KONVERSI BAYANGAN TEGAK LURUS MATAHARI KE SUDUT MELALUI PENGOLAHAN CITRA

(*CONVERSION OF PERPENDICULAR SOLAR SHADOW TO ANGLE*)

M. Iqbal Yoan M[1],., Wahmisari Priharti, M.Sc., Ph.D.[2], Dien Rahmawati, S.Si., M.T.[3]

[1,2,3]Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
[1]mochamadyoan@student.telkomuniversity.ac.id, [2]priharti@telkomuniversity.ac.id, [3]dienrahmawati@telkomuniversity.ac.id

ABSTRAK

Panel surya adalah alat yang dapat mengubah pancaran radiasi cahaya matahari menjadi energi listrik. Untuk mendapatkan daya maksimal yang dihasilkan oleh panel surya maka posisi arah datang cahaya matahari dan panel surya haruslah selalu tegak lurus. Pergerakan matahari setiap waktu selalu berubah dari timur menuju barat begitu juga pengaruh dari posisi matahari yang berada di utara maupun selatan. Hal ini membuat sudut dari pergerakan matahari selalu berbeda setiap saat. Oleh karena itu perlunya sebuah alat untuk dapat membuat posisi sudut selalu diketahui untuk dapat diimplementasikan pada panel surya agar selalu dapat mengikuti arah datang sinar matahari secara tegak lurus.

Pada tugas akhir ini, dirancang sebuah perangkat yang dapat membuat posisi sudut arah datang matahari selalu diketahui. Dengan menggunakan kamera dan proses pengolahan citra dengan memanfaatkan bayangan objek batang berupa baut dengan ukuran 4 cm dan diameter 1 mm yang diletakan pada bidang datar, bayangan yang ditangkap oleh kamera tersebut diproses oleh pengolahan citra (*image processing*) untuk mendapatkan posisi sudut arah datang matahari dan posisi sudut tersebut sebagai bahan masukan untuk motor penggerak untuk dapat selalu menyesuaikan posisi tegak lurus dengan arah datang cahaya matahari.

Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa perangkat yang dibuat dapat selalu mengikuti arah datang cahaya matahari dengan menggunakan input sudut dari hasil permisalan dengn tingkat akurasi nilai tingkat akurasi menuju arah titik pusat adalah 104% untuk sudut azimuth atau sumbu X dan 97% untuk sudut altitude atau sumbu Y.

Kata Kunci : konversi bayangan, sudut, *image processing*

ABSTRACT

Solar panels are tools that can convert sunlight radiation into electrical energy. To get the maximum power produced by the solar panel then the direction position comes the light of the sun and solar panels should always be perpendicular. The movement of the sun every time is always changing from east to West as well as the influence of the position of the sun in the north and south. This makes the angle of the movement of the sun always different at all the times. Therefore the necessity of a tool to be able to make angular positions is always known to be implemented on solar panels.

On this final assignment, designed a device that can make the position of the directional corners come the sun is always known. Using the camera and the image processing process by utilizing the shadow of the stem object in the form of a bolt with a size of 4cm and a diameter of 1mm placed on the flat plane, the shadows captured by the camera are processed by image processing to get the angle position of the direction comes the sun and the position of the angle as input material for the drive motor to be able to always adjust the position perpendicular to the direction of coming sunlight.

From the results of the study can be concluded that the device that is made can always follow the direction of sunlight, using the angle input of the results with examples value accuracy level of accuracy to the direction of the central point is 104% for azimuth angle or X axis and 97% for altitude angle or Y axis

Keywords: shadow conversion, angle, image processing.

1 Pendahuluan

Energi matahari merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang dapat diperbaharui dan dapat dikonversi menjadi energi listrik menggunakan panel surya. Indonesia yang merupakan negara tropis memiliki potensi energi surya yang sangat besar karena wilayahnya yang terbentang melintasi garis khatulistiwa dengan besar radiasi penyinaran 4,80 kWh/m2/hari [1]. Energi listrik yang dihasilkan dari suatu panel surya bergantung pada besar intensitas radiasi cahaya matahari yang diterima oleh panel surya. Oleh karena itu perlunya suatu sistem yang dapat mengoptimalkan keluaran dari panel surya.

