

STUDI LITERATUR : SISTEM PANEL SURYA MENGGUNAKAN AUTOMATIC TRANSFER SWITCH DAN SOLAR TRACKING

Danur Dwi Cahyono

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : danurcahyono16050874006@mhs.unesa.ac.id

Subuh Isnur Haryudo, Bambang Suprianto, Mahendra Widyartono

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : subuhisnur@unesa.ac.id, bambangsuprianto@unesa.ac.id, mahendrawidyartono@unesa.ac.id

Abstrak

Energi adalah kebutuhan yang tidak dapat di lepaskan dalam kehidupan ini. Energi yang selama ini digunakan tidak mencukupi untuk kebutuhan energi masa depan sehingga dapat menimbulkan krisis energi. Dalam mengatasi krisis energi dimasa yang akan datang, diperlukan energi yang dapat menggantikan energi tidak terbarukan. Panel surya merupakan salah satu solusi pengganti energi tidak terbarukan, yang memanfaatkan energi terbarukan dari matahari, karena matahari bergerak dari timur ke barat, menyebabkan efisiensi yang diterima panel surya menurun. Sistem *solar tracking* adalah metode yang digunakan untuk mengikuti gerakan matahari secara tepat, dapat mengukur intensitas cahaya dan daya yang dihasilkan dari panel surya. Tujuan dari studi literatur ini adalah sistem panel surya menggunakan *automatic transfer switch* dan *solar tracking* berbasis *image processing* untuk meningkatkan efisiensi daya dari panel surya sekaligus membandingkan penelitian sebelumnya yang membuat *solar tracking* berbasis *light dependent resistor* (LDR) dengan metode pencarian online artikel penelitian ilmiah pada rentang waktu tahun 2016-2020 dengan menggunakan *database* pubMED, portal garuda, science direct melalui kriteria inklusi dan eksklusif. Hasil dari studi literatur ini adalah sistem *solar tracking* menggunakan *image processing* mampu untuk mengikuti gerakan matahari secara tepat dan meningkatkan daya keluaran dari panel surya lebih baik dari pada penggunaan sistem *solar tracking* menggunakan *light dependent resistor* (LDR).

Kata Kunci : *Image processing*, panel surya, efisiensi daya.

Abstract

Energy is a need that cannot be released in this life. Energy that has been used is insufficient for future energy needs so that it can cause an energy crisis. In overcoming the energy crisis of the future, it is necessary that energy can replace the unrenewable energy. Solar panels are one of the renewable energy replacement solutions, which utilize renewable energy from the sun, as the sun moves from east to west, causing the efficiency that solar panels receive decreases. Solar tracking system is a method used to follow the movement of the sun precisely, can measure the intensity of light and the power produced from the solar panel. The purpose of this literary study is the solar panel system using automatic transfer switches and solar tracking based image processing to enhance the power efficiency of solar panels while comparing previous research that made solar tracking-based light dependent resistors (LDR) with the online search method of scientific research articles at a time span of 2016-2020 by using pubMED databases, Garuda Portal, Science Direct through inclusion and exclusion criteria. The result of this Literatur study is solar tracking system using image processing capable to follow the precise movement of the sun and increase the output power of solar panels better than the use of solar tracking system using a light dependent resistor (LDR).

Keywords: Image processing, solar panels, power efficiency.

PENDAHULUAN

Di era digital kebutuhan akan energi listrik sangat besar, dan pada tahun 2025 akan terjadi peningkatan kebutuhan energi sekitar 35% terutama pada bidang transportasi yang terus meningkat hingga 2050 sekitar 37% sampai 42% terutama pada bidang industri. Pembangkit listrik di Indonesia harus mampu memenuhi beban nasional, sedangkan peningkatan jumlah daya yang mampu untuk dihasilkan pembangkit nasional pada 5 tahun terakhir rata-rata sebesar 6,5%

(Lesmana dan Agung, 2019:1). Potensi energi matahari yang besar ini memberikan banyak manfaat terutama jika dikonversikan ke dalam energi listrik.

Dalam pembangunan pembangkit listrik tenaga surya sering menggunakan panel surya sebagai konversi energi listrik, walaupun banyak jenis konversi yang didasarkan pada panas matahari seperti *liner*, menara dan *disk*. Namun jenis konversi yang didasarkan pada panas matahari biaya pembuatan yang mahal, membuatnya jarang digunakan. Umumnya efisiensi

konversi daya pada panel surya berkisar 10% sampai 16% (Raehman dkk, 2019:2).

Efisiensi konversi daya pada panel surya dipengaruhi oleh jenis bahan yang digunakan pada panel surya, umumnya bahan yang terdapat di pasaran terdiri atas 2 jenis yaitu *monocrystalline* dan *polycrystalline*, pada penelitian ini panel yang digunakan adalah yang berbahan *polycrystalline* karena kelebihan bahan tersebut berupa murah dan kapasitansi tinggi. Efisiensi daya pada panel surya juga dipengaruhi oleh lama penyinaran matahari terhadap panel surya serta sudut penyinaran dari matahari. Untuk menambah efisiensi pada panel surya membutuhkan sebuah kontrol panel surya yang memumpuni dengan menggunakan sistem *solar tracking*.

Banyak sistem *solar tracking* yang menggunakan satu atau lebih sensor berupa *light dependent resistor* (LDR) dan sensor radiasi. *LDR* atau *light dependent resistor* (*LDR*) merupakan bahan elektronika yang sejenis dari bahan dioda, yang bertindak untuk mendeteksi cahaya. *LDR* terbuat dari bahan *film cadmium sulfide* yang memiliki hambatan besar bila tidak terkena paparan cahaya matahari dan hambatan akan mengecil bila permukaan terkena paparan cahaya matahari (Rahmadiansyah dkk, 2017:4). Walaupun *solar tracking* menggunakan *light dependent resistor* (*LDR*) dan sensor radiasi namun penggunaannya masih belum maksimum karena respon dari sensor tersebut masih rendah. Panel surya membutuhkan sebuah *solar tracking* yang lebih baik yaitu *image processing*.

