

Peningkatan unjuk kerja destilasi air energi surya jenis vertikal menggunakan pelacak matahari

Doddy Purwadianto^{1)*}, A. Prasetyadi²⁾, Dian Artanto³⁾

^{1,2)}Jurusan Teknik Mesin, FST Universitas Sanata Dharma

³⁾Jurusan Mekatronika, Politeknik Mekatronika Sanata DharmaTeknik Mesin
Kampus III USD, Maguwoharjo, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281, Indonesia

Abstrak

Abstrak Mencari air bersih merupakan salah satu pekerjaan utama masyarakat di daerah terpencil. Di beberapa daerah, sumber air yang ada sudah terkontaminasi garam atau zat lain yang dapat membahayakan kesehatan. Cara penjernihan air paling murah dan sederhana adalah dengan destilasi air menggunakan energi surya. Permasalahan umum destilasi air energi surya saat ini adalah masih rendahnya efisiensi yang dihasilkan. Masalah ini dapat diatasi dengan menggunakan sistem pelacak matahari agar posisi alat destilasi dapat mengikuti arah gerakan matahari. Penelitian penggunaan sistem pelacak matahari pada alat destilasi air energi surya yang ada umumnya adalah untuk destilasi air energi surya jenis horisontal, pada penelitian ini digunakan destilasi air energi surya jenis vertikal. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi destilasi air energi surya jenis vertikal serta mengembangkan model sistem pelacak matahari yang ada yakni dengan menambahkan RTC (Real Time Clock). Penambahan RTC dapat mengatasi kelemahan sistem pelacak matahari yang ada yakni ketidakakuratan penentuan posisi matahari saat cuaca berawan. Parameter yang diukur adalah temperatur air, temperatur kaca penutup, temperatur udara sekitar (TA), kelembaban udara sekitar, kecepatan angin, jumlah massa air destilasi yang dihasilkan, energi surya yang datang dan lama waktu pencatatan data. Penelitian ini merupakan penelitian multi tahun dengan dana Dikti yang saat ini memasuki tahun kedua dari rencana penelitian selama tiga tahun. Hasil tahun pertama menunjukkan, air destilasi yang diperoleh destilasi dengan pelacak matahari 30% lebih banyak dibandingkan destilasi tanpa pelacak matahari. Hasil tersebut diperoleh pada laju massa air yang akan didestilasi sebesar 0,7-1 kg/jam. Pada tahun kedua akan diupayakan peningkatan efisiensi yang lebih baik dengan penyempurnaan sistem pelacak matahari, sistem pendistribusian air, posisi alat destilasi dan penggunaan absorber yang mempunyai sifat kapilaritas yang lebih baik.

Kata kunci: destilasi surya, vertikal, pelacak matahari

Abstract

Looking for clean water is main activity in some remote areas because the water is contaminated by salt or other health jeopardized substance. Solar distillation is the cheapest and simplest way to clean water. But the common solar still has low efficiency due to the solar daily movement. Therefore solar tracker should be applied to such condition. Researches on application of the solar tracker usually were conducted on horizontal solar still. This research is focused on vertical solar still with solar tracker. The aims of the research are to enhance the solar still efficiency with application of the solar tracker and to improve solar tracker with RTC (Real Time Clock). Applying the RTC on solar tracker will increase its capability on predicting the solar position during cloudy times. The measured parameters are water temperature, cover parameter, ambient temperature (TA), ambient humidity, wind speed, distilled water mass, solar energy and time. The research is multi-years research funding by High Education Department. This year is the second of three planned year research. The result of the first year research shows that the clean water produced by the vertical still with solar tracker is 30% more than vertical solar still without solar tracker production. Such condition was done on 0.7 – 1 kg/jam water mass rate. In the second year, improvement of the efficiency will be attempted on improving of the solar tracker system, water distribution system, position of the solar still and better absorber with higher capillarity.