Sistem pelacakan surya merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan keluaran dari panel surya dengan menjaga posisi panel surya tetap tegak lurus mengikuti arah pancaran matahari. Dengan memanfaatkan bayangan

objek yang dihasilkan dari pancaran sinar matahari yang diletakan pada suatu media transparan serta posisi media dan objek yang sejajar dengan panel surya, bayangan dari objek diproses pada pengolahan citra berupa citra batang menjadi sudut, yang kemudian sudut yang diperoleh dikirimkan pada mikrokontroler yang terhubung dengan motor servo sebagai penggerak dengan harapan motor penggerak dapat mengikuti sudut yang diberikan sehingga bayangan dapat tegak lurus dengan sinar matahari[2]. Pada penelitian sebelumnya telah banyak upaya untuk melakukan pelacakan matahari agar posisi panel surya tetap terjaga pada posisi tegak lurus terhadap matahari, seperti menggunakan sensor LDR pada perangkat panel surya, menggerakan panel surya dengan data perkiraan sudut yang berada pada beberapa website salah satu contohnya adalah suncalc.org.

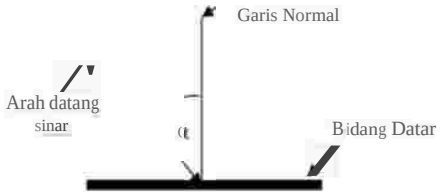
Pada pengerjaan Tugas Akhir ini akan dirancang sebuah sistem konversi bayangan tegak lurus matahari menjadi sudut untuk menggerakan motor penggerak sehingga perangkat yang dibuat oleh penulis dapat mengkuti arah datang cahaya matahari setiap saat

.

2. Teori dan Tahap Perencanaan

2.1. Pengaruh Sudut terhadap Radiasi yang Diterima

Besarnya radiasi yang diterima oleh panel surya dipengaruhi oleh sudut dating (angle of incidence) yakni sudut antara arah sinar datang dengan komponen media tegak lurus bidang panel.



Gambar 2.1 Arah datang sinar matahari

Panel akan mendapatkan radiasi masksimum pada saat posisi cahaya matahari tegak lurus dengan bidang panel. Pada saat arah matahari tidak tegak lurus dengan bidang panel atau membentuk sudut Tetha seperti gambar diatas maka panel akan menerima radiasi lebih kecil dengan faktor cosΘ [8].

2.2. Computer Vision

Computer vision merupakan salah satu cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari bagaimana komputer dapat mengenali dan memahami objek yang diamati [9]. Penggunaan *computer vision* difokuskan untuk mendapatkan algoritma, representasi data, serta arsitektur komputer berdasarkan pada kemampuan visual [10]. *Computer Vision* merupakan kombinasi antara pengolahan citra dan pengenalan pola. Berikut merupakan bagian dari *computer vision*:

1. Pengolahan Citra

Pengolahan citra di kembangkan dengan tujuan untuk memperbaiki tampilan citra (*image enchancement*), mengurangi ukuran citra dengan tidak megubah kualitas dari citra (*Image compression*), memulihkan citra ke dalam kondisi semula (*image restoration*), dan untuk mengenali karateristik tertentu dari citra agar dapat lebih mudah untuk dianalisis [11].

