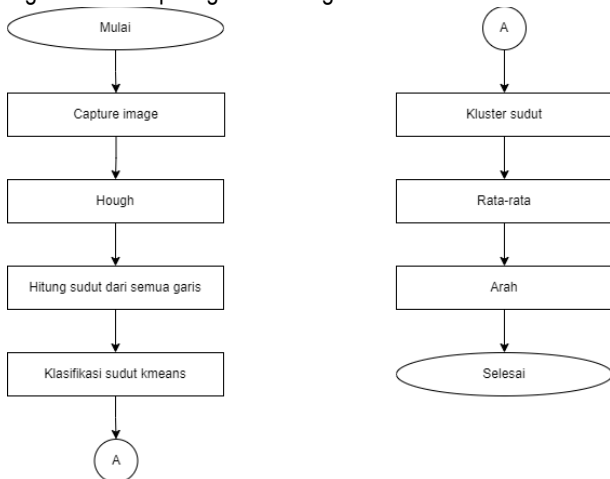
a) Prodi Sistem Kelistrikan, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Jalan Sukarno Hatta no.9 Kota Malang, Jawa Timur Indonesia

sebelum ambang runway menjadi 200m sebelum runway berakhir. Hasil dari penelitian ini berupa akurasi estimasi posisi yang direalisasikan adalah sekitar 1m, dan akurasi estimasi sudut sekitar $0,2^\circ$ pada ketinggian 30m. Perkiraan posisi yang diperoleh dari data sensor gambar dapat digabungkan dengan perkiraan dari sistem navigasi yang ada untuk meningkatkan akurasi navigasi secara keseluruhan [8]. Pada penelitian dengan judul "RGB-D Image Processing Algorithm for Target Recognition and Pose Estimation of Visual Servo System" mempelajari kinerja kontrol sistem visual servoing di bawah kamera planar dan kamera RGB-D. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa algoritma optimisasi saat ini diciri-cirikan oleh kecepatan pemrosesan gambar dan presisi konvergensi sistem. Penelitian ini memiliki kekurangan berupa ketika objek target terlalu kecil, faktor lingkungan akan berpengaruh signifikan. Meskipun, objek target dapat diidentifikasi secara efektif dalam lingkungan yang kompleks, jika disekitarnya dipenuhi dengan objek yang serupa dalam warna, bentuk, tekstur, atau ukuran, algoritma yang ada akan salah menilai [9].

Berdasarkan metode-metode pada beberapa penelitian sebelumnya, maka pada penelitian ini menggunakan metode line detection klasik berupa algoritma hough line transform untuk mengestimasi arah dari robot pembersih panel surya.

2. Metode

Jika penelitian sebelumnya menggunakan algoritma berupa mengelompokkan warna yang ada telah terdeteksi pada gambar, metode ini dirasa kurang sesuai digunakan pada penelitian ini dikarenakan permukaan panel surya memiliki dua warna yakni hitam dan putih pada seluruh permukaan panel surya. Kedua warna tersebut tidak dapat dijadikan acuan untuk mengestimasi posisi dan arah dari robot terhadap panel surya. Selain itu pada penelitian sebelumnya menggunakan DEM sebagai navigasi dan menggunakan kamera untuk mengestimasi posisi, metode tersebut dirasa kurang sesuai dengan peletakan panel surya yang diletakkan pada atap gedung-gedung perkantoran dan lain-lain. Berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya, maka metode yang digunakan untuk mengestimasi arah dari robot pembersih panel surya dengan menggunakan algoritma line detection klasik. Line detection klasik yang digunakan berupa algoritma hough line transform.



GAMBAR 2.1 FLOW CHART

2.1. Capture image

Capture image atau mengambil gambar adalah sebuah kegiatan mengambil gambar oleh kamera yang diletakkan pada robot dengan ketinggian 5cm dari robot dengan sudut kemiringan 45° dimana kamera diposisikan menghadap ke samping. Kamera yang digunakan merupakan kamera dengan tipe Webcam JETE FHD 1080.



GAMBAR 2.2 CONTOH HASIL TANGKAP GAMBAR KAMERA

Pada Gambar 2 dapat dilihat hasil tangkap gambar yang dilakukan oleh robot. Hasil tangkap gambar nantinya akan diproses menggunakan algoritma hough line transform.

2.2. Hough line transform

Hough adalah sebuah algoritma pendeteksian garis yang ada. Untuk mendeteksi garis, pada awalnya program akan mendeteksi titik-titik yang ada pada gambar, dari titik-titik yang terdeteksi akan ditarik garis lurus melewati titik-titik tersebut [10]. Algoritma hough digunakan untuk mendeteksi garis-garis yang ada pada panel surya. Sebelum pendeteksian garis, gambar perlu diubah warnanya menjadi gray/abu-abu. Setelah diubah warnanya, langkah selanjutnya adalah dilakukan canny. Canny adalah algoritma multi-langkah untuk mendeteksi tepi untuk setiap gambar input [11]-[15].