Kata kunci: solar still, vertical, solar tracker

1. Pendahuluan

Penjelasan Mencari air bersih merupakan salah satu pekerjaan utama masyarakat di daerah terpencil. Di beberapa daerah, sumber air yang ada sudah terkontaminasi garam atau zat lain yang berbahaya bagi kesehatan. Cara penjernihan air paling murah dan sederhana adalah dengan destilasi menggunakan energi surya. Penggunaan alat destilasi air energi surya dapat meningkatkan kualitas hidup dan menaikkan taraf kesehatan masyarakat. Sebagai negara tropis, Indonesia mempunyai potensi energi surya dengan radiasi harian matahari rata-rata 4,8 kWh/m² [1]. Dalam peta rencana kegiatan penelitian, pengembangan, dan penerapan lptek sektor surya termal di Indonesia, destilasi air energi surya

merupakan salah satu produk yang akan dikembangkan sampai 2025 [2]. Keuntungan alat destilasi air energi surya diantaranya adalah murah dalam pembuatan serta mudah dalam pengoperasian dan perawatannya [3]. Ada beberapa jenis alat destilasi air energi surya, dan yang paling sederhana dalam konstruksi adalah jenis vertikal.

Permasalahan umum pada alat destilasi air energi surya saat ini adalah masih rendahnya efisiensi yang dihasilkan. Banyak faktor yang mempengaruhi efisiensi alat destilasi air energi surya diantaranya adalah arah datangnya energi surya pada alat destilasi. Arah datang energi surya pada alat destilasi selalu berubah sepanjang hari karena pergerakan matahari. Masalah ini dapat diatasi dengan

*Korespondensi: Tel./Fax.: - / -
E-mail: purwadodi@gmail.com

menggunakan sistem pelacak matahari agar posisi alat destilasi dapat mengikuti arah gerakan matahari. Penelitian penggunaan sistem pelacak matahari pada alat destilasi air energi surya yang ada umumnya adalah untuk alat destilasi air energi surya jenis horisontal, belum ada penelitian untuk jenis vertikal. Sistem pelacak matahari yang digunakan pada penelitian alat destilasi air energi surya jenis horisontal juga masih mempunyai masalah yakni masih dibutuhkannya daya tambahan, kesalahan sistem pelacak matahari pada kondisi cuaca mendung yang lama dan kemampuan yang kurang dalam mempertahankan posisi pada kondisi berangin. Penelitian untuk mengatasi masalah pada sistem pelacak matahari tersebut kiranya perlu dilakukan.

Berdasarkan sistemnya, terdapat dua macam sistem pelacak matahari, yaitu sistem pelacak matahari mekanik dan sistem pelacak matahari elektrik. Karena alasan kemudahan dan fleksibilitas, sistem pelacak matahari berbasis elektrik lebih banyak dikembangkan. Sistem pelacak matahari elektrik umumnya memanfaatkan foto dioda atau foto resistor sebagai sensor dan motor sebagai penggerak. Sistem pelacak matahari elektrik dengan penggerak motor mempunyai kekurangan pada terbatasnya daya motor penggerak. Pada saat yang sama, kekurangan akibat terbatasnya daya pada motor penggerak mengakibatkan lemahnya kemampuan penguncian posisi pada motor penggerak. Akibatnya sistem pelacak matahari yang ada lebih banyak diterapkan pada alat rekayasa matahari yang ringan, seperti sel surya atau pada alat destilasi air energi surya jenis horizontal.

Sistem pelacak matahari elektrik bekerja berdasarkan masukan data sensor. Ketika sensor-sensor tidak bekerja, diperlukan sistem lain yang mampu menggantikan dan memandu sistem pelacak matahari. Hal ini dapat terjadi misalnya karena mendung yang berlangsung lama, atau proses perpindahan ke posisi awal pada malam hari. Untuk mengatasi persoalan tersebut, dalam penelitian ini hendak dilakukan pengembangan sistem pelacak matahari yang mampu memberi prediksi posisi, sehingga deviasi posisi dalam keadaan mendung yang berlangsung lama tidak terlalu besar, hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan RTC (Real Time Clock).

Pada saat mendung berlangsung lama, sistem pelacak matahari yang dilengkapi dengan RTC tidak kehilangan posisi matahari yang sangat jauh karena memanfaatkan data waktu dan kecepatan sebelumnya sebagai acuan untuk bergerak. Pada malam hari, RTC dapat dipakai sebagai masukan bagi sistem untuk memindah arah alat destilasi ke timur sehingga pada pagi hari, sistem secara otomatis langsung dapat bekerja mulai dari timur. Selain untuk mengatasi persoalan mendung yang lama, pengembangan pelacak matahari juga ditujukan untuk membangun sistem pelacak matahari yang cukup kokoh dan mampu bekerja pada alat rekayasa energi surya yang berat serta mampu mengatasi persoalan beban angin seperti yang sering terjadi pada alat destilasi air energi surya jenis vertikal. Sistem pelacak matahari pada penelitian ini juga dirancang untuk dapat bekerja secara mandiri (tidak memerlukan sumber daya lain). Sebagai sensor akan dipilih sel surya yang akan