1.2 Pengenalan Pola

Pengenalan pola mengklasifikasikan data numerik dan simbolik (citra) secara otomatis oleh komputer. Tujuan pengelompokan ini untuk mengenali objek dalam sebuah citra. Manusia memiliki daya untuk dapat mengklasifikasikan suatu objek hal ini yang kemudian ditiru oleh mesin atau dalam hal ini merupakan komputer. Komputer menerima masukan berupa citra objek yang kemudian diidentifikasi, diproses dan diberikan keluaran berupa deskripsi objek[12]. Pengenalan pola merupakan cabang ilmu yang mempelajari pola-pola data baik secara numerik maupun secara simbolik sehingga dapat di ambil satu atau lebih kesimpulan [13].

2.2.1. Pengolahan Citra (*Image Processing*)

Pengolahan citra merupakan pemrosesan citra atau gambar, dengan menggunakan komputer, agar kualitasnya lebih baik. Agar citra yang mengalami gangguan mudah diinterpretasi baik oleh manusia maupun komputer, maka citra perlu dimanipulasi menjadi citra lain yang kualitasnya lebih baik [14]. Teknik pengolahan citra digital merupakan transformasi citra dua dimensi menjadi citra lain dengan menggunakan komputer. Contoh operasi pengolahan citra adalah pengubahan kontras citra, penghilangan derau (noise), dengan operasi pelapisan atau filtering, penajaman atau sharpening, pemberian warna semu atau (pseudocolouring) [15].

Sebuah citra digital dapat dikatakan mewakili sebuah matriks yang terdiri dari M sebagai kolom dan N sebagai baris, dimana perpotongan antara kolom dan baris disebut piksel (Piksel = picture element) yakni

element terkecil dari sebuah citra. Piksel memiliki dua parameter, yaitu intensitas atau warna dan koordinat. Nilai yang ada pada koordinat(x,y) adalah f(x,y), yaitu besar intesitas dari piksel diposisi atau titik itu. Maka dari itu sebuah citra digital dapat dituliskan dalam bentuk matriks berikut :

$$f(x,y)=\begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \cdots & f(0,M-1) \\ f(1,0) & \cdots & \cdots & f(1,M-1) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f(N-1,0) & f(N-1,1) & \cdots & f(N-1,M-1) \end{bmatrix}$$

Gambar 2.2 Fungsi Matriks Citra

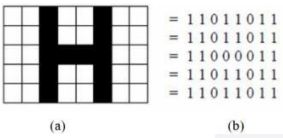
Dari gambar diatas, secara matematis citra digital dapat ditulisakn sebagai fungsi f (x,y), dimana x (baris) dan y (kolom) adalah koordinat posisi dan f (x,y) merupakan nilai fungsi pada setiap titik (x,y) yang menyatakan intensitas citra maupun tingkat keabuan dari piksel di titik tersebut[16]

.

2.2.2. Jenis-Jenis Citra Digital [17].

a. Citra Biner

Citra biner didapat dari proses pemisahan piksel-piksel berdasarkan derajat keabuan yang dimilikinya. Piksel yang memiliki derajat keabuan yang lebih kecil dari nilai batas yang telah ditentukan maka diberi nilai = 0, dan piksel yang memiliki derajat keabuan yang lebih besar dari batas maka akan diubah dan bernilai=1 berikut merupakan contoh citra biner dan representasi nya dalam data digital.



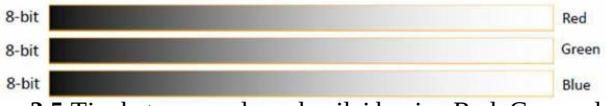
Gambar 2.3 (a) Citra biner, (b) Nilai penyimpanan pada memori

Citra biner seringkali muncul sebagai hasil dari proses pengolahan seperti segementasi, pengembangan, ataupun morfologi.