Image processing adalah pengolahan citra gambar *subclass* dari sinyal pengolahannya yang bersangkutan secara khusus dengan gambar. Meningkatkan kualitas gambar untuk persepsi manusia atau *computer Interpretasi*. Dengan adanya *pixel* (*picture elemen*), resolusi, *dots per inch*, warna, *color depth*, *bitmap file format* (Taufiqurrohman dkk, 2017:2). *Image processing* berfungsi untuk melihat secara langsung cahaya yang masuk ke kamera, sensor kecerahan yang terdapat di kamera digunakan untuk memantau pergerakan matahari secara tepat melalui *image processing*. Penulis menunjukkan energi yang dihasilkan dari panel surya dengan *solar tracking* yang ditambahkan sebuah perangkat *automatic transfer switch* untuk pemanfaatan energi secara langsung ke beban melalui media penyimpanan berupa baterai.

Automatic Transfer Switch (*ATS*) merupakan alat penghubung beban utama dengan dua sumber catudaya (sumber cadangan dan sumber utama) ataupun lebih

yang dipisahkan guna untuk terjaganya pasokan dan keandalan kucuran daya langsung tertuju ke beban. *ATS* sederhanya berfungsi untuk mengerjakan *supply* daya secara *automatic* tertuju ke beban dari sumber cadangan (jaringan listrik) ke sebuah sumber utama (sistem panel surya) ketika ada permasalahan pada sumber jaringan listrik PLN. Fungsi *ATS* sebagai pengganti saklar pemindah posisi yang bekerja secara otomatis (Sadi dan Mulyati, 2019:5).

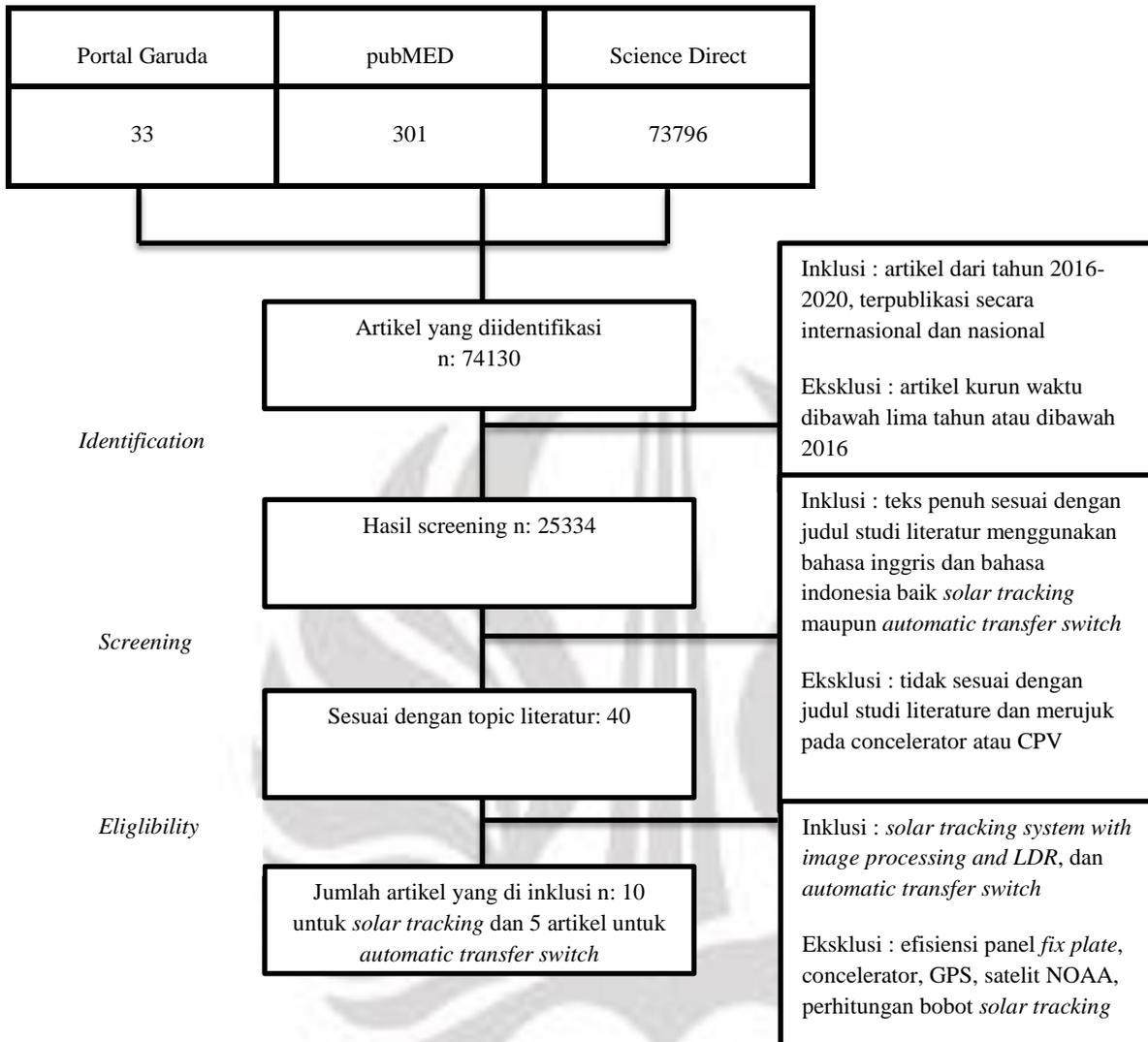
Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui lebih lanjut efek radiasi matahari pada kinerja panel surya antara yang menggunakan *solar tracking light dependent resistor* (*LDR*) dengan *image processing* sehingga menjadi sumber referensi bagi peliti lain agar terus mengembangkan *solar tracking* agar mendapat hasil yang maksimal.