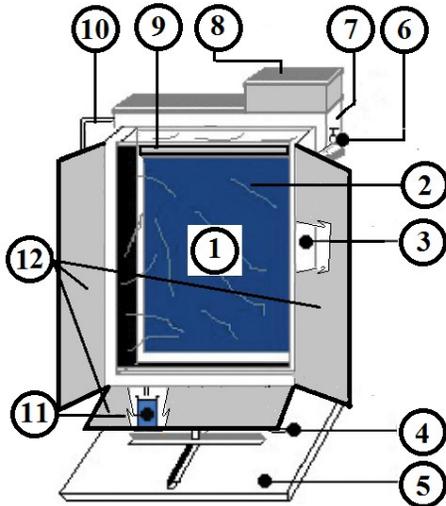
difungsikan sebagai sumber daya sekaligus sensor bagi arah datangnya energi surya.

Perbedaan penelitian ini dari penelitian sejenis yang pernah dilakukan diluar Indonesia adalah pada sistem pelacak matahari. Sistem pelacak matahari yang akan diteliti pada penelitian ini akan dapat mengatasi masalah yang masih ada pada sistem pelacak matahari sebelumnya. Manfaat yang dapat diperoleh dengan keberhasilan penelitian ini adalah: (1) dikuasainya teknologi proses manufaktur pembuatan alat destilasi air energi surya jenis vertikal yang dilengkapi dengan sistem pelacak matahari, (2) meningkatnya kesadaran masyarakat dalam pemanfaatan energi alternatif khususnya energi surya untuk mendapatkan air bersih sehingga dapat meningkatkan taraf kesehatan masyarakat dan (3) memberi peluang kerja terutama di industri lokal dalam memproduksi alat destilasi air energi surya jenis vertikal yang dilengkapi dengan sistem pelacak matahari.

Penelitian unjuk kerja alat destilasi jenis vertikal sisi tunggal dengan menggunakan absorber spon berwarna hitam menghasilkan air destilasi antara 0,275 sampai 1,31 liter/m².hari dengan jumlah energi surya antara 8,42 - 14,71 MJ. Efisiensi harian berkisar antara 7,85 sampai 21,19% [4]. Penelitian tersebut dilakukan di Aljazair pada musim panas dan gugur 2003. Luasan spon yang digunakan 0,817m². Pada penelitian tersebut diketahui bahwa uap air yang mengembun di kaca menghalangi energi surya yang masuk. Penelitian unjuk kerja alat destilasi jenis vertikal sisi tunggal tersebut dimodifikasi dengan menambahkan kondensor pasif di bagian belakang alat destilasi [5]. Produktivitas harian yang diperoleh bervariasi antara 0,863 sampai 1,323 l/m².hari dengan efisiensi maksimum yang diperoleh tiap jam antara 47,69 sampai 57,85%. Sebuah prototipe alat destilasi air energi surya jenis vertikal menggunakan absorber kain dengan luas 0,817m². Penelitian tersebut menganalisis parameter-parameter yang mempengaruhi unjuk kerja dan produktivitas alat destilasi. Hasil penelitian tersebut menunjukkan unjuk kerja dan produktivitas alat destilasi air energi surya jenis vertikal sangat bergantung pada arah energi surya yang datang, temperatur sekitar dan posisi alat destilasi. Hasil air yang diperoleh bervariasi antara 0,5 sampai 2,3 kg/m² [6]. Penelitian pengaruh disain parameter terhadap unjuk kerja alat destilasi juga dilakukan oleh Headly [7], Singh [8] dan Garcia [9]. Sistem pelacak matahari merupakan piranti yang berguna untuk membuat alat rekayasa energi surya searah dengan arah datangnya energi surya, sehingga lebih banyak energi yang bisa diterima dan dimanfaatkan [10]. Penambahan sistem pelacak matahari berhasil meningkatkan efisiensi alat rekayasa energi surya dibandingkan alat tanpa sistem pelacak matahari [11]. Hasil yang sama diperoleh pada penelitian lain [12], Madhu [13], Olalekan [14] dan Ponniran [15].