Gambar 2.4 Citra biner

b. Citra Grayscale

Citra Grayscale merupakan citra digital yang setiap piksel adalah sampel tunggal, yakni merupakan informasi intensitas. Citra jenis ini terbentuk hanya warna abu-abu, mulai dari warna hitam pada tingkat intensitas terendah hingga warna putih pada tingkat intensitas tinggi. Citra grayscale hanya memiliki satu nilai kanal pada setiap pikselnya, dengan kata lain nilai pada bagian red, green dan blue memiliki warna yang sama, yaitu warna dari hitam, keabuan, dan putih nilai tersebut digunakan untuk menunjukan intensitas. Gambar 2.6 menunjukan warna grayscale pada citra 8bit, yaitu dari warna hitam, keabuan dan putih pada setiap bagian red,green ,dan blue.



Gambar 2.5 Tingkat grayscale pada nilai bagian Red, Green, dan Blue

Citra grayscale memberi kemungkinan warna yang lebih banyak daripada citra biner, karena ada nilai-nilai lain diantara nilai minimumnya (biasanya = 0) dan nilai maksimum. Banyaknya kemungkinan minimum dan nilai maksimumnya bergantung pada julah bit yang digunakan [18].

Gambar 2.6 Citra Grayscale

c. Citra Warna (True color)

Pada citra warna, setiap titik mempunyai warna yang detail yang merupakan kombinasi dari 3 warna dasar yakni, merah, hijau dan biru. Format citra ini sering disebut sebagai citra RGB (red, green, blue). Setiap warna dasar memiliki intensitas masing-masing dengan nilai maksimum 255(8bit), dan warna minimum dengan warna putih Red memiliki warna minimum putih dan warna maksimum merah. Green memiliki warna minimum putih dan warna maksimal hijau. Blue memiliki warna minimum putih dan warna maksimum biru. Semisal warna kuning memiliki merupakan warna kombinasi antara warna merah dan hijau sehingga nilai RGB-nya adalah (255 255 0). Dengan demikian setiap titik atau piksel pada citra warna membutuhkan data 3 byte [19].

Gambar 2.7 Citra Warna (True Color)

2.3.3 Metode Ambang Batas Otsu

Metode ambang batas Otsu melibatkan iterasi melalui semua nilai ambang batas yang mungkin dan menghitung ukuran spread untuk tingkat piksel setiap sisi ambang, yaitu piksel yang jatuh dilatar depan atau latar belakang. Tujuannya adalah untuk menemukan nilai ambang dimana jumlah penyebaran *foreground* dan *background* pada nilai minimum [21].

2.3. Perhitungan Nilai Akurasi dan Presisi

Harga akurasi ditentukan dari besarnya penyimpangan data hasil uji dengan harga sesungguhnya (*true value*). Akurasi suatu metode tidak dapat ditentukan bila harga sesungguhnya tidak diketahui.[22]
Akurasi dihitung dengan persamaan:

Akurasi $= \frac{\bar{X}}{\bar{X}} \times 100\%$

Dimana:

$\bar{X}$ = N♦♦♦♦♦ R♦♦♦♦♦

♦♦$_{T}$♦♦ = N♦♦♦♦♦ ♦♦♦♦n♦♦♦♦♦♦ (♦♦♦♦♦ V♦♦♦♦♦)

Presisi atau kecermatan suatu metode adalah tingkat kedapat-ulangan suatu set hasil uji diantara hasil hasil itu sendiri. Presisi berhubungan dengan hasil suatu metode bila pengukuran itu diulangulang pada sampel yang homogen pada kondisi terkontrol. Presisi suatu metode dapat diuji dengan pengulangan analisis, apabila variasi hasilnya kecil, maka dikatakan bahwa kecermatan pengukuran tersebut tinggi.
Presisi dihitung dengan persamaan:

Presisi $= \sqrt{\frac{\sum(\Delta)^2}{♦♦-1}}$

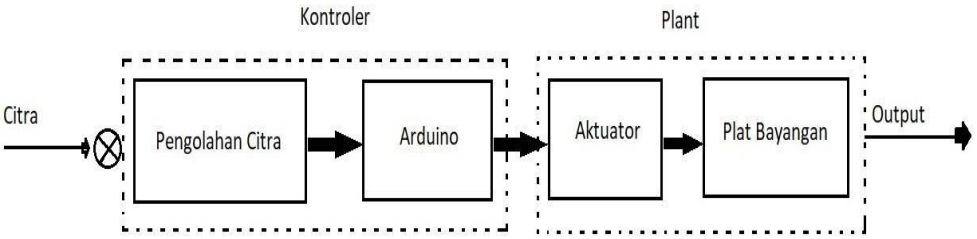
Dimana:

Δ = ♦♦♦♦♦♦♦h ♦♦♦l♦♦ ♦♦♦ ♦♦♦♦g♦n ♦♦♦l♦♦ ♦♦♦♦n♦♦♦♦♦♦

n = jumlah data pengulangan

3. Perancangan Sistem

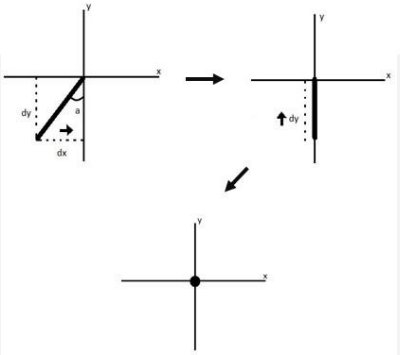
3.1. Diagram Blok Sistem



Gambar 3.1 Diagram blok sistem

3.1.2. Fungsi dan Fitur

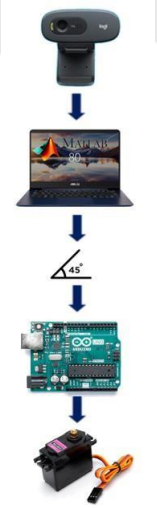
Secara garis besar sistem pada Gambar 3., merupakan alur proses konversi bayangan objek tegak lurus matahari menjadi sudut dan proses pengiriman data berupa sudut ke mikrokontroler dan motor servo untuk menggerakan media objek pengahsil bayangan sehingga sistem dapat bergerak mengikuti matahari dengan masukan sudut *pan* dan *tilt* dan posisi selalu tegak lurus menghadap matahari.Pada perancangan berdasarkan Gambar 3. tentang diagram blok, sistem memiliki masukan berupa citra yang ditangkap oleh kamera. Proses pengolahan citra dengan merubah citra asli menjadi citra *grayscale*. Citra *greyscale* adalah citra yang hanya memiliki 1 buah kanal sehingga yang ditampilkan hanyalah nilai intensitas atau lebih dikenal dengan derajat keabuan. Setelah proses merubah citra asli menjadi citra *greyscale* kemudian citra dirubah menjadi citra biner. Citra biner atau citra hitam putih adalah citra yang hanya memiliki 2 jenis kemungkinan nilai untuk setiap pikselnya, yaitu 0 atau 1. Nilai 0 akan tampil sebagai warna hitam sedangkan untuk nilai 1 akan tampil sebagai warna putih. Kemudian tahap selanjutnya adalah segmentasi citra yaitu membagi citra kedalam sejumlah region atau objek, dimana citra dikelompokan menjadi objek terang pada background gelap. Pada proses perhitungan sudut dengan menghitung jarak antara titik tengah dengan titik terjauh, setelah didapatkan hasil dari proses tersebut langkah selanjutnya adalah dengan menggunakan rumus triginometri untuk mendapatkan sudut azimuth atau sudut sumbu X. Berikut merupakan gambar proses pergerakan dengan masukan sudut.



Gambar3.2 Proses pergerakan bayangan berdasarkan sudut

Pada Gambar3. diatas diberikan label dx dan dy, dimana dx merupakan panjang antara titik terjauh bayangan dan titik garis yang ditarik pada sumbu x. Sedangkan dy merupakan titik terjauh bayangan dan titik garis yang ditarik pada sumbu y.