Metode studi literatur ini dihasilkan dari pencarian online artikel penelitian ilmiah pada rentang waktu pada tahun 2016 sampai 2020 dengan menggunakan *database pubMED*, portal garuda, *science direct*. Pencarian literatur pada *database pubMED* dengan mengetik kata *solar tracking* ditemukan 302 artikel dengan memfilter rentang tahun 2016 sampai 2020 didapat 151 artikel dengan pernyataan peneltian maka diperoleh 2 artikel penelitian. Pencarian literatur pada *database* portal garuda dengan mengetik kata *solar tracking* ditemukan 33 artikel dengan memfilter rentang tahun 2016 sampai 2020 didapat 24 artikel dengan pertanyaan peneltian maka diperoleh 4 artikel penelitian. Pencarian literatur pada *database science direct* dengan memasukkan kata *solar tracking* ditemukan 73796 artikel dengan memfilter rentang tahun 2016 sampai 2020 didapat 25158 artikel dengan pertanyaan peneltian maka didapatkan 4 artikel penelitian.

Hasil identifikasi, *screening*, *eligibility* menjalani proses kriteria inklusi atau kecocokan dan eksklusi atau ketidak cocokan dengan pencarian dari judul studi literature, untuk lebih jelasnya bisa di perlihatkan pada gambar 1.

PEMBAHASAN

Didasarkan pada metode pencarian literatur didapat 10 hasil artikel yang mencukupi kriteria inklusi. Penelitian artikel ini menentukan respon kecepatan dan keakuratan dari sensor *solar tracking* yaitu sensor *LDR* dan *image processing* yang dibandingkan sebagai efisiensi dari *solar tracking*. Untuk lebih jelasnya dapat diperlihatkan pada Tabel 1 yang menunjukkan *database pubMED*, portal garuda, *science direct*.



Gambar 1. Diagram Alir Pencarian Literatur

Tabel 1. Analisis Sintesis Grid Pencarian Literatur

No	Author (tahun)	Judul penelitian	Metode penelitian	Instrumen	Hasil
1	Ching-Chuan Wei , Chuan-Bi Lin, Yu-Chang Song, dan Chia-Chi Chang (2016)	Desain sistem pelacakan <i>Solar</i> menggunakan daerah paling terang di <i>sky image sensor</i>	Kualitatif	Mengubah RGB ke langkah gambar <i>grayscale</i> , mencari langkah wilayah paling terang, dan <i>Hough</i> mengubah langkah	Hasil uji keakuratan dalam <i>image processing</i> didapat 33,6% lebih baik dengan menggunakan pemetaan kecerahan yang dapat berfokus pada bagaimana mengenali objek terang melingkar yaitu matahari
2	Gerardo Garcia-Gil, dan Juan M. Ramirez (2019)	<i>Fish-Eye</i> kamera dan gambar pengolahan untuk memerintah sebuah <i>solar tracker</i>	Kualitatif dengan pendekatan studi kasus	Peletakan sensor LDR, NOAA dan <i>fish eye camera</i> yang mengarah tepat di kutub utara	Hasil pengujian <i>solar tracking</i> dari sensor LDR, NOAA dan <i>fish eye camera</i> didapatkan bahwa <i>fish eye camera</i> lebih baik digunakan karena cermat dalam memperkirakan sudut matahari, yang digunakan untuk mengoreksi posisi fotovoltaik panel untuk menangkap radiasi matahari terbesar yang akan meningkatkan efisiensi dari sistem panel surya

