

RANCANG BANGUN SISTEM SENSOR ARAH CAHAYA MENGGUNAKAN DESAIN HALF SPHERE UNTUK KONTROL CERMIN PADA MINIATUR SOLAR TOWER PLTTS

Prasetya Dimas W

Teknik Elektro, Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : prasetyadimas123@gmail.com

Farid Baskoro

Teknik Elektro, Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : faridbaskoro@unesa.ac.id

Abstrak

Terbatasnya sumber cadangan energi serta dampak negatif emisi dari pembakaran fosil, menyebabkan meningkatnya penggunaan sumber daya energi terbarukan, salah satunya ialah *solar tower*. *Solar tower* merupakan pembangkit listrik yang memusatkan tenaga surya pada satu titik dengan bantuan refleksi cermin. Tujuan penelitian ini adalah pengembangan konsep dalam pengaplikasian sistem sensor deteksi arah cahaya untuk mengontrol cermin pada miniatur *solar tower*. Sistem sensor yang dibuat terintegrasi dengan lima unit LDR (*Light Dependent Resistor*) yang didesain dalam bentuk *Half Sphere* untuk melacak posisi sumber cahaya atau intensitas cahaya yang paling kuat. Keluaran sistem sensor arah cahaya ini adalah sudut vertikal dan sudut horizontal yang berfungsi untuk menentukan posisi sumber cahaya yang paling tampak. Sistem sensor arah cahaya telah diuji dan menghasilkan zona pengelihatan dua sumbu yaitu vertikal (*altitude*) $20^{\circ} \sim 80^{\circ}$ dan horizontal (*azimuth*) $0^{\circ} \sim 350^{\circ}$. Dibanding dengan sistem sensor pelacak cahaya sebelumnya, sistem sensor arah cahaya ini memiliki keuntungan besar dalam zona pengelihatan sensor, disebabkan penggunaan sensor yang lebih banyak.

Kata kunci: *Miniatur Solar Tower, Sistem Sensor, Sudut Vertikal dan Horizontal.*

Abstract

Limited sources of energy reserves and the negative impact of emissions from fossil burning, causing increased use of renewable energy resources, one of which is solar tower. Solar tower is a power plant that concentrates solar power at one point with the help of mirror reflection. The purpose of this research is the development of concepts in the application of the light direction tracking sensor system to control mirrors on miniature solar towers. The sensor system is integrated with five LDR (*Light Dependent Resistor*) units designed in the form of a Half Sphere to track the position of the light source or the most intense light intensity. The output of the light direction sensor system is the vertical angle and horizontal angle which serves to determine the position of the most powerful light source. The directional light sensor system has been tested and produced a two-axis visual zone, namely vertical (*altitude*) $20^{\circ} \sim 80^{\circ}$ and horizontal (*azimuth*) $0^{\circ} \sim 350^{\circ}$. Compared to the previous light tracking sensor system, this directional sensor system has a big advantage in the sensor's visual zone, due to the use of more sensors.

Keywords: *Miniature Solar Towers, Sensor System, Vertical And Horizontal Angles.*

PENDAHULUAN

Terbatasnya cadangan sumber daya fosil hidrokarbon dan dampak negatif dari emisi karbondioksida bekas pembakaran pada lingkungan global, menyebabkan meningkatnya penggunaan sumber daya energi terbarukan. Tenaga surya yang terkonsentrasi atau concentrated solar power (CSP) merupakan kandidat energi terbarukan yang menyediakan sebagian energi terbarukan pada saat ini, karena CSP merupakan salah satu teknologi listrik terbarukan hemat biaya, disebabkan pasokan energinya yang tidak dibatasi jika energi surya tersebut melewati

garis sunbelt (Hans dkk, 2004). Salah satu contoh pengaplikasian CSP adalah central receiver concentrator atau power tower system, yang memusatkan sinar surya ke penerima di bagian atas menara tinggi menggunakan banyak cermin datar pelacak matahari yang biasa disebut heliostat (Guney, Mukrimin Sevkett, 2016).

Ada berbagai riset, pengembangan, dan penelitian mengenai *renewable solar energy* dan yang populer beberapa tahun belakangan ini adalah riset, pengembangan, dan penelitian terhadap *photovoltaic system*. Kebanyakan pengembangan *photovoltaic* berfokus pada pengmaksimalan *photovoltaic* untuk mendapatkan energi matahari lebih banyak dengan

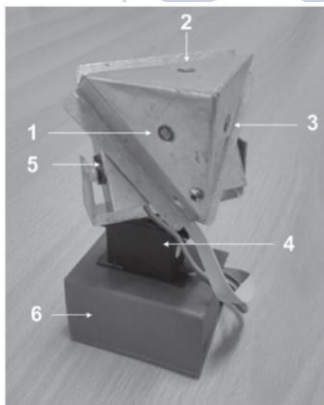
melacak matahari. Pelacakan tersebut berguna agar photovoltaic dapat bergerak mengikuti cahaya matahari secara otomatis. Salah satu riset dan penelitian tersebut ialah sensor pelacak matahari dua sumbu menggunakan desain tetrahedron. Penelitian itu menjelaskan konsep baru untuk pengimplementasian sensor deteksi arah matahari yang diatur menggunakan tiga LDR (*light dependent resistor*) dalam bentuk tetrahedron yang mampu melacak sumber cahaya matahari atau intensitas tampak cahaya paling kuat (Away, Yuwaldi and M. Ikhsan, 2016).