3.2. Perancangan Perangkat Keras

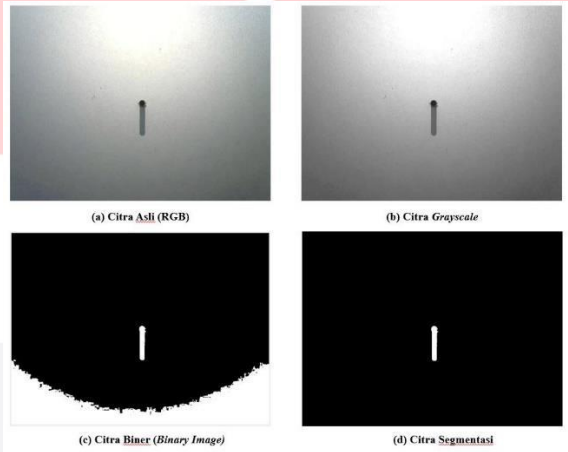


Gambar 3.3 Perancangan Perangkat Keras

4. Hasil Percobaan dan Analisis

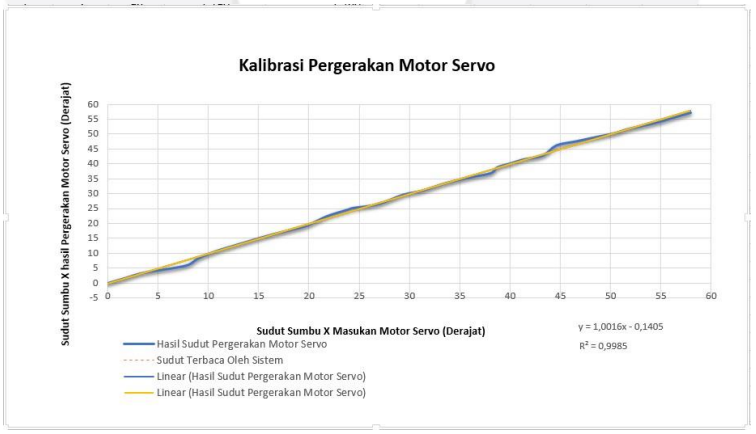
4.1. Pengujian Sistem *Grayscale, Binary Image* dan Segmentasi Citra

Hasil dan analisis



Gambar 4.1 Pengujian Sistem *Grayscle*,Citra Biner dan Segmentasi

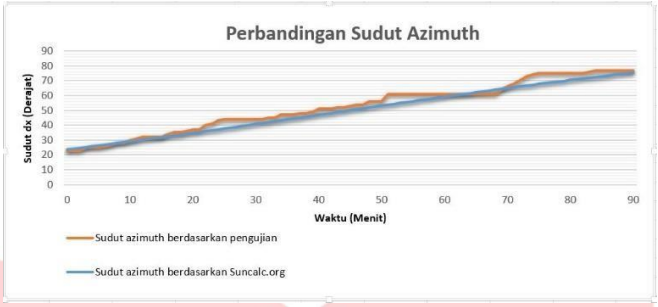
4.2. Pengujian Sudut Sumbu X dan Pergerakan Motor Servo Menggunakan Cahaya Lampu