No	Author (tahun)	Judul penelitian	Metode penelitian	Instrumen	Hasil
3	Jyoti Mishra, Alok Deep dan Ritula Thakur (2017)	Arduino berbasis dual AXIS smart solar tracker	Kualitatif	<i>Solar tracking Dual axis</i> menggunakan sensor LDR dengan statis	Hasil pengujian <i>solar tracking</i> yang memakai sensor LDR, dan tidak memakai sensor LDR didapatkan bahwa yang menggunakan sensor LDR presentasi daya yang diserap lebih besar dari pada yang tidak menggunakan sensor LDR hal ini disebabkan lama penyinaran matahari memengaruhi tingkat penyerapan daya pada panel semakin lama mendapat penyinaran matahari maka akan semakin banyak energy yang terserap
4	Mostefa. Ghassoul (2018)	Satu sumbu sistem pelacakan otomatis berdasarkan skema per-contohan untuk kontrol panel surya untuk mengoptimalkan ekstraksi energi matahari	Kualitatif dengan pendekatan studi banding	Sistem pelacakan otomatis berdasarkan skema untuk kontrol panel surya menggunakan sensor LDR dengan statis	Hasil pengujian <i>solar tracking</i> dari sensor LDR, dan tidak menggunakan sensor LDR menunjukkan peningkatan ekstraksi energi sekitar 40% dibandingkan panel yang tidak menggunakan sensor LDR.
5	Fabio Moacir Hoffmann, Leonel Pablo Carvalho Tedesco, Rolf Fredi Molz, Joao Victor Kothe, dan Elpidio Oscar Benitez Nara (2017)	Analisis profil bulanan berdasarkan proposal pelacak surya dua sumbu untuk panel fotovoltaik	Kualitatif dengan pendekatan dekskriptif	<i>Two-axis solar tracker with LDR</i>	Hasil pengujian <i>solar tracking</i> dari sensor LDR menunjukkan kenaikan bulanan rata-rata bervariasi dari 17, 20% dan 31, 1% selama 152 hari untuk wilayah utara brazil
6	Chaowanan Jamroen, Sorawit Unkat, Preecha Komkum, Sompol Kohsri, Wuttinan Himananto, dan Siriwat Panupintu (2020)	Sebuah rendah-biaya dual-sumbu sistem pelacakan surya didasarkan pada desain logika digital: desain dan implementasi	Kualitatif	Sistem pelacakan Solar dan sistem <i>Flat-Plate</i> tetap	Hasil pengujian <i>solar tracking</i> dari sensor LDR, dan <i>Flat-Plate</i> tetap menunjukkan Efisiensi energi dari sistem PV jelas meningkat sebesar 44,89% dibandingkan dengan sistem <i>Flat-Plate</i> tetap. LDRs dimanfaatkan dan diinstal menggunakan konfigurasi sederhana yang dapat mengurangi kesalahan pelacakan yang disebabkan oleh orientasi rumit.
7	Ryzka Jaya Dio Lesmana, dan Achmad Imam Agung (2019)	<i>Build a solar cell tracking system and more load protection on arduino based</i>	Penelitian eksperimen dan pendekatan kuantitatif.	<i>Two axis solar tracker</i> dengan LDR dan proteksi beban	Hasil penelitian memperlihatkan bahwa <i>solar tracking</i> dan perlindungan beban telah menaikkan efisiensi pada panel surya dengan nilai daya yang ditemukan dengan <i>average</i> sebesar 10,35 watt dari awalnya yang tidak menggunakan <i>solar tracking</i> dengan rata-rata sebesar 7,87 watt.

No	Author (tahun)	Judul penelitian	Metode penelitian	Instrumen	Hasil
8	Muhammad Asri, dan Serwin (2019)	<i>Design build solar tracking system for power output optimization on solar panels</i>	Kualitatif	<i>Two axis solar tracker</i> dengan LDR	Hasil penelitian menunjukkan <i>output</i> daya listrik <i>tracking system</i> dengan solar statis didapatkan nilai berbdaning rata-rata sebesar 1,349Watt berbdaning 1,225Watt atau sekitar 10%, dimana <i>solar tracking</i> memperoleh output daya listrik yang lebih besar dan optimal dibdaning sistem solar statis
9	Kodrat Wirawan Fauzi, Teguh Arfianto, dan Ndanang Taryana (2018)	<i>Design dan realization of solar tracking system for enhanced solar panel efficiency using arduino uno</i>	Kualitatif	<i>Single axis solar tracker</i> dengan LDR	Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan memakai metode <i>solar tracking</i> , maka <i>amount</i> keseluruhan energi yang berhasil didapatkan lebih meningkat dibandingkan panel surya tanpa <i>solar tracking</i> .
10	Munadi Dito Haryanto, Rahmat Aulia Ismoyo, Mochammad Ariyanto, dan Joga Dharma Setiawan (2019)	<i>Electric energy enhancement study simulator based solar panel with the fix position and tracking position method of sunlight</i>	Kualitatif	Sistem pelacakan Solar dan sistem <i>Flat-Plate</i> tetap	Hasil penelitian menunjukkan keseluruhan <i>energy</i> yang berhasil dihasilkan memakai <i>mode solar tracking</i> dengan membdaningkan memakai sistem <i>fix-flat</i> tetap maka terjadi perbedaan energi sebesar 20,61 %.

Tabel 1 didapatkan 10 artikel penelitian menyediakan gambaran respon kecepatan dan keakuratan dari sensor *solar tracking* yaitu sensor LDR dan *image processing*. Terdapat 1 artikel membahas tentang cara kerja, respon dan ketepatan dari sensor *image processing*, terdapat 1 artikel yang membdaningkan beberapa sensor termasuk sensor LDR dan *image processing* yang digunakan dalam *solar tracking*, terdapat 1 artikel yang membahas tentang *solar tracking* bulanan menggunakan sensor LDR. Dan terdapat 7 artikel membahas tentang perbdaningan yang menggunakan *solar tracking* menggunakan LDR dengan yang tidak menggunakan *solar tracking* atau statis.

Berdasarkan hasil penelitian perbdaningan beberapa sensor untuk *solar tracking* oleh Garcia-Gil dan Ramirez (2019:21), bahwa kamera mata ikan lebih baik digunakan karena cermat dalam memperkirakan sudut matahari, yang digunakan untuk mengoreksi posisi panel surya untuk menangkap radiasi matahari terbesar sehingga sangat direkomendasikan untuk memonitoring matahari secara cepat dan tepat dengan nilai error sangat kecil.

Pada penelitian lain dalam mengidentifikasi cara kerja, respon dan ketepatan dalam *image processing* yang menunjukkan keakuratan dalam *image processing* didapat 33,6% lebih baik dengan menggunakan pemetaan kecerahan yang dapat berfokus pada bagaimana mengenali objek terang melingkar yaitu matahari (Wei dkk, 2016:7).

Pada penelitian lain dalam mengidentifikasi *solar tracking* bulanan menggunakan sensor LDR menunjukkan kenaikan bulanan rata-rata bervariasi dari 17, 20% dan 31, 1% selama 152 hari untuk wilayah utara brazil dan terus berubah tiap bualannya (Hoffman dkk,2017:7).