Dengan begitu makalah ini menyajikan pengembangan dan konsep baru sebuah sistem sensor dengan desain dan pengaplikasiannya yang berbeda dari penelitian sebelumnya. Dengan mengintegrasikan lima sensor cahaya, sistem sensor ini dapat melacak posisi cahaya dua sumbu yaitu sudut horizontal (*azimuth*) dan vertikal (*altitude*). Sistem sensor ini diujicobakan untuk mengontrol cermin pada miniatur *solar tower*

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian Relevan

Penelitian relevan sebelumnya mengenai sistem sensor arah cahaya adalah penelitian Yuwaldi Away dan M. Ikhsan dengan judul “*Dual-axis sun tracker sensor based on tetrahedron geometry*” yaitu sensor pelacak matahari dua sumbu menggunakan desain tetrahedron.



Gambar 1. Desain Sistem Sensor Karya Yuwaldi Away dan M. Ikhsan

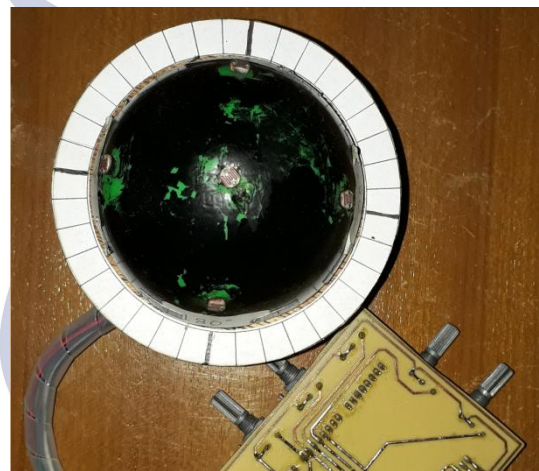
Sistem sensor ini terintegrasi dengan tiga photoresistor (LDR) menggunakan desain bangun tetrahedron yang diimplementasikan pada pelacak matahari photovoltaic. Untuk penjelasan pada **Gambar 1**, yaitu : **1)** sensor merupakan sensor referensi, **2)** sensor merupakan sensor sumbu pertama, **3)** sensor merupakan sensor sumbu kedua, **4)** servo sumbu pertama, **5)** servo sumbu kedua, dan **6)** kotak kontrol. Ketika semua sensor menghasilkan nilai, sistem pelacak matahari bergerak mengarah ke posisi nilai yang memberikan intensitas cahaya terbesar. Seperti ditunjukkan pada Gambar 1, sistem sensor berfungsi

memberikan referensi kerja sebagai sistem pelacak matahari yang berfungsi mengontrol sudut *azimuth* dan berfungsi mengontrol sudut ketinggian (Away, Yuwaldi and M. Ikhsan, 2016).

METODOLOGI PENELITIAN

Desain Sistem Sensor Arah Cahaya

Sistem sensor arah cahaya didesain menggunakan bangun *half sphere* yang ter-integrasi oleh lima phototresistor sebagai pengindraanya seperti gambar dibawah ini. Sistem sensor arah cahaya menggunakan arduino due untuk memproses data ADC yang dihasilkan oleh kelima photoresistor juga untuk proses memprediksi posisi sudut sumber cahayanya.



Gambar 2. Sistem Sensor Arah Cahaya Menggunakan Desain *Half Sphere*

Sistem sensor ter-realisasi dalam bentuk setengah bola (*half sphere*) yang menggunakan 5 sensor LDR (*Light Dependent Resistor*) yaitu 4 sensor LDR yang diposisikan seperti arah kompas dengan sudut kemiringan $\pm 45^\circ$ dan 1 sensor LDR berada diatas pusat bola. Setiap sensor LDR dihubungkan pada pin analog (A0 ~ A4) mikrokontroler arduino due melewati rangkaian pembagi tegangan. Pembagi tegangan berguna untuk menyetabilkan data yang terbaca oleh masing - masing sensor LDR.

Miniatur *Solar Tower* (PLTTS)



Gambar 3. Pembangkit Listrik Thermal Tenaga Surya (PLTTS)

Pembangkit listrik thermal tenaga surya (*Solar Thermal Power Plant*) sendiri adalah pembangkit yang menggunakan suhu panas matahari dengan mengkonsentrasikannya pada satu titik menggunakan pantulan cermin untuk mendapatkan uap. Uap tersebut digunakan untuk menggerakkan turbin, dimana energi mekanik dari pergerakan turbin tersebut menghasilkan energi listrik. Cara kerja PLTTS hampir sama dengan jenis pembangkit listrik yang menggunakan bahan bakar fosil untuk mendapatkan uap, bedanya sumber pemanas yang digunakan sangat ramah lingkungan dengan sumber pasokan energinya yang tak terbatas.

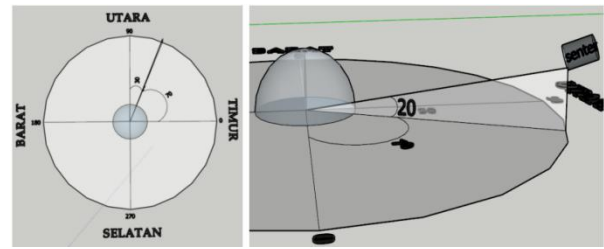


Gambar 4. Miniatur *Solar Tower* Pembangkit Listrik Thermal Tenaga Surya (PLTTS)

Gambar 4 adalah hasil desain pembuatan miniatur *solar tower* PLTTS. Miniatur *solar tower* sendiri dirancang untuk pengaplikasian “Sistem Sensor Arah Cahaya Menggunakan Desain Bangun *Half Sphere*”. Dengan mengetahui posisi sudut sumber intensitas cahaya yang paling kuat, cermin yang awalnya diam dapat dikontrol untuk bergerak sesuai sudut pantul cahayanya.