Prinsip kerja alat destilasi air energi surya adalah penguapan air yang terkontaminasi dan pengembunan uap air. Secara teoritis alat destilasi energi surya dapat menghasilkan air bersih 6 liter per hari tiap satu meter persegi luasan alat. Komponen yang terdapat pada sebuah alat destilasi air energi surya jenis vertikal

(Gambar 1.) adalah (1) absorber, (2) kaca penutup, (3) kotak destilasi, (4) saluran buang air kotor yang tidak menguap, (5) konstruksi pendukung, (6) keran pengatur aliran air kotor, (7) kotak air kotor, (8) bak pengatur ketinggian air, (9) pipa pendistribusi air kotor penampung air bersih dan (12) reflektor. Absorber berfungsi sebagai penyerap energi surya untuk memanasi air yang akan diuapkan (didestilasi). Kaca penutup berfungsi sebagai tempat mengembunnya uap air sehingga dihasilkan air bersih yang dapat langsung dikonsumsi. Absorber terbuat dari bahan yang memiliki sifat kapilaritas seperti kain.



Gambar 1. Skema alat destilasi air energi surya jenis vertikal

Efisiensi alat destilasi energi surya didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah energi yang digunakan dalam proses penguapan air dengan jumlah energi surya yang datang selama waktu pemanasan [16]:

$$\eta_{Destilasi} = \frac{m \cdot h_{fg}}{A_c \int_0^t G \cdot dt} \quad (1)$$

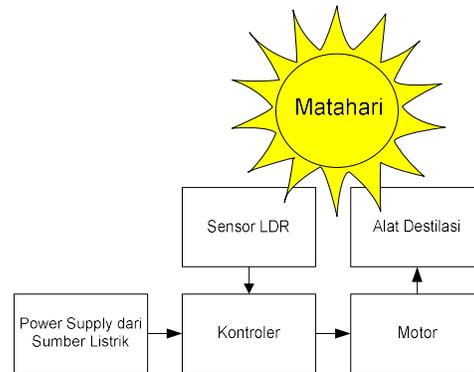
dengan A_c adalah luas alat destilasi (m^2), t adalah lama waktu pemanasan (detik), G adalah energi surya yang datang (W/m^2), h_{fg} adalah panas laten air ($J/(kg)$) dan m_g adalah massa uap air (kg). Massa uap air (m_g) dapat diperkirakan dengan persamaan matematis berikut [16]:

$$m_g \cdot h_{fg} = q_{uap} = 16,27 \cdot 10^{-3} \cdot q_{konv} \cdot \left(\frac{P_W - P_C}{T_W - T_C} \right) \quad (2)$$

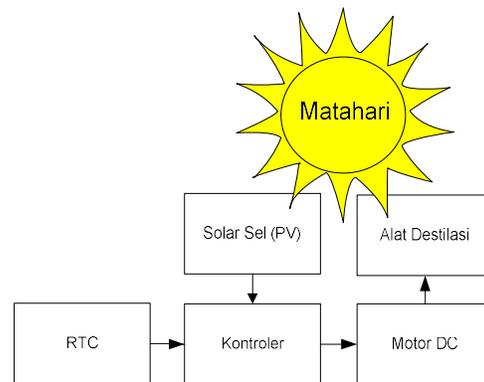
$$q_{konv} = 8,84 \cdot 10^{-4} \left[T_W - T_C + \frac{P_W - P_C}{268,9 \cdot 10^2 - P_W} \cdot T_W \right]^{1/4} \cdot (T_W - T_C) \quad (3)$$

Dengan q_{konv} adalah bagian energi matahari yang digunakan untuk proses penguapan (W/m^2), q_{konv} bagian energi matahari yang hilang karena konveksi (W/m^2), P_W adalah tekanan parsial uap air pada temperatur air (N/m^2), P_C adalah tekanan parsial uap air pada temperatur kaca penutup (N/m^2), T_W adalah temperatur air (OC) dan T_C adalah temperatur kaca penutup (OC).