Pada penelitian lain dalam mengidentifikasi perbdaningan antara sistem *solar tracking* dengan sistem *the fixed flat-plate* dimana *solar tracking system* menggunakan sensor LDR menunjukkan sensor LDR yang dipasang pada *solar tracking* dengan yang tidak dipasangkan sensor LDR didapatkan bahwa yang menggunakan sensor LDR presentasi daya yang diserap lebih besar dari pada yang tidak menggunakan sensor LDR hal ini disebabkan lama penyinaran matahari mempengaruhi tingkat penyerapan daya pada panel variasi presentasi bergantung pada daerah penelitian

dilakukan dan kondisi harian matahari. Hasil terbaik yang bisa dicapai sekitar 44,89% dari *solar tracking system* dibandingkan *the fixed flat-plate system* (Jamroen dkk, 2020:13).

Berdasarkan hasil pencarian Literatur didapat 5 artikel yang memenuhi kriteria inklusi. Artikel

penelitian ini mengidentifikasi sistem penyimpanan *automatic transfer switch* (ATS) dengan yang menggunakan sistem penyimpanan tanpa ATS yang dibandingkan sebagai efisiensi dari segi penggunaan dan kebutuhan. Untuk lebih jelasnya dapat di lihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Analisis Sintesis Grid Pencarian Literatur

No	Author (tahun)	Judul penelitian	Metode penelitian	Instrumen	Hasil
1	Ryzka Jaya Dio Lesmana, dan Achmad Imam Agung (2019)	<i>Build a solar cell tracking system and more load protection on arduino based</i>	Penelitian eksperimen dan pendekatan kuantitatif.	Tidak hanya menjelaskan <i>solar Tracker</i> tetapi juga menjelaskan mengenai pengaruh beban terhadap lama <i>charger</i> terhadap baterai	Hasil uji kemampuan sistem panel surya tanpa ATS didapatkan lama <i>charger</i> baterai bergantung pada pembebanan didapatkan dari besarnya kapasitas baterai hanya bisa digunakan sekitar 10% tentunya tidak sepadan dengan pemakaian yang tidak menentu.
2	Abdul Majid, Eliza, dan Redy Hardian Syah (2018)	<i>Automatic transfer switch (ATS) tool as a hybrid electrical system of solar cells in households</i>	Penelitian eksperimen dan pendekatan kuantitatif.	Perancangan dan desain sistem <i>automatic transfer switch</i> (ATS)	Hasil pengujian menunjukkan cara kerja dari rancangan sistem <i>automatic transfer switch</i> (ATS) yang dapat digunakan di gunakan secara penuh tanpa batasan karena dapat dikopel dengan relay yang dapat mengubah sumber dari PLN dan panel surya secara otomatis.
3	Asriyadi, Dani Wawan Indrawan, Sarwo Pranoto, Ahmad Rizal Sultan, dan Rachmat Ramadhan (2016)	<i>Design build automatic transfer switch (ATS) on plts dan pln and genset</i>	Penelitian eksperimen dan pendekatan kuantitatif.	Perancangan dan desain sistem <i>Automatic Main Failure dan Automatic Transfer Switch</i> (AMF dan ATS) dengan tiga sumber	Hasil pengujian menunjukkan cara kerja dari rancangan sistem <i>Automatic Main Failure dan Automatic Transfer Switch</i> (AMF dan ATS) tidak hanya menjaga sumber tetap tersedia tetapi juga untuk mengamankan beban bila sumber daya mengalami masalah.
4	Dido Dirgantara Dewangga, Suhanto, dan Lady Silk Moonlight (2019)	<i>Design build prototype control dan monitoring automatic transfer switch (ATS) on pln and solar cells based programmable logic controller (PLC)</i>	Penelitian eksperimen dan pendekatan kuantitatif.	Perancangan dan desain sistem <i>automatic transfer switch</i> (ATS) menggunakan PLC	Hasil pengujian menunjukkan cara kerja dari rancangan sistem <i>automatic transfer switch</i> (ATS) dengan menggunakan pengontrol PLC yang dikombinasikan dengan relay sebagai <i>switch</i> dari PLN dan panel surya.
5	Yudi Fikra, Dedy Suryadi, dan Redi Ratidani Yacoub (2018)	<i>Design build automatic transfer switch (ATS) with current parameters, frequency and temperature</i>	Kualitatif dengan pendekatan dekskriptif	Perancangan dan desain sistem <i>automatic transfer switch</i> (ATS) dengan memperhitungkan parameter arus, frekuensi dan suhu	Hasil pengujian menunjukkan cara kerja dari rancangan sistem <i>automatic transfer switch</i> (ATS) dengan menganalisa parameter arus, frekuensi dan suhu yang mengalir melintasi relay berguna untuk monitoring agar dapat mengatur <i>switch</i> secara tepat dengan menjaga tegangan dan frekuensi tetap terjaga sehingga mengamankan beban dari ancaman kerusakan

Berdasarkan hasil penelitian perbandingan dari sistem penyimpanan *automatic transfer switch* (ATS) dengan yang menggunakan sistem penyimpanan tanpa ATS berikut ini adalah penelitian yang tidak

menggunakan ATS oleh Lesmana dan Agung (2019:8), bahwa kemampuan sistem panel surya tanpa ATS didapatkan lama *charger* baterai bergantung pada pembebanan dimana jika baterai di-*charger* tanpa beban

membutuhkan waktu 9 jam membuat baterai penuh dan jika diberi pembebanan menghabiskan waktu 18 jam untuk membuat baterai *full* sedang cahaya matahari hanya 9 jam, sehingga didapatkan dari besarnya kapasitas baterai hanya bisa digunakan sekitar 10% tentunya tidak sepadan dengan pemakaian yang dibutuhkan oleh pengguna.