GAMBAR 2.3 GRAY SCALE



GAMBAR 2.4 CANNY

Gambar merupakan gambar hasil gray scale dari Gambar 2. Gambar merupakan gambar hasil Canny dari gambar hasil gray scale (Gambar).

2.3. Hitung sudut semua garis

Berdasarkan garis-garis tersebut, dapat diketahui informasi mengenai sudut dari setiap garis yang terdeteksi. Untuk mendeteksi atau menghitung sudut digunakan Persamaan 1.

$$Sudut(\theta) = \arctan2(Y_2 - Y_1, X_2 - X_1 \times 180/\pi) \quad \text{Persamaan 1}$$

Dari Persamaan 1 dapat diketahui bahwa nilai titik-titik yang ada mempengaruhi besar sudut yang ada.

2.4. Proses sudut

Proses sudut ini terdiri dari klasifikasi, kluster, rata-rata dan mengetahui arah robot terhadap panel surya. Sudut-sudut yang terbaca nantinya akan diklasifikasi atau dikelompokkan menggunakan kmeans menjadi dua kelompok dengan rentang tertentu. Setelah dikelompokkan, sudut-sudut tersebut akan dicari kelompok mana dengan anggota terbanyak lalu dirata-rata. Hasil rata-rata dari sudut tersebut nantinya akan digunakan untuk informasi arah dari robot terhadap panel surya. Sehingga arah robot terhadap panel surya berupa sudut. Sudut tersebut nantinya akan digunakan untuk menjaga robot tetap berada pada panel surya dan tidak terjatuh.

3. Hasil Dan Pembahasan

Hasil dari penelitian ini berupa data hasil image processing dan data jika algoritma tersebut diterapkan pada robot.

3.1. Hasil pemrosesan gambar

Hasil dari image processing yang sudah dilakukan dengan metode hough line transform sebagai berikut

TABEL 3.1 GAMBAR HASIL GREY

Input	Grey

Berdasarkan

Input	Grey

dapat dilihat jika program gray dapat melakukan gray scale dengan baik.

TABEL 3.2 GAMBAR HASIL CANNY

Input	Canny

Input	Canny

Berdasarkan Tabel tersebut dapat dilihat jika program canny yang ada padat mendeteksi garis-garis yang ada pada panel surya. Canny merupakan program atau kegiatan yang dilakukan setelah Gray, sehingga Canny mengambil input dari keluaran Gray.

TABEL 3.3 GAMBAR HASIL HOUGH

Input	Hough

Input	Hough

Berdasarkan Tabel dapat dilihat jika program Hough yang ada telah berhasil mendeteksi garis-garis hasil yang ada pada gambar panel surya setelah dideteksi oleh Canny. Berdasarkan garis-garis yang telah terdeteksi akan dicari sudut dari setiap garis. Sudut-sudut tersebut akan dikelompokkan menjadi dua kelompok. Setiap kelompok sudut akan dicari rata-ratanya dan rata-rata tersebut yang nantinya akan menjadi informasi arah robot terhadap panel surya.

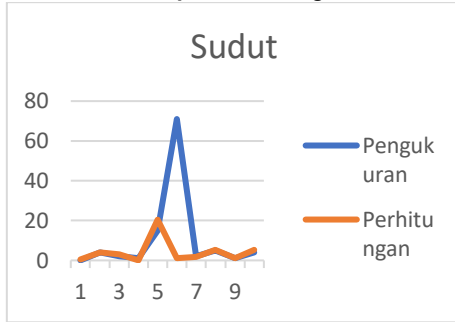
TABEL 3.4 DATA HASIL PERCOBAAN IMAGE PROCESSING

No.	Perhitungan (°)	Pengukuran (°)	Error (°)	Persentase error (%)
1.	0,41004156	0	0,41004156	0
2.	-4,0140281	4	0,0140281	0,3507025
3.	3,0425108	2	1,0425108	52,12554
4.	0,02866222	1	0,97133778	97,133778

5.	20,45863089	15	5,45863089	36,3908726
6.	-1,24727907	71	69,75272093	98,24326892
7.	-1,90156284	2	0,09843716	4,921858
8.	5,40356461	5	0,40356461	8,0712922
9.	-1,00316533	1	0,00316533	0,316533
10.	5,36763375	4	1,36763375	34,19084375
Rata-rata			7,952207091	33,1744689

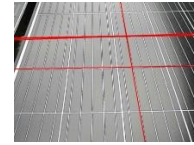
Berdasarkan data pada Tabel di atas, dapat diketahui bahwa memiliki rata-rata error sebesar $6,212292083^\circ$ atau $33,1744689\%$.