Sistem pelacak matahari adalah piranti yang berguna untuk mengarahkan alat rekayasa energi surya agar mendapatkan energi surya dalam jumlah yang paling besar. Konstruksi sebuah sistem pelacak matahari secara umum (Gambar 2) tersusun atas 4 piranti utama, yaitu sensor, kontroler, penggerak dan sistem catu daya. Sensor berfungsi mendeteksi arah datang energi surya. Masukan sensor akan dikirim ke kontroler untuk menentukan apakah alat rekayasa energi surya sudah searah dengan arah datangnya energi surya. Sinyal koreksi posisi dikirimkan ke penggerak untuk mengubah arah jika diketahui bahwa posisi tidak optimal. Sebaliknya, jika posisi sudah optimal maka sinyal tidak dikirim ke penggerak. Sistem penggerak disuplai oleh sistem catu daya. Catu daya ini dapat berasal dari sumber energi lain. Catu daya pada suatu pelacak matahari elektrik dapat berupa suatu sel surya yang dikopel dengan sumber lain. Sistem ini berfungsi untuk menjamin dapat bekerjanya sistem penggerak.



Gambar 2. Skema sistem pelacak matahari yang umum

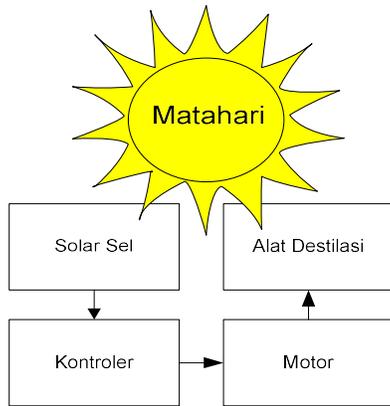


Gambar 3. Sistem pelacak matahari dengan penambahan RTC

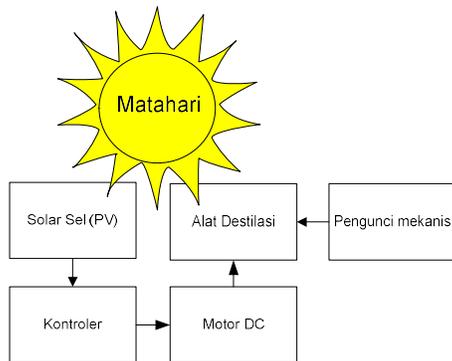
Piranti-piranti penyusun sistim pelacak matahari ini dapat berupa piranti yang bekerja secara elektronik maupun piranti yang bekerja secara mekanik. Sensor yang banyak dipergunakan dalam deteksi arah datangnya energi surya adalah LDR (Light Dependent Resistor) dan fotodiode. Sedangkan sistem kontrol biasanya tersusun dari mikrokontroler, PLA (Programmable Logic Array) atau piranti lainnya. Penggerak yang lazim dipakai dalam sistem ini adalah motor. Pada sistem yang berbasis mekanik, sensor

yang dipergunakan adalah SMA (Shape Memory Alloy). Sedangkan penggerak mekanik dapat berupa beban, pegas atau SMA itu sendiri yang dirangkai dengan sistem roda gigi yang sesuai.

Sistem elektronik mempunyai keunggulan pada kemudahan dan harga yang murah. Sensor biasanya terbuat dari 2 atau lebih LDR atau fotodioda yang dipergunakan sebagai fungsi acuan dan pembacaan. Kontroler sistem elektronik dapat diprogram dengan mudah dan memberikan respon dalam waktu yang sangat cepat. Sayangnya, sistem elektronik semacam ini membutuhkan catu daya yang stabil untuk menjamin sensor bekerja dengan benar. Catu daya juga dipergunakan untuk mensuplai penggerak. Ini berarti sistem elektronik memiliki kelemahan pada kebutuhan sumber daya yang seringkali tidak tersedia di daerah yang hendak diberi piranti dengan sistem surya, yaitu listrik [17].



Gambar 4. Sistem pelacak matahari tanpa catu daya, mengambil energi dari sel surya



Gambar 5. Sistem pelacak matahari dengan pengunci elektro mekanik agar tidak terpengaruh angin

Pada sistem berbasis elektronik, sensor dihubungkan ke kontroler dan dipergunakan untuk memberikan informasi keadaan posisi alat rekayasa energi surya terhadap arah datangnya energi surya. Selisih antar 2 sensor biasanya dipakai untuk menunjukkan adanya deviasi terhadap arah datang energi surya ini. Sinyal selisih ini akan diterjemahkan oleh kontroler menjadi sinyal perintah berputar pada penggerak. Suatu sensor sekaligus akan menjadi sistem umpan balik.