Pada penelitian lain dalam mengidentifikasi cara kerja, penggunaan dan kebutuhan dalam sistem *automatic transfer switch* (ATS) dimana diantaranya terdiri dari dua atau tiga sumber dengan memakai pengontrol yang berbeda yang dapat digunakan di gunakan secara penuh tanpa batasan karena dapat dikopel dengan relay yang dapat mengubah sumber dari PLN dan panel surya secara otomatis (Majid dkk, 2018:1).

Pembahasan keseluruhan sistem berdasarkan hasil pada kutipan Tabel 1 yang mengidentifikasi respon kecepatan dan keakuratan dari sensor *solar tracking* yaitu sensor LDR dan *image processing* yang dibandingkan sebagai efisiensi dari *solar tracking* didapatkan banyak asumsi yang dapat mempengaruhi hasil penelitian yaitu wilayah, cuaca, konsumsi dari *solar tracking system*, dan gerakan harian matahari. *Solar tracking system* yang digunakan untuk mengarahkan panel surya ke matahari yang bertujuan untuk meminimalkan daya yang hilang akibat ketidak selarasan antara panel surya dengan matahari. Adapun penjelasan mengenai daya hilang akibat ketidak selarasan bisa dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Ketidaksejajaran Panel dengan Matahari (sumber: Prinsloo dan Dobson, 2015:28)

i	Jam	Hilang	i	Jam	Hilang
0°	1	0%	15°	1	3,4%
1°	2	0,015%	30°	2	13,4%
3°	3	0,14%	45°	3	30%
8°	4	1%	60°	4	>50%
23,4°	5	8,3%	75°	5	>75%

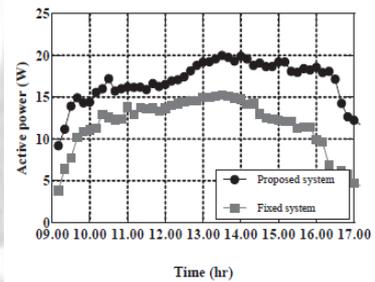
Keterangan :

- Kehilangan daya langsung (%)
- Ketidak selarasan (sudut i)
- Daya hilang = $1 - \cos(i)$.

Dari Tabel 3 dapat di lihat pengaruh sudut terhadap daya yang dapat diserap oleh panel surya, semakin besar sudut I (ketidak selarasan) semakin banyak daya yang hilang sehingga efisiensi menurun, penyebab lain yang bisa ditimbulkan dari ketidak selarasan antara panel dengan cahaya datang matahari

dapat memantulkan cahaya matahari ke atmosfer kembali dan menimbulkan masalah baru tentang *global warming*. *Solar tracking system* yang digunakan untuk mengarahkan panel surya ke matahari sehingga mengurangi sudut pantul dari ketidak selarasan antara panel dengan matahari.

Keakuratan *Solar tracking system* bergantung pada sensor yang digunakan dalam proses mencari matahari, umumnya sensor yang digunakan berupa sensor LDR, selain karena murah dan mudah untuk di program, sensor LDR dapat meningkatkan efisiensi panel surya dalam menangkap cahaya matahari di bandingkan yang tidak menggunakan *solar tracking*, Hasil terbaik yang bisa dicapai sekitar 44,89% dari *solar tracking system* dibandingkan *the fixed flat-plate system* (Jamroen dkk, 2020:13). Untuk lebih jelasnya dapat diperlihatkan pada gambar 2, dimana grafik berwarna hitam adalah yang menggunakan *solar tracking* dan grafik yang berwarna abu-abu adalah yang tidak menggunakan *solar tracking*.



Gambar 2 Solar Tracking System dan Fixed Flat-Plate System (Jamroen dkk, 2020:12)

Dari keterangan gambar diatas dapat di ambil kesimpulan bahwa nilai daya lebih baik penggunaan sensor LDR dibandingkan *fixed flat-plate system*, walupun tingkat efisiensi panel surya meningkat tetapi sensor LDR memiliki banyak kekurangan bila kondisi cuaca tidak mendukung seperti kondisi saat berawan atau karena gerakan harian matahari berubah setiap bulannya. *solar tracking* bulanan menggunakan sensor LDR menunjukkan kenaikan bulanan rata-rata bervariasi dari 17, 20% dan 31, 1% selama 152 hari untuk wilayah utara brazil dan terus berubah tiap bulannya (Hoffman dkk, 2017:7).

Keakuratan *Solar tracking system* yang menggunakan *image processing* bergantung pada sensor kecerahan yang digunakan dalam proses mencari matahari yang berada pada kamera, umumnya kamera yang digunakan berupa *fish eye camera*, *image processing* dapat meningkatkan efisiensi panel surya secara akurat dalam menangkap cahaya matahari di

bandingkan yang menggunakan sensor LDR, hal ini terbukti dari hasil penelitian perbandingan beberapa sensor untuk *solar tracking* oleh Garcia Gil dan Ramirez (2019:21), bahwa kamera mata ikan lebih baik digunakan karena cermat dalam memperkirakan sudut matahari, yang digunakan untuk mengoreksi posisi panel surya untuk menangkap radiasi matahari terbesar sehingga sangat direkomendasikan untuk memonitoring matahari secara cepat dan tepat dengan nilai error sangat kecil yang dibandingkan dengan sensor LDR, untuk lebih jelasnya dapat diperlihatkan pada Tabel 4 dan 5.