3.2. Pembahasan hasil pemrosesan gambar

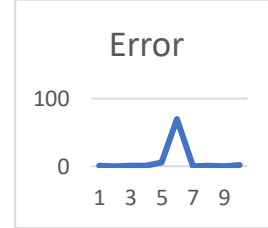


GAMBAR 3.1 THETA

Dari Gambar dapat dilihat bahwa nilai pengukuran dan perhitungan theta memiliki nilai yang mendekati atau berhimpit antara hasil perhitungan dan pengukuran seperti data pertama sampai data ke-empat dan data ke-tujuh hingga data ke-sepuluh dengan masing-masing nilai perhitungan pada data pertama $0,41004156^\circ$ dan pengukuran 0° . Pada data ke-dua memiliki nilai perhitungan $4,0140281^\circ$ dan pengukuran 4° . Pada data ke-tiga memiliki hasil perhitungan sebesar $5,0425108^\circ$ dan pengukuran sebesar 2° . Pada data ke-empat memiliki hasil perhitungan sebesar $0,02866222^\circ$ dan pengukuran sebesar 1° . Pada data ke-tujuh memiliki hasil perhitungan sebesar $1,90156284^\circ$ dan pengukuran sebesar 2° . Pada data ke-delapan memiliki hasil perhitungan sebesar $5,40356461^\circ$ dan pengukuran sebesar 5° . Pada data ke-sembilan memiliki hasil perhitungan sebesar $1,00316533^\circ$ dan pengukuran sebesar 1° . Pada data ke-sepuluh memiliki hasil perhitungan sebesar $5,36763375^\circ$ dan pengukuran sebesar 4° . Beberapa data seperti pada data ke-lima dan ke-enam memiliki perbedaan yang cukup tinggi antara pengukuran dan perhitungan. Seperti pada ke-lima memiliki hasil perhitungan sebesar $20,45863089^\circ$ sedangkan hasil pengukurannya sebesar 15° , begitu juga dengan data ke-enam yang memiliki nilai perhitungan $1,24727907^\circ$ dan nilai pengukuran sebesar 71° . Perbedaan yang cukup jauh tersebut dapat disebabkan oleh pembacaan garis pada algoritma dan aktual berbeda, seperti pada Gambar dimana algoritma membaca garis horizontal sedangkan aktual membaca garis vertikal(garis tepi) sehingga terjadi perbedaan nilai antara perhitungan dan pengukuran yang cukup besar. Namun, jika mata membaca sama seperti algoritma membaca garis maka nilai hasil pengukuran sebesar 1° nilai tersebut mendekati nilai perhitungan oleh algoritma yaitu sebesar $1,24727907^\circ$.

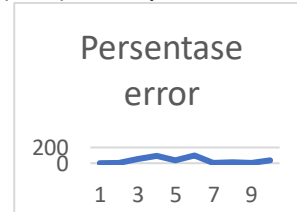


GAMBAR 3.2 CONTOH ERROR



GAMBAR 3.4 ERROR THETA

Dari Gambar dapat diketahui bahwa error dari theta yang ada kebanyakan mendekati 0 dan pada data ke-enam memiliki error sebesar $69,75272093^\circ$. Rata-rata error theta sebesar $7,952207091^\circ$. Nilai error didapat dari hasil pengurangan antara nilai perhitungan(hasil algoritma) dan pengukuran(nilai aktual), dimana nilai pengukuran didapatkan dengan cara mengukur sudut garis tepi pada panel surya.



GAMBAR 3.5 PERSENTASE ERROR

Dari nilai pada **Error! Reference source not found.** dapat dibuat grafik persentase error seperti pada Gambar. Pada grafik tersebut dapat dilihat jika pada data ke-empat dan ke-enam memiliki persentase error yang tinggi. Besarnya nilai persentase error dapat disebabkan karena nilai error yang besar atau nilai selisih nilai error dan pembagi(nilai aktual) yang kecil. Seperti pada data ke-empat yang memiliki nilai error sebesar $0,97133778^\circ$ dan nilai pembagi(nilai aktual) sebesar 1° . Sedangkan pada data ke-enam memiliki nilai error sebesar $69,75272093^\circ$ dan nilai pembagi(nilai aktual) sebesar 71° . Rata-rata persentase error sebesar $33,1744689\%$.