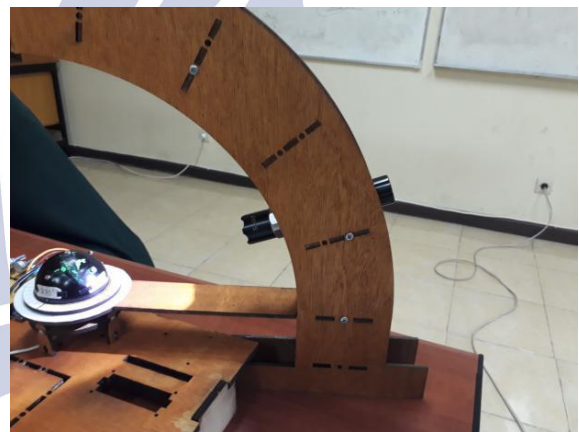
Metode Pengambilan Data ADC Sudut Horizontal dan Sudut Vertikal

Untuk memperoleh data ADC pada sudut horizontal dan vertikal, senter yang berguna sebagai sumber cahaya diposisikan disetiap sudut pengujiannya. Sudut pengujian pada sudut horizontal dimulai dari sudut 0° , 10° , 20° , 30° , 40° , . . . , 350° setiap sudut pengujiannya dilompati 10 derajat.



Gambar 5. (a) 3D Posisi Atas Pengambilan Data ADC Pada Posisi Sudut Horizontal dan (b) 3D Posisi Samping Pengambilan Data ADC Posisi Sudut Vertikal

Sedangkan sudut pengujian pada sudut vertikal adalah 20° , 40° , 60° , dan 80° setiap sudut pengujian dilompati 20 derajat. Seperti pada **Gambar 5 (b)** senter diposisikan pada sudut 20° vertikal. Senter akan diberi pegangan atau pengait agar tepat pada posisi sudut pengujian yang diinginkan. Jarak pengambilan data ADC antara pusat sistem sensor dengan senter adalah 20 cm dan 30 cm.

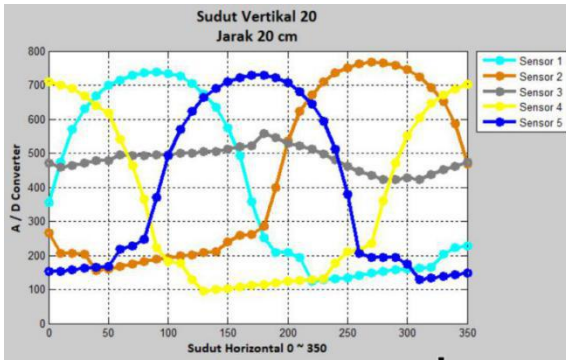


Gambar 6. Realisasi Pengambilan Data ADC Sistem Sensor Arah Cahaya Menggunakan Desain *Half Sphere*

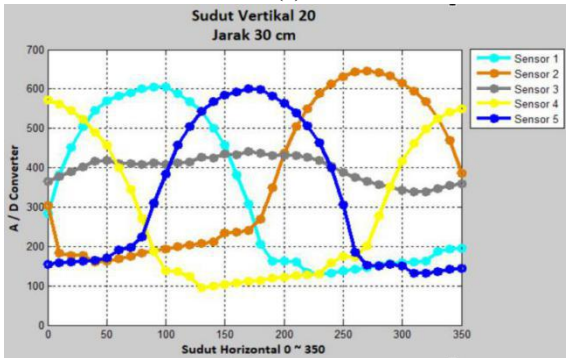
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengambilan Data ADC

Pengambilan data ADC sensor LDR 1, sensor LDR 2, sensor LDR 4, dan sensor LDR 5 menghasilkan pola grafik seperti gelombang transversal, kecuali sensor LDR 3 yang berada dipusat atau tengah - tengah desain sistem sensor yang menghasilkan pola menyerupai garis lurus. Pola - pola tersebut terbentuk berdasarkan data ADC sensor yang terkumpul setiap sudut dan jaraknya. Perlu diketahui bahwa grafik berbentuk gelombang transversal mempunyai bukit gelombang dan lembah gelombang. Pola grafik bukit gelombang dihasilkan disaat sensor LDR mulai mendekati sumber cahaya. Sedangkan pola grafik lembah gelombang dihasilkan disaat sensor LDR mulai menjauhi sumber cahaya.

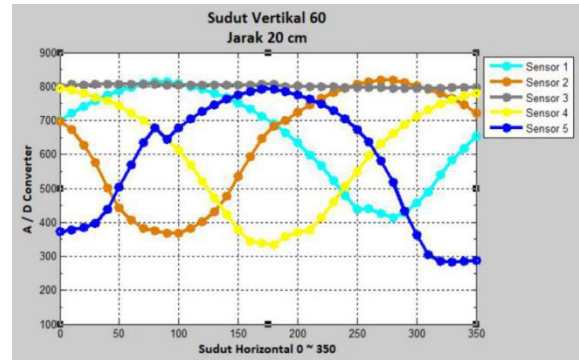


(a)