Tabel 4 Sudut Bujur *Solar Tracking System* dengan NOAA, Fisheye, dan LDR (Garcia-Gil dan Ramirez, 2019:17)

Jam	Bujur (NOAA)	Bujur (fisheye)	Bujur (LDR)
12.00	147, 83 ⁰	148, 32 ⁰	148, 68 ⁰
13.00	177, 2 ⁰	175, 4 ⁰	176, 1 ⁰
14.00	207, 4 ⁰	206, 6 ⁰	205, 8 ⁰
15.00	228, 6 ⁰	225, 2 ⁰	226, 4 ⁰
16.00	241, 96 ⁰	242, 18 ⁰	243, 8 ⁰
17.00	250, 88 ⁰	252, 74 ⁰	253,1 ⁰
Error	Realita	0,06	0,076

Tabel 5 Sudut Lintang *Solar Tracking System* dengan NOAA, Fisheye, dan LDR (Garcia-Gil dan Ramirez, 2019:17)

Jam	Lintang (NOAA)	Lintang (fisheye)	Lintang (LDR)
12.00	58, 4 ⁰	58, 28 ⁰	56, 67 ⁰
13.00	62, 8 ⁰	61, 98 ⁰	61, 87 ⁰
14.00	59, 8 ⁰	61, 93 ⁰	60, 12 ⁰
15.00	50, 6 ⁰	50, 32 ⁰	53, 56 ⁰
16.00	39 ⁰	40, 5 ⁰	41, 34 ⁰
17.00	26, 18 ⁰	27, 2 ⁰	27, 87 ⁰
Error	Realita	0,061	0,085

Dari keterangan Tabel 4 dan 5 dapat diambil kesimpulan bahwa tingkat akurasi dan nilai error lebih baik penggunaan kamera *fish-eye* dibandingkan sensor LDR, kamera *fish-eye* kamera sendiri adalah sensor dari sistem *image processing*. Keunggulan lain dari *image processing* adalah tidak terpengaruh oleh cuaca maupun kondisi di wilayah apapun, *image processing* akan tetap menangkap cahaya matahari secara *real time* dan sangat di dukung oleh kemajuan teknologi terkini. Kekurangan dari *image processing* adalah proses untuk sortir objek berupa matahari yang di ubah sudut matahari sangat sulit dilakukan dan harga dari kamera relatif mahal.

Sistem *tracking* pada panel surya mempengaruhi efisiensi daya yang diserap, semakin baik perancangan *tracking* yang di buat semakin baik efisiensi yang didapatkan pada panel surya. Sinar matahari dapat

menyinari bumi selama 12 jam sedangkan cahaya matahari yang dapat diserab dari sebuah panel surya memiliki durasi 8 jam (Majid dkk, 2018:1). Sistem panel surya tanpa ATS didapatkan lama *charger* baterai bergantung pada pembebanan dimana jika baterai di-*charger* tanpa beban membutuhkan waktu 9 jam membuat baterai penuh dan jika diberi pembebanan menghabiskan waktu 18 jam untuk membuat baterai *full* sedang cahaya matahari hanya 9 jam, sehingga didapatkan dari besarnya kapasitas baterai hanya bisa digunakan sekitar 10% tentunya tidak sepadan belum lagi jika terjadi pengaruh dari faktor eksternal terhadap sistem panel surya sehingga tidak di anjurkan untuk sistem beban yang membutuhkan *supply* 24 jam *non-stop*.

Agar sebuah panel surya dapat dimanfaatkan selama 24 jam maka panel surya harus memiliki sebuah alat yang dapat menggabungkan dua sumber atau lebih dalam satu kontrol beban yaitu dengan menggunakan alat *automatic transfer switch* (ATS) untuk kelistrikan *hybrid* PLN dan sel surya. Sistem dari ATS ketika panel surya menghasilkan energi maka sistem ATS akan bekerja secara otomatis dengan menggunakan energi dari panel surya, jika tidak menghasilkan energi maka sistem akan bekerja secara otomatis dengan meng-*switch* energi ke sistem PLN.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil akhir analisa pada artikel yang dilakukan maka didapatkan kesimpulan bahwa sistem panel surya menggunakan *solar tracking* berbasis *image processing* dibandingkan dengan sistem LDR dan sistem lainnya, *solar tracking* berbasis *image processing* lebih cermat dalam memperkirakan sudut matahari, yang digunakan untuk mengoreksi posisi panel surya untuk menangkap radiasi matahari terbesar sehingga sangat direkomendasikan untuk memonitoring matahari secara cepat dan tepat dengan nilai error sangat kecil yaitu $L_{image\ processing} = 0,061\%$ dari $L_{LDR} = 0,085\%$ dan $B_{image\ processing} = 0,06\%$ dari $B_{LDR} = 0,076\%$, *automatic transfer switch* pada panel surya bekerja untuk kelistrikan *hybrid* PLN dan sel surya.

SARAN

Supaya sumber kompeten diperlukan adanya data lebih banyak karena dari hasil pencarian studi literatur tahun penelitian berada di bawah 5 tahun terakhir sehingga hanya penelitian terbaru yang disajikan pada artikel ini dan untuk penelitian mengenai pengembangan sensor *solar tracking* banyak membahas tentang LDR dengan

fixed flat plate, jarang sekali menemukan mengenai *image processing*.