4. Kesimpulan

Dari data yang ada dapat disimpulkan bahwa algoritma yang ada dapat membaca garis-garis yang ada dengan cukup baik. Dari sepuluh data yang ada, terdapat dua data yang memiliki tingkat error yang tinggi. Hal ini disebabkan terjadi perbedaan antara algoritma membaca garis dengan keadaan aktualnya. Algoritma membaca garis horizontal sedangkan aktual membaca garis vertikal(garis tepi) sehingga terjadi perbedaan nilai antara perhitungan dan pengukuran yang cukup besar. Namun, rata-rata error yang ada sudah cukup kecil yaitu $7,952207091^\circ$ dengan rata-rata persentase error sebesar $33,1744689\%$.

Saran Untuk penelitian selanjutnya diharapkan untuk menambahkan informasi mengenai posisi. Hal ini dikarenakan jika hanya mendapatkan informasi mengenai sudut tanpa posisi dapat memungkinkan robot yang ada dapat terjatuh pada ujung panel surya. Selain menambahkan informasi posisi, untuk

penelitian selanjutnya juga perlu memperbaiki algoritma sehingga rata-rata dan persentase error yang ada lebih kecil.

Referensi

- [1] PT. POMI, "Gambaran Umum PT POMI," dalam Standart Laporan PKL POMI, Probolinggo, PT. POMI, 2022, p. 2.
- [2] "ESDM," 2017. [Online]. Available: <https://jdih.esdm.go.id/peraturan/PerMen%20ESDM%20NO.%2050%20TAHUN%202017.pdf>. [Diakses 5 2023].
- [3] "ESDM," 2018. [Online]. Available: <https://jdih.esdm.go.id/peraturan/Permen%20ESDM%20Nomor%2049%20Tahun%202018.pdf>. [Diakses 5 2023].
- [4] A. Adriansyah, "PERANCANGAN ROBOT LOCALIZATION MENGGUNAKAN METODE DEAD RECKONING," no. SINERGI, 2014.
- [5] H. N. I. S. M. F. RISANU, "Sistem Waypoint Pada Autonomous Mobile Robot Berbasis Arduino," Universitas Gadjah Mada, 2016.
- [6] C. H. D. S. S. K. & G. G. S. Messom, "Size/position identification in real-time image processing using run length encoding," Proceedings of the 19th IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference, vol. Vol. 2, no. IEEE, pp. 1055-1059, 2002, May.
- [7] R. & A. J. K. Talluri, "Position estimation for an autonomous mobile robot in an outdoor environment," IEEE Transactions on Robotics and Automation, vol. 8(5), no. IEEE, pp. 573-584, 1992.
- [8] S. G. H. N. T. I. T. & H. Y. Sasa, "Position and attitude estimation using image processing of runway," The American Institute of Aeronautics and Astronautics, no. American Institute of Aeronautics & Astronautics, p. p. 301, 2000, January.
- [9] S. L. D. Z. C. W. J. & X. M. Li, "RGB-D image processing algorithm for target recognition and pose estimation of visual servo system," Sensors, vol. 430, no. MDPI, p. 20(2), 2020.
- [10] K. a. H. Q. a. Z. C.-B. a. X. J. a. C. M.-M. Zhao, "Deep hough transform for semantic line detection," IEEE, no. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, pp. 4793-4806, 2021.
- [11] E. Team, "Towards AI," 17 September 2020. [Online]. Available: <https://towardsai.net/p/computer-vision/what-is-a-canny-edge-detection-algorithm>. [Diakses 11 10 2023].
- [12] F. M. Vina Ardelia Effendy, "Perbandingan Algoritma Canny Edge Detection Dan Prewitt Pada Deteksi Stadium Diabetik Retinopati," JURNAL ILMIAH INFORMATIKA, 2018.
- [13] S. Wibowo, S. S. Wiwaha, and I. Heryanto, "Pengembangan Alat Estimasi Pola Peningkatan Kekotoran Panel PV," Elposys: Jurnal Sistem Kelistrikan, vol. 10, no. 2, pp. 142-147, 2023.
- [14] H. M. al Jabbar and M. F. Hakim, "Analisis Efektivitas Daya Dan Energi Pada Sistem Pembersih Solar PV 2x 50 Wp dengan Metode Lateral Movement," Jurnal Teknik Ilmu dan Aplikasi, vol. 4, no. 2, pp. 38-44, 2023.
- [15] R. Agung, N. R. Akbar, and S. Wibowo, "Perencanaan dan Implementasi Inverter Satu Fasa Pada Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro di Air Terjun Watu Lumpang Mojokerto," Elposys: Jurnal Sistem Kelistrikan, vol. 9, no. 3, pp. 108-114, 2022.