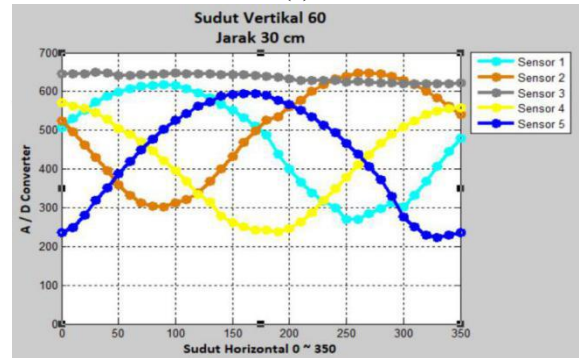


(b)

Gambar 9. Grafik Pengambilan Data ADC pada Posisi Sudut Vertikal 20° (a) Jarak 20 cm dan (b) Jarak 30 cm

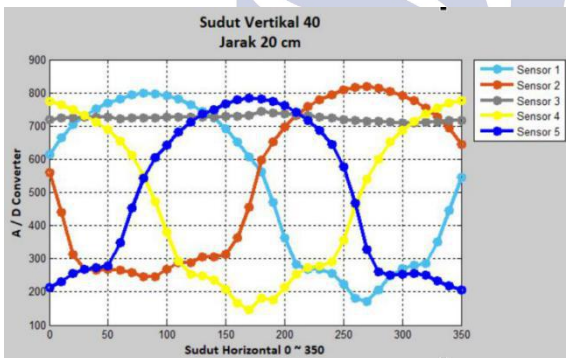


(a)

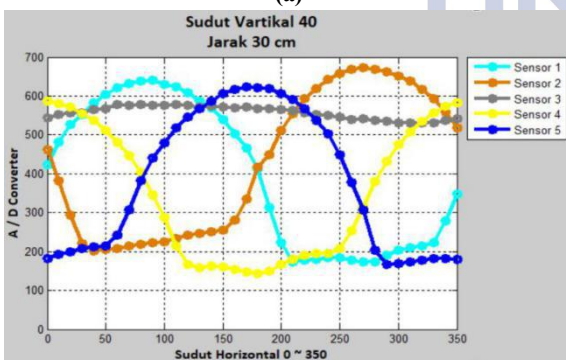


(b)

Gambar 11. Grafik Pengambilan Data ADC pada Posisi Sudut Vertikal 60° (a) Jarak 20 cm dan (b) Jarak 30 cm

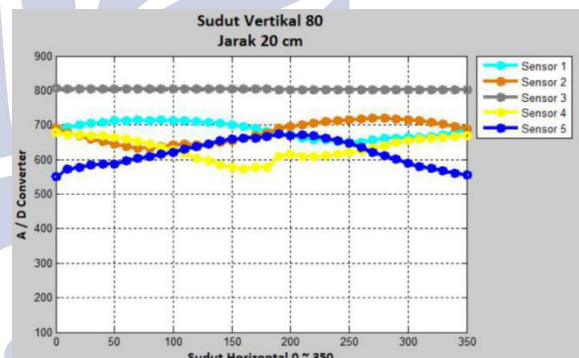


(a)

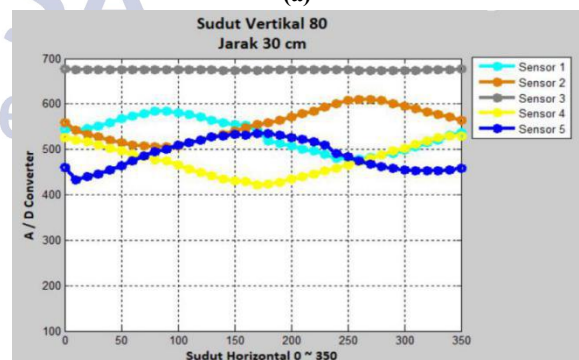


(b)

Gambar 10. Grafik Pengambilan Data ADC pada Posisi Sudut Vertikal 40° (a) Jarak 20 cm dan (b) Jarak 30 cm



(a)



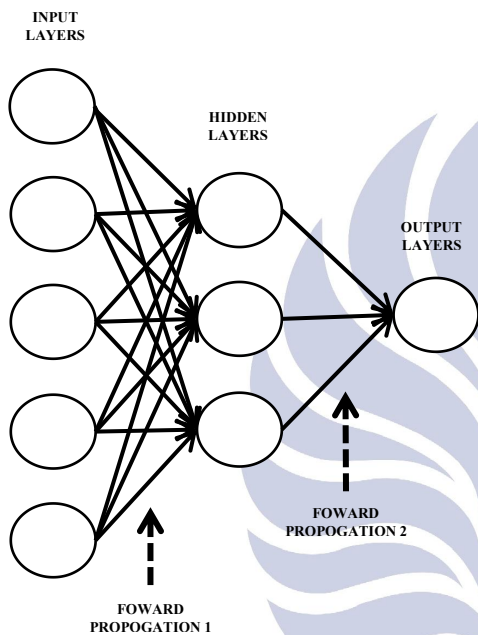
(b)

Gambar 12. Grafik Pengambilan Data ADC pada Posisi Sudut Vertikal 80° (a) Jarak 20 cm dan (b) Jarak 30 cm

Bentuk gelombang yang dihasilkan sensor LDR 1, sensor LDR 2, sensor LDR 4, dan sensor LDR 5 bergantian dalam membentuk puncak maupun

lembah gelombang transversal, hal itu disebabkan keempat sensor LDR bergantian dalam menerima sumber cahaya pada pengambilan data sudut vertikal dan sudut horizontalnya. Salah satu sensor terkadang bertatapan langsung dengan cahaya dan terkadang membelakangi cahaya. Posisi sumber cahaya yang berubah sesuai sudut pengambilan data ini menyebabkan keempat sensor LDR menghasilkan data ADC yang bervariasi.