Dalam keadaan mendung, sangat mungkin terjadi bahwa sensor tidak dapat mendeteksi perubahan posisi matahari karena sifat radiasi yang sangat difuse. Pada saat itu, sensor tidak dapat membedakan intensitas yang jatuh pada sensor-sensor yang berbeda. Akibatnya, sistem seolah mencatat bahwa posisi alat rekayasa energi surya sudah mengarah tepat pada arah datang energi surya. Jika hal ini terjadi lama, sangat mungkin bahwa posisi alat rekayasa energi surya tertinggal pada sudut yang jauh dan kehilangan efisiensi optimalnya. RTC dapat dipergunakan sebagai alternatif acuan ketika sensor tidak dapat bekerja optimal. RTC akan memberikan sinyal waktu yang dapat dipergunakan sebagai prediksi posisi matahari. Ketika kondisi cuaca cerah, maka sensor akan dijadikan acuan utama. Sebaliknya ketika cuaca mendung, RTC menjadi acuan (Gambar 3). Kecepatan bergerak dikendalikan berdasarkan memori laju perubahan posisi terakhir yang tercatat pada kontroler.

Sel surya jarang dipakai sebagai sensor dan lebih sering dipergunakan sebagai catu daya (Gambar 4). Sekalipun demikian, sel surya mempunyai potensi sebagai sensor, sehingga amat mungkin bahwa sel surya dapat dipergunakan sebagai sensor sekaligus sebagai catu daya. Sistem ini menghubungkan langsung sel surya dengan motor penggerak dan mekanisme penguncian elektro mekanik. Ketika beda potensial antar sel surya sudah cukup, pengunci dibuka sehingga kolektor bergerak. Dengan sendirinya, kolektor berhenti bergerak ketika sel surya tidak menghasilkan beda potensial lagi. Pada saat itu, pengunci elektro mekanik akan kembali menutup.

Piranti pengunci elektro mekanik (Gambar 5) bekerja dengan prinsip relay yang normally closed. Ketika beda potensial yang terjadi cukup besar, sistem pengunci akan membuka. Pada saat membuka, kunci bebas sehingga motor dapat menggerakkan alat rekayasa energi surya. Saat beda potensial hilang, maka kunci kembali bekerja.

Arah datang energi matahari dinyatakan dengan sudut azimut dan sudut zenit, tetapi karena posisi alat destilasi selalu vertikal maka arah datang energi matahari pada alat destilasi dapat dinyatakan hanya dengan sudut azimut. Sudut azimut diukur dari utara ke proyeksi matahari pada bumi.

Cosinus sudut azimut dihitung dengan:

$$\cos \theta_a = (\sin \delta - \sin \phi \cos \theta_z) / (\cos \phi \sin \theta_z) \quad (4)$$

dengan δ adalah sudut deklinasi, ϕ adalah sudut lintang dan θ_z adalah sudut zenit. Sudut deklinasi dihitung dengan:

$$\delta = 23,45 \sin(360 \times (284 + n) / 365) \quad (5)$$

dengan n adalah nomor urut hari dalam tahun yang bersangkutan. Sudut lintang adalah sudut lintang tempat alat destilasi, karena penelitian akan dilakukan di Yogyakarta maka $\phi = 80$ lintang selatan. Cosinus sudut zenit dihitung dengan:

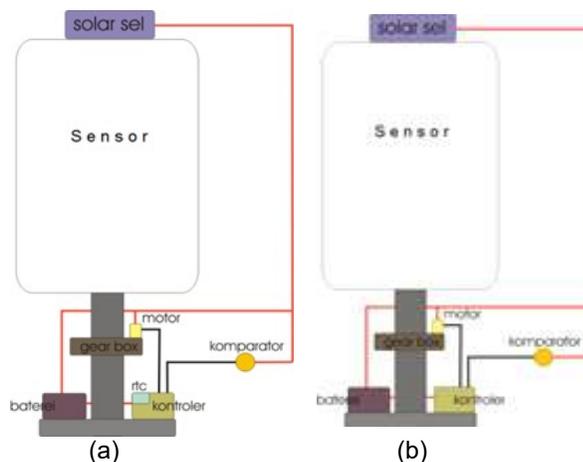
$$\cos \theta_z = \sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cos \omega \quad (6)$$

dengan ω adalah sudut jam. Sudut jam dihitung dari waktu setempat. Pada jam 12 siang sudut jam bernilai 0° dan bertambah 15° tiap satu jam ke arah pagi hari dan berkurang 15° ke arah sore hari.

2. Metode Penelitian

Secara umum penelitian tahun I mempunyai target hasil yakni model alat destilasi air energi surya jenis vertikal dengan tujuan meningkatkan efisiensi destilasi air energi surya jenis vertikal serta mengembangkan model sistem pelacak matahari yang ada yakni dengan menambahkan RTC (Real Time Clock). Untuk mencapai target penelitian tahun I tersebut, akan dilakukan (1) penelitian untuk mengetahui karakteristik model alat destilasi air energi surya jenis vertikal dan (2) penelitian untuk mengetahui karakteristik model sistem pelacak matahari yang dapat mengatasi permasalahan yang masih terdapat pada sistem pelacak matahari yang ada.

Penelitian untuk mengetahui karakteristik model alat destilasi air energi surya jenis vertikal perlu dilakukan karena masih kurangnya penelitian sejenis, bahkan penelitian sejenis di Indonesia belum ada. Penelitian untuk mengetahui karakteristik model alat destilasi air energi surya jenis vertikal dilakukan dengan membuat model alat seperti pada Gambar 1 sebanyak 3 buah. Pengambilan data diperkirakan akan dilakukan antara bulan Mei sampai Juli 2015. Antara bulan tersebut matahari berada pada belahan bumi utara, karenanya ketiga model alat destilasi dihadapkan kearah utara dengan 3 (tiga) sudut azimuth (sudut yang diukur dari utara) yang berbeda. Variasi sudut azimuth ini dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik alat destilasi pada sudut datang energi matahari yang berbeda. Karakteristik alat destilasi pada sudut datang energi matahari yang berbeda dapat diketahui dari efisiensi yang dihasilkan.



Gambar 6. Konfigurasi sistem pelacak matahari yang dikembangkan, (a) menggunakan RTC, (b) menggunakan sel surya sebagai catu daya.

Penelitian untuk mengetahui karakteristik model sistem pelacak matahari dilakukan dengan membuat model sistem pelacak matahari yang dikembangkan dari sistem pelacak matahari yang ada. Model sistem pelacak matahari yang dikembangkan dilengkapi dengan RTC, sel surya dan pengunci elektro mekanik

(Gambar 6) agar dapat mengatasi permasalahan yang masih terdapat pada sistem pelacak matahari yang ada. Karakteristik sistem pelacak matahari yang dikembangkan diketahui dengan membandingkan kualitas respon relatif terhadap arah datangnya energi matahari dengan sistem pelacak matahari yang ada. Kualitas respon terhadap arah datangnya energi matahari diukur dari besar energi matahari (W/m^2) relatif yang diterima sistem pelacak matahari (sistem pelacak matahari yang dikembangkan dan yang ada) dengan pyranometer (alat ukur energi matahari yang datang) sebagai referensi. Kualitas respon juga dapat diukur dari sudut azimuth sistem pelacak matahari relatif dengan sudut azimuth teoritis. Untuk pengukuran temperatur digunakan sensor temperatur DS18B20, untuk pengukuran kelembaban digunakan sensor kelembaban DHT22 dan untuk pengukuran intensitas energi surya yang datang digunakan photovoltaic yang dikalibrasi dengan pyranometer. Untuk pengukuran air bersih yang dihasilkan digunakan e tape level dan kecepatan angin diukur dengan weather meter.

3. Hasil dan Pembahasan

Alat destilasi disusun dari 2 bagian utama, yang pertama adalah rangka dan yang kedua adalah box destilasi. Bagian rangka berfungsi untuk menempatkan alat destilasi pada posisi vertikal dan mendukung box destilasi. Bagian box destilasi berfungsi sebagai kolektor energi surya dan tempat proses destilasi berlangsung.

Rangka berupa tiang tegak yang didukung oleh kaki tiga. Poros rangka berupa besi pipa dengan ukuran 2 inci dengan tinggi 132 cm. Sedangkan kaki tiga dibuat dari besi hollow dengan ukuran 4 cm. Masing – masing kaki memiliki panjang 96 cm. Pada poros diberi penyangga yang terbuat dari besi L dengan ukuran 4 cm. Bentuk rangka yang dibuat ditunjukkan pada gambar 7.