Gambar 4.2 Grafik Kalibrasi Pergerakan Motor Servo

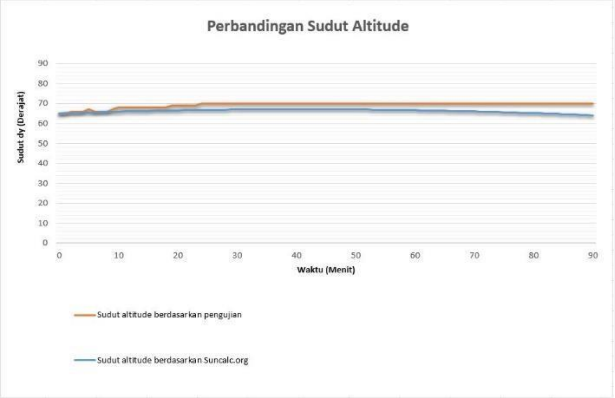
Berdasarkan Gambar 4.3 grafik diatas sudut sumbu X terhadap pergerakan yang dihasilkan dalam pengujian adalah meningkat hal ini berarti sudut yang dihasilkan untuk masukan servo dapat pengikuti pergerakan lampu karena adanya perubahan sudut. Hasil sudut yang diberikan untuk masukan motor servo dikumulatifkan untuk mendapatkan jumlah pergerakan motor servo selama pengujian. Dengan sudut awal yaitu 0° dan sudut akhir 57°. Hal ini menunjukan untuk pengujian perhitungan sudut X menghasilkan nilai R^2 sebesar 0,99, hal ini menyatakan bahwa input sudut dan pergerakan motor servo pada pengujian kalibrasi ini berfungsi dengan baik.

4.3. Pengujian Sudut Azimuth (sumbu X), Altitude (sumbu Y) dan Pergerakan Servo dengan Cahaya Matahari



Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Sudut Azimuth

Berdasarkan Gambar 4.5 grafik sudut dx terhadap waktu yang dihasilkan dari pengujian ini adalah meningkat, hal ini berarti sudut_dx yang dihasilkan untuk masukan servo dapat mengikuti pergerakan matahari karena adanya perubahan sudut. Hasil sudut yang diberikan untuk masukan motor servo dikumulatifkan untuk mendapatkan jumlah pergerakan motor servo selama pengujian. Dengan sudut awal yaitu 23° dan sudut akhir 77°. Hal ini menunjukan untuk pengujian perhitungan sudut azimuth sumbu X dengan menggunkan cahaya matahari selama 90 menit pengujian menghasilkan jumlah sudut pergerakan motor servo yaitu 54°.Untuk mendapatkan nilai error hasil pembacaan sudut azimuth pengujian alat, dibandingkan selisihnya antara nilai pembacaan sudut azimuth berdasarkan alat dan nilai sudut azimuth berdasarkan website *suncalc.org* dengan nilai akurasi sebesar 104% dan nilai presisi adalah 0,94.



Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Sudut Altitude

Berdasarkan Gambar 4.6 Grafik sudut altitude sumbu Y terhadap waktu yang dihasilkan dalam pengujian ini adalah meningkat hal ini menunjukan bahwa pergerakan matahari dapat diikuti oleh motor servo dan hasil sudut yang dihasilkan secara kumulatif meningkat. Terdapat bagian dalam grafik yang menunjukan data pergerakan servo tidak meningkat hal ini dikarenakan posisi matahari bergerak tetap berada pada posisi 70°. Untuk mendapatkan nilai error hasil pembacaan sudut altitude pengujian alat, dibandingkan selisihnya antara nilai pembacaan sudut altitude berdasarkan alat dan nilai sudut altitude berdasarkan website *suncalc.org* dengan nilai akurasi sebesar 97% dan nilai presisi adalah 0,27.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa Konversi Bayangan Tegak lurus matahari ke sudut melalui pengolahan citra sistem tersebut dapat disimpulkan bahwa:

1. Pengolahan citra berupa bayangan yang dikonversi menjadi sudut dapat dilakukan untuk menggerakan servo.
2. Konversi bayangan objek tegak lurus menjadi sudut dengan metode perhitungan sudut trigonometri hanya dapat dilakukan untuk sumbu X dengan nilai total sudut adalah 57°
3. Perhitungan sudut azimuth dengan metode inisialisasi sudut_dx untuk sumbu X dengan waktu pengujian 90 menit menggunakan cahaya matahari mengashilkan nilai akurasi pergerakan motor menuju arah titik pusat.

   akurasi : 104%
   total sudut : 0,94
4. Perhitungan sudut altitude dengan metode inisialisasi sudut_dy untuk sumbu Y dengan waktu pengujian 90 menit menggunakan cahaya matahari mengashilkan nilai akurasi pergerakan motor menuju arah titik pusat.

   akurasi : 97%
   total sudut : 0,27

DAFTAR PUSTAKA

[1] ESDM, K., 2016. Program Strategis EBTKE dan Ketenagalistrikan.Journal Energi. *www.esdm.go.id*.