Komputasi Data Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan (Neural Network)



Gambar 13. Jaringan Syaraf Tiruan (Neural Network) lima input, tiga hidden layer, dan satu output

Nilai pada node *input layers* merupakan matriks [1x5]. *Input layers* diperoleh dari pembacaan kelima sensor photoresistor yang sudah diubah ke data ADC dan dinormalisasi. *Foward propogation 1* berisi bobot (*weight*) dengan matriks [5x3] yang dilatih untuk memperkecil hasil kesalahan prediksi yang ditampung pada *hidden layers*, bobot (*weight*) sendiri diperoleh dari nilai acak yang dilatih terus menerus untuk memperkecil nilai prediksi *error* pada *output layers*. *Hidden layers* merupakan tempat menampung hasil perkalian matriks *input layers* [1x5] dan matriks bobot [5x3] pada proses *foward propogation 1*, hasil yang tersimpan pada hidden layers merupakan matriks [1x3]. *Foward propogation 2* berisi bobot (*weight*) dengan matriks [3x1]. Terakhir adalah *output layers* yang merupakan hasil perkalian matriks [1x3] *hidden layers* dengan bobot [3x1] pada *foward propogation 2*, hasil *output layers* merupakan matriks [1x1] yang menampilkan hasil prediksi posisi sumber cahaya disudut horizontal (Gurney, Kevin, 1997).

Hasil Pengujian Sistem Sensor Arah Cahaya Setiap Posisi Sudut

Pengujian sistem sensor berguna untuk mencari selisih sudut (*SS*) dan rata - rata selisih (*RSS*) sudut pembacaan sistem sensor. Data selisih sudut (*SS*) dihasilkan dengan menyelisih sudut aktual horizontal (*SAH*) dengan sudut pembacaan sistem (*PS*) sensor, sedangkan rata - rata selisih sudut (*RSS*) dihasilkan dengan merata -rata jumlah data selisih sudut yang sudah terkumpul. Berikut rumus yang digunakan untuk mencari selisih sudut (*SS*) dan rata - rata selisih sudut (*RSS*) :

$$SS_n = |SAH_n - PS_n|$$

SS = merupakan hasil perhitungan selisih sudut. . . . (°)

SAH = merupakan data sudut aktual horizontal. . . . (°)

PS = merupakan data pembacaan sistem sensor. . . . (°)

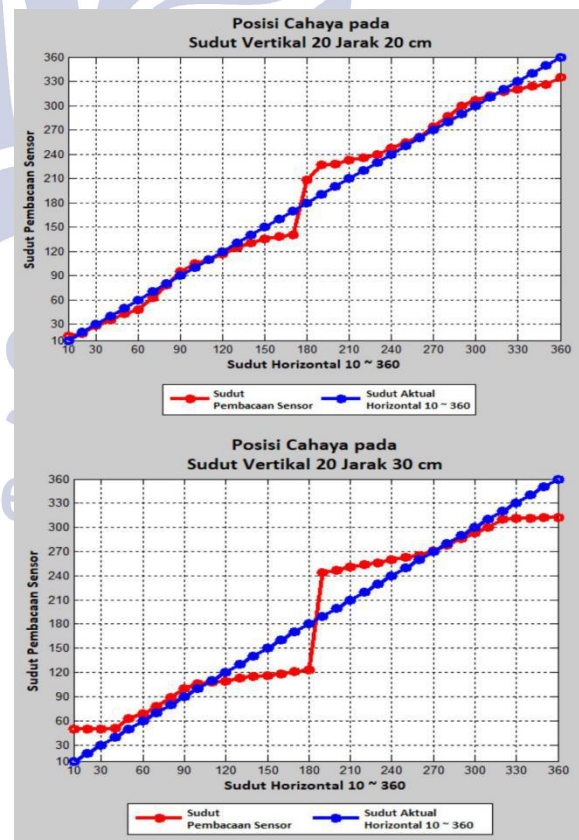
$$RSS = \frac{SS_1 + SS_2 + SS_3 + \dots + SS_n}{n}$$

RSS = merupakan rata - rata selisih sudut. . . . (°)

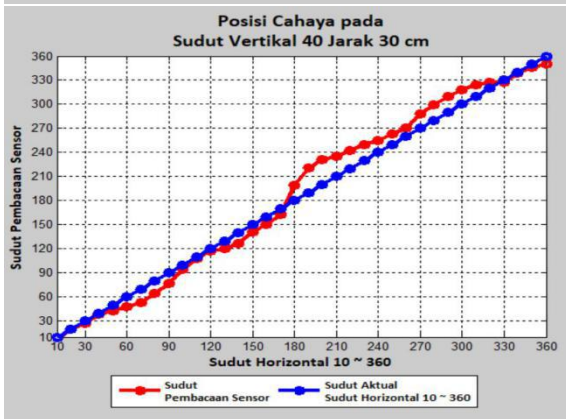
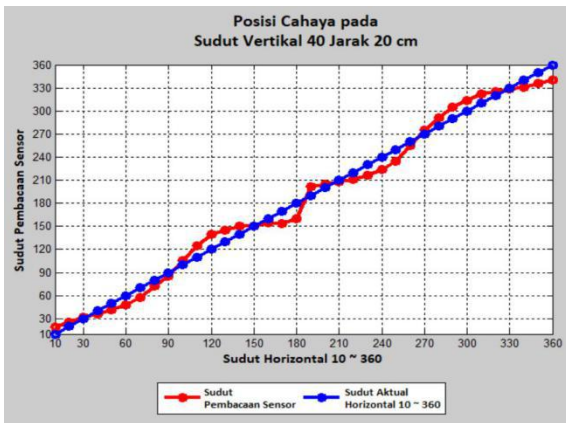
SS = merupakan selisih sudut sistem sensor. . . . (°)

n = merupakan banyaknya data.