Model penggerak poros yang dipergunakan untuk mengambil data adalah model dengan penggerak motor stepper. Motor dc 24 volt sudah memiliki speed reducer sehingga mempunyai kecepatan putar 300 rpm. Dengan penambahan speed reducer sebesar 50 kalinya, maka motor akan menggerakkan box destilasi dengan kecepatan maksimum 6 rpm, atau setara dengan 360 tiap detiknya. Kecepatan ini masih sangat besar dibandingkan kecepatan edar matahari terhadap bumi yaitu $15^\circ / \text{jam}$. Nilai itu jauh lebih besar daripada laju perubahan terhadap azimuth box secara vertikal.

Zenith solar terhadap destilator ditentukan oleh :

$$\theta = \arcsin \left(\left(\sin^2(\gamma_1 - \gamma_2) + \cos^2(\varphi) \right)^{\frac{1}{2}} \right) \quad (7)$$

dengan $\gamma_1, \gamma_2, \varphi, h$ dan θ adalah latitude observer, solar latitude, azimuth solar pada horison dan zenith terhadap permukaan.

Artikel ilmiah perilaku teoritis ini telah diterima untuk dipresentasikan dalam 14th International Conference Quality in Research 2015 yang diselenggarakan pada tanggal 10 – 13 Agustus di Lombok dengan judul Solar Tracker for Vertical Solar Distillation Apparatus.

Pengembangan piranti ukur bagi alat – alat ini meliputi, piranti pengukuran temperatur, pengukuran

intensitas cahaya, pengukuran level air, pengukuran debit air, pengukuran kelembaban, pengukuran tekanan udara. Pengukuran temperatur menggunakan sensor DS18B20. Pengukuran intensitas cahaya menggunakan BH1750. Pengukuran level air menggunakan sensor e-tape. Pengukuran debit menggunakan sensor flowmeter. Pengukuran kelembaban menggunakan DHT22. Pengukuran tekanan udara menggunakan BMP180.



Gambar 7. Rangka penyangga destilasi solar

Piranti alat ukur ini dilengkapi dengan power supply 12 V, LDR, 7-segmen 8 digit untuk menampilkan data, saklar, optokopler, remote IR, card writer da RTC 3231. Piranti ini dikendali dengan mikroprosesor ATMEGA 32 dan diprogram dengan menggunakan LabVIEW. Kontroler dan pengukuran pada sistem ditunjukkan oleh gambar 9.

Selain piranti ukur, sistem juga memanfaatkan ATMEGA sebagai mikrokontroller untuk mengendalikan tracker. Tracker bekerja dengan memanfaatkan motor stepper sebagai aktuator. Driver motor stepper yang dipergunakan adalah DRV8225. Sistem pengukuran yang sekaligus disatukan dengan sistem pengendalian gerak tracker bekerja secara otomatis ketika supply daya diberikan. Sistem ini akan mencatat pengukuran setiap menit dan menggerakkan alat destilator 1/6 derajat tiap menit atau dalam 1 jam, alat akan berputar 10°. Sejak jam 07.00 – 16.00 alat akan bergerak sejauh 90°.

Piranti kontrol sebagai bagian ini tracker belum sepenuhnya sempurna. Yang masih perlu disempurnakan adalah kemampuan alat kontrol untuk melakukan optimalisasi posisi berdasarkan posisi matahari dan realibilitas sistem tracker. Seringkali alat masih mengalami kemacetan ketika diletakkan di tempat uji yang temperaturnya mencapai lebih dari 40O. Software penyimpanan hasil pengukuran belum sepenuhnya sempurna. Beberapa kali terjadi kegagalan penyimpanan hasil pengukuran ke card memori.



Gambar 8. Kontroler tracker dan pengukuran

Perbandingan pengukuran sistem diam dan sistem bergerak menunjukkan bahwa sistem yang bergerak mengikuti arah matahari mampu mendapatkan air bersih dalam jumlah yang lebih banyak dari pada sistem yang diam. Data perolehan air bersih antara sistem yang diam dan sistem yang berputar ditunjukkan oleh tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan hasil perolehan destilasi solar vertikal dalam keadaan diam dan berputar.

Tanggal	Sistem Diam	Sistem Berputar	Aliran input / jam
16 /11/2015	0,0289	0,04335	0,7 liter
17/11/2015	0,04046	0,04624	0.7 liter
19/11/2015	0,0289	0,0578	0,7 liter
20/11/2015	0,01445	0,0289	1 liter

Jumlah air bersih yang diperoleh dari sistem yang menggunakan tracker sehingga dapat berputar dan memanfaatkan RTC untuk menebak arah datangnya sinar matahari lebih banyak dari pada air bersih yang