[2] More, V., Kulkarni, V., 2014. *Design and implementation of microcontroller based automatic solar radiation tracker*. In: International Journal of Current Engineering and Technology, pp. 2277–4106.

[3] Tina G.M., Arcidiacono F., Gagliano A., (2012). *Intelligent sun-tracking system based on multiple photodiode sensors for maximisation of photovoltaic energy production*, Journal of Mathematics and Computer in Simulation.

[4] K. West, *Solar Cell Beyond Silicon*, Riso International Energy Confrence, 2003.

[5] M. Gratzel, Nature 414 (2001) 338.

[6] M. Petrou and P. Bosdogianni, Image Processing: the fundamentals. Cichhester [England]; New York: Wiley, 1999.

[7] Cooper, William D., 1991, *Instrumentasi Elektronik dan Teknik Pengukuran*, Jakarta: Erlangga.

[8] Jansen, Ted J., 1995, *Teknologi Rekayasa Surya* (diterjemahan oleh: Arismunandar W), Pradnya Paramita, Jakarta.

[9] Springer, "Computer Vision: A Reference Guide,"K.Ikeuchi, Ed. Springer,2014,p.v.

[10] Q.liu, X Li, A. Elgammal, X. Hua, D.T ao, "Introduction to computer vision and image understanding the special issue on video analysis." Comput. Vis.Image Underst. vol. 113, no.3, pp. 317-318, Mar. 209.

[11] M. Petrou and P. Bosdogianni, Image Processing: the fundamentals. Cichhester [England]; New York: Wiley, 1999.

[12] Suksmono, A.B., Dasar Pengolahan Citra dan Pengenalan Pola, Sekolah Teknik Elektro dan Informatika Institut Teknologi Bandung 2006

[13] Hidayatullah, Priyanto, "Pengolahan Citra Digital Teori Dan Aplikasi Nyata," Bandung: informatika, hal. 004, 2017.

[14] Hidayatullah, Priyanto, "Pengolahan Citra Digital Teori Dan Aplikasi Nyata," Bandung: informatika, hal. 004, 2017.

[15] Gonzalez, Rafael C., Richard E. Woods, and Steven L. Eddins. Digital image processing using MATLAB. Vol. 2. Knoxville: Gatesmark Publishing, 2009.

[16] Sutoyo, dkk. 2009. Teori Pengolahan Citra Digital. Yogyakarta : ANDI.

[17] Hermawati, Fajar Astuti. (2013). Konsep dan Teori Pengolahan Citra Digital, Yogyakarta : Andi Offset

[18] Gonzales, Rafael C.; Woods, Richard E. 2002. Digital Image Processing. New Jersey : Prentice-Hall, Inc.

[19] Balza, A., dan Kartika, F. 2005. *Teknik Pengolahan Citra Digital menggunakan Delphi*. Ardi Publishing. Yogyakarta.

[20] Anggraeni, D., Putri, V. P., Al-Uswah, S. F., Tulloh, M. F. H, & Zuhri, M. S. (2014). "*SegmentasiCitra Digital Ikan Menggunakan Thresholding Dan K-Means.*"

[21] Dr. Andrew Greensted."Otsu Thresholding Explained".17 Juni 2015. http://www.labbookpages.co.uk/software/imgProc/otsuThreshold.html

[22] Purwanto, A., Supriyanto, C, Samin, P., 2007, Validasi Pengujian Cr, Cu dan Pb dengan Metode Spektrometri Serapan Atom, Pustek Akselerator dan Proses Bahan, BATAN, Yogyakarta. Prosiding PPI – PDIPTN.