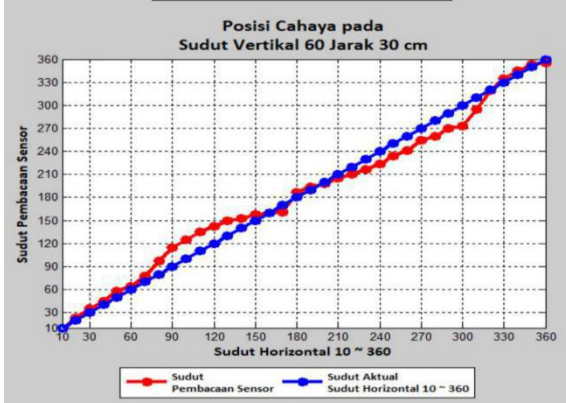
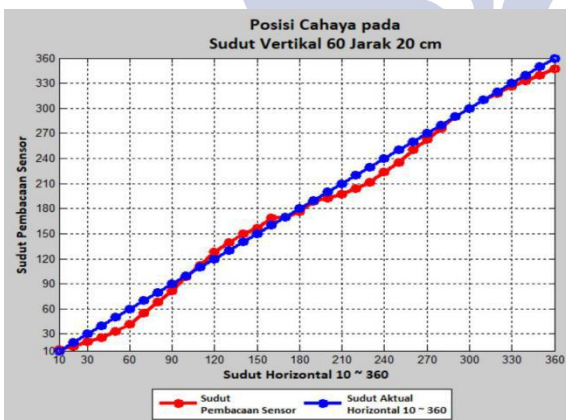
Berikut adalah hasil pengujian sistem sensor arah cahaya yang dibandingkan dengan sudut aktualnya :



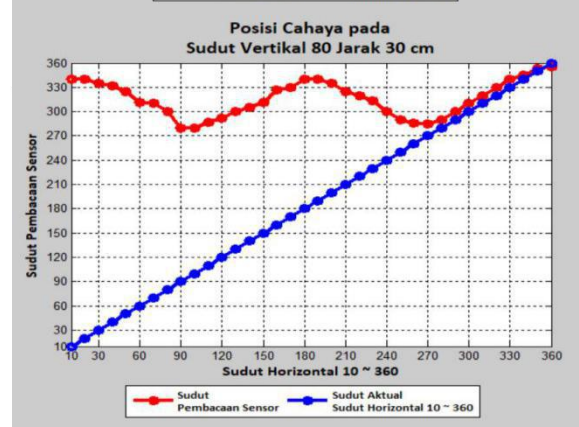
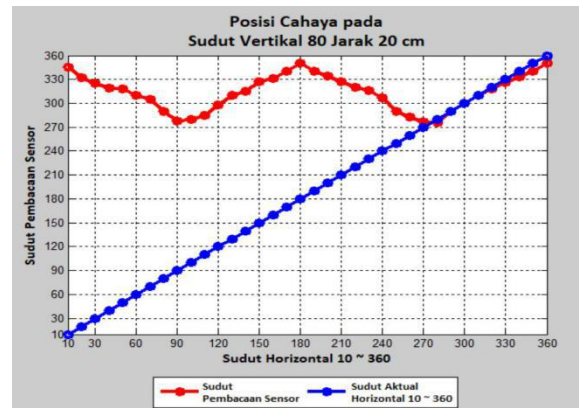
Gambar 16. Grafik Pengujian Sistem Sensor pada Posisi Sudut Vertikal 20°



Gambar 17. Grafik Pengujian Sistem Sensor pada Posisi Sudut Vertikal 40°



Gambar 18. Grafik Pengujian Sistem Sensor pada Posisi Sudut Vertikal 60°



Gambar 19. Grafik Pengujian Sistem Sensor pada Posisi Sudut Vertikal 80°

Pada semua gambar dijarak 20 cm dan dijarak 30 cm, didapati dua grafik. Pertama adalah grafik biru yang menampilkan sudut aktual horizontal dan yang kedua adalah grafik merah yang menampilkan data selisih sudut atau data *losses* sistem sensor arah cahaya dalam memprediksi sudut pada setiap sudut aktualnya. Pada pencahayaan diposisi sudut vertikal 20° rata - rata selisih sudut yang dihasilkan adalah 10,944° dijarak 20 cm dan 22,250° dijarak 30 cm. Pencahayaan diposisi sudut vertikal 40° menghasilkan rata - rata selisih sudut mencapai 9,861° dijarak 20 cm dan 12,027° dijarak 30 cm. Pada pencahayaan diposisi sudut vertikal 60° memiliki rata - rata selisih sudut yang paling kecil dalam uji coba yaitu 7,833° dijarak 20 cm dan 11,305° dijarak 30 cm. Terakhir pencahayaan diposisi sudut vertikal 80° yang menghasilkan rata - rata selisih sudut paling besar yaitu mencapai 130,69° dijarak 20 cm dan 131,16° dijarak 30 cm.