DAFTAR PUSTAKA

- Asri, Muhammad dan Serwin. 2019. "Design build solar tracking system for power output optimization on solar panels". Jurnal INSTEK vol. 4 no. 1, 1 april 2019, ISSN : 2541-1179.
- Asriyadi, Andi Wawan Indrawan, Sarwo Pranoto, Ahmad Rizal Sultan, dan Rachmat Ramadhan. 2016. "Design build automatic transfer switch (ATS) on PLTS, PLN and Genset". Jurnal ELEKTRIKA, no.2, 13 nopember 2016.
- Dewangga, Dido Dirgantara, Suhanto, dan Lady Silk Moonlight. 2019. "Design build prototype control and monitoring automatic transfer switch (ATS) on PLN and solar cells based programmable logic controller (PLC)". Jurnal SNITP, ISSN: 2548-8090.
- Fauzi, Kodrat Wirawan Teguh, Arfianto, dan Nandang Taryana. 2018. "Design and realization of solar tracking system for enhanced solar panel efficiency using arduino uno". Jurnal TELKA vol.4 no.1, mei 2018, pp. 64-75, ISSN : 2502-1982.
- Fikra, Yudi, Dedy Suryadi, dan Redi Ratiandi Yacoub. 2018. "Design build automatic transfer switch (ATS) with current parameters, frequency and temperature". Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura.
- Garcia-Gil, Gerardo, dan Ramirez, Juan M.. 2019. "Fish-Eye kamera dan gambar pengolahan untuk memerintah sebuah solar tracker". Journal Internasional Science Direct , 18 maret 2019, ISSN: 2405-8440.
- Ghassoul, Mostefa. 2018. "Satu sumbu sistem pelacakan otomatis berdasarkan skema percontohan untuk mengontrol panel surya untuk mengoptimalkan ekstraksi energi matahari". Journal Internasional Science Direct , 28 august 2018, ISSN: 2352-4847.
- Haryanto, Ismoyo Munadi, Mochammad Ariyanto, Joga Dharma Setiawan, dan Dito Rahmat Aulia. 2019. "Electricity enhancement study based on solar panel simulator with fix position and tracking position method against sunlight". Jurnal UNDIP vol. 21 no. 2 , april 2019, 102-108.
- Hoffman, Fabio Moacir Rolf Fredi Molz, Joao Victor Kothe, Elpidio Oscar Benitez Nara, dan Leonel Pablo Carvalho Tedesco. 2017. "Analisis profil bulanan berdasarkan proposal pelacak surya dua sumbu untuk panel fotovoltaik". Journal Internasional Science Direct , 31 august 2017, ISSN: 0960-1481.
- Jamroen, Chaowanan, Preecha Komkuma, Sompol Kohsria, Wuttinan Himanantao, Siriwat Panupintua, dan Sorawit Unkat. 2020. "Sebuah rendah-biaya dual-sumbu sistem pelacakan surya didasarkan pada desain logika digital: desain dan implementasi". Journal Internasional Science Direct , 2020, ISSN: 2213-1388.
- Lesmana, Ryzka Dio Jaya, dan Agung, Achmad Imam. 2019. "Build a solar cell tracking system and more load protection on arduino based". Jurnal Teknik Elektro vol. 8 no. 1, Tahun 2019, 229-237.
- Majid, Abdul, Eliza, dan Redy Hardiansyah. 2018. "Alat automatic transfer switch (ATS) sebagai sistem kelistrikan hybrid sel surya pada rumah tangga". Jurnal Surya Energy Vol. 2 No. 2, maret 2018, ISSN : 2528-7400.
- Mishra, Jyoti, Ritula Thakur, dan Alok Deep. 2017. "Arduino berbasis dual axis smart solar tracker". International Journal of Advanced Engineering, Management dan. Science (IJAEMS) vol. 3 no. 5, mei 2017, ISSN: 2454-1311.
- Prinsloo, G.J., dan Dobson, R.T. 2015. "Solar tracking: high precision solar position algorithms, programs, software and source-code for computing the solar vector, solar coordinates & sun angles in microprocessor, PLC, arduino, PIC dan PC-based sun tracking devices or dynamic sun following hardware" Stellenbosch: SolarBooks. ISBN 978-0-620-61576-1, p 1-542.
- Raehman, Malik Abdul, Sanjib Baran Roy, Imtisal Akhtar, Muhammad Fahad Bhopal, Woosuk Choi, Ghazanfar Nazir, Muhammad Farooq Khan, Sunil Kumar, Jonghwa Eom, Seung-Hyun Chun, dan Yongho Seo. 2019. "Ketebalan-Dependent efisiensi dari langsung tumbuh graphene based panel surya". Journal Internasional Science Direct ,25 maret 2019, Carbon 148 , 2019, 187-195.
- Rahmadiansyah, Arief, Ele Orlanda, Merti Wijaya, Hanif Wigung Nugroho, dan Rifki Firmansyah. 2017. "Design telemetry system for measuring light intensity based sensor light dependent resistor dan arduino uno". JEEE-U (Journal of Electrical dan Electronic Engineering-UMSIDA) vol. 1 No. 1.
- Sadi, Sumardi dan Mulyati, Sri. 2019. "ATS (automatic transfer switch) based programmable logic controller cpm1a automatic transfer switch (ATS) based on programmable logic controller Cpm1a". Jurnal Teknik: Universitas

Muhammadiyah Tangerang vol. 8 no. 1, Januari – Juni, Tahun 2019: hlm. 84-89.

Taufiqurrohman, M., Sri Rizqi Nur Masyithoh, dan Joko Subur. 2017. “*Design build wheelchair control system using image processing in foot paralyzed (paralyzed leg)*”. Seminar Nasional Kelautan XII Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah.

Wei, Ching-Chuan, Yu-Chang Song, Chia-Chi Chang dan Chuan-Bi Lin. 2016. “*Desain sistem pelacakan solar menggunakan wilayah paling terang di sky image sensor*”. Jurnal MDPI, ISSN: 105-2221-E-324-018.