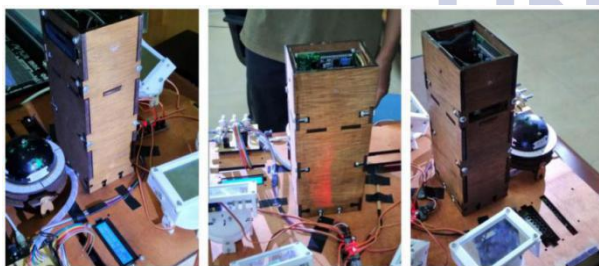
Pengaplikasian Sistem Sensor Arah Cahaya Menggunakan Bangun *Half Sphere*

Sistem sensor arah cahaya menggunakan bangun *half sphere* diaplikasikan pada miniatur *solar tower* PLTTS. Miniatur *solar tower* di desain menggunakan cermin yang bisa bergerak dua sumbu. Tujuannya adalah untuk memantulkan cahaya ke pusat miniatur *solar tower*. Pusat *solar tower* berada pada bagian atas tower yang dilengkapi sensor LDR untuk memastikan apakah cahaya terpantulkan sempurna. Pengaplikasian sistem sensor dimulai dari sudut

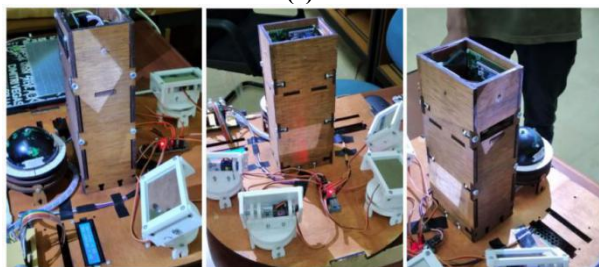
pengujian horizontal $90^\circ \sim 45^\circ$, $46^\circ \sim 0^\circ$ atau 360° , $359^\circ \sim 315^\circ$, dan $314^\circ \sim 270^\circ$. Pengaplikasian sistem sensor dibatasi dikarenakan desain mekanik yang kurang memadai serta biaya yang sangat terbatas. Berikut tabel pengaplikasian sistem sensor arah cahaya menggunakan bangun *half sphere* terhadap miniatur solar tower PLTTS.

Tabel 1. Hasil Pengaplikasian Sistem Sensor Arah Cahaya Pada Miniatur Solar Tower PLTTS

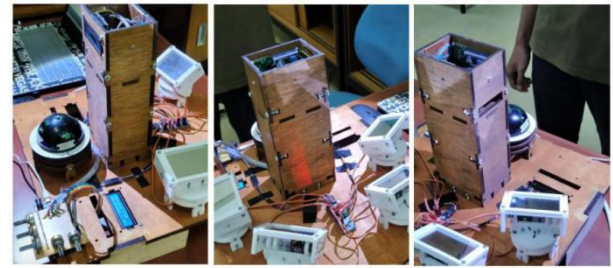
Horizontal ($^\circ$)	Vertikal (60°)			
	Cermin 1	Cermin 2	Cermin 3	Cermin 4
$90^\circ \sim 45^\circ$	Terpantul	Terpantul	Terpantul	Bayangan Tower
$46^\circ \sim 0^\circ/360^\circ$	Terpantul	Terpantul	Bayangan Tower	Terpantul
$359^\circ \sim 315^\circ$	Terpantul	Bayangan Tower	Terpantul	Terpantul
$314^\circ \sim 270^\circ$	Bayangan Tower	Terpantul	Terpantul	Terpantul
Horizontal ($^\circ$)	Vertikal (40°)			
	Cermin 1	Cermin 2	Cermin 3	Cermin 4
$90^\circ \sim 45^\circ$	Terpantul	Terpantul	Terpantul	Bayangan Tower
$46^\circ \sim 0^\circ/360^\circ$	Terpantul	Terpantul	Bayangan Tower	Terpantul
$359^\circ \sim 315^\circ$	Terpantul	Bayangan Tower	Tak Terpantul	Tak Terpantul
$314^\circ \sim 270^\circ$	Bayangan Tower	Terpantul	Terpantul	Terpantul



(a)



(b)



(c)

Gambar 20. Hasil Pengaplikasian Sistem Sensor Arah Cahaya (a) Posisi Sudut Vertikal 20° , (b) Posisi Sudut Vertikal 40° , dan (c) Posisi Sudut Vertikal 60°

Pada sudut vertikal 20° cermin tidak dapat memantulkan cahaya dengan baik, hal ini disebabkan pencahayaan dari senter pada sudut vertikal 20° terlalu rendah. Pada sudut vertikal 40° cermin mulai memantulkan cahaya dengan baik, hal ini disebabkan pencahayaan pada sudut vertikal 40° sedikit lebih tinggi. Pada sudut vertikal 60° , cermin memantulkan cahaya yang mengenainya dengan baik, hal ini disebabkan pencahayaan pada sudut vertikal 60° sangat sempurna.

KESIMPULAN

Sistem sensor arah cahaya menggunakan desain half sphere dapat menentukan arah cahaya dengan cara memprediksi ke lima input sensor LDR (*Light Dependent Resistor*) / photoresistor menggunakan sistem komputasi jaringan syaraf tiruan (*Neural Network*). Komputasi jaringan syaraf tiruan dihasilkan dari perkalian matriks input dengan bobot dan hasil matriks dijumlahkan dengan bias.

Dari hasil pengujian sistem sensor yang dilakukan didapati sebuah kesimpulan. Diantara beberapa posisi sudut vertikal pengujian data, posisi sumber cahaya disudut vertikal 60° yang paling baik data hasil pengujianya. Hal ini dapat dibuktikan dari rata - rata selisih sudutnya yang paling kecil yaitu $7,833^\circ$ pada jarak pengujian 20 cm dan $11,305^\circ$ pada jarak pengujian 30 cm. Hasil pengujian kinerja sistem sensor arah cahaya terhadap cermin pada miniatur PLTTS juga menguatkan kesimpulan bahwa sudut vertikal 60° merupakan posisi sudut pencahayaan yang paling baik data hasil pengujianya, hal itu disebabkan pencahayaan pada posisi sudut tersebut terpapar disetiap posisi cermin sehingga memudahkan cermin memantulkan cahaya ke pusat miniatur solar tower PLTTS.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexopoulos, Spiros and Hoffshmidt, Bernhard. 2016. "Advances in solar tower technology". *WIREs Energy Environ* 2016. doi:10.1002/wene.217
- Away, Yuwaldi and M. Ikhsan. 2016. "Dual-axis sun tracker based on tetrahedron geometry". *Automatic in Construction*. (<http://dxdoi.org/10.1016/j.autcon.2016.10.009>).

- Chia-Hung Tsai, Shu Chiung Hu, Chung-Hsiang Huang, Yu-Chee Tseng. 2015. "A Sensor-Based Sun-Tracking Energy Harvest System". *Int. J. Sensor Networks*, Vol. 19, No 2: pp 104-113.
- Dejan. 2018. *How Servo Motors Work & How To Control Servo using Arduino*, (online), (<https://howtomechatronics.com/how-it-works/how-servo-motors-work-how-to-control-servos-using-arduino/>), diakses pada 10 Mei 2019)
- Desai, Nishith B and Bandyopadhyay, Santanu. 2014. "Optimization of concentrating solar thermal power plant based on parabolic trough collector". *Journal of Cleaner Production*. doi: 10.1016/j.jclepro.2014.10.097
- Eckroth, Joshua(Ed).2018. *Python Artificial Intelligence Projects for Beginners*. Birmingham : Packt Publishing Ltd.
- Guney, Mukrimin Sevkert. 2016. "Solar power and application methods". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.055>).
- Gurney, Kevin(Ed.)1997. *An Introduction to Neural Networks*. London and New York : UCL Press.
- G Srilakshmi, Venkatesh V, and Badri S Rao. 2014. "Global Review of Solar Tower Technology". India: CSTEP.
- H. Benter, H. Kaich, N. Ayadi, M. Ben Hmouda, A Maalej and U. Lemmer. "A simple tracking system to monitor solar PV panels". *Energy Conversion and Management*. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2013.09.042>).
- Jameco. 2002. *How Do Servo Motor Work*. (online), (<https://www.jameco.com/jameco/workshop/how-it-works/how-servo-motors-work.html>), diakses 11 Mei 2019).
- Lawless, Colin and Karrdelt, Erik. 2018. "Sun Following Solar Panel Using Light Sensors to Implement Solar Tracking". Sweden: KTH (Metenskap Och Konst).
- LED unique. 2015. *Light dependent resistor (LDR)*, (online), (<http://lednique.com/opto-isolators-2/light-dependent-resistor-ldr/>), diakses 20 Januari 2019).
- Muller- Steinhagen, Hans at all. *Concentrating solar power, A review of the technology*. (https://www.dlr.de/Portaldat/41/Resources/dokumente/institut/system/publications/Concentrating_Solar_Power_Part_1.Pdf), diunduh 12 Februari 2018).
- Nadar Abdelgader Ali Bakeet. 2015. *Control of Solar Tracking System*. Tesis diterbitkan. Sudan: Sudan University of Science and Technology.
- Nahin Bahar Chowdhury, Mohammed Liaket Ali, Bikash Kumar Bhawmick and Md. Mahbubul Alam. 2016. "Development of an Automatic Solar Heat Tracking Parabolic Heliostat Panel System". *Global Science and Technology Journal*. Vol. 4 (1): pp 20-31.
- Pitz-Pall, Robert at all. 2013. "Solar Thermal Power Plants: Utilising concentrated sunlight for generating energy". German: BINE-Theminfo II.
- Romero, Manuel and Steinfeld, Aldo. 2012. "Concentrating solar thermal power and thermochemical fuels". *Energy Environ*. doi: 10.1039/c2ee21275g.
- ResistorGuide. 2019. *Photoresistor*, (online), (<http://www.resistorguide.com/photoresistor/>), diakses 10 Februari 2019).
- Sunny Classroom. 2018. *PCM-Analog to digital conversion*, (online), (<https://youtu.be/HIGJ6xxbz8s>), diakses 25 Februari 2019).
- Vasilev, Ivan et.al.2016. *Python Deep Learning Second Edition*. Birmingham : Packt Publishing Ltd.
- Wei, Xiudong at all. 2011. "Tracking and ray tracing equations for the target-aligned heliostat for solar tower plants". *Renewable Energy*. doi:10.1016/j.renene.2011.02.022.
- Wikipedia. 2010. *Arduino*. (online), (<https://id.wikipedia.org/wiki/Arduino>), diakses 15 Mei 2019).
- Yingxue Yao, Yeguang Hu, Shengdong Gao, Gang Yang and Jinguang Du. 2014. "A multipurpose dual-axis solar tracker with two tracking strategies". *Renewable Energy*. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2014.07.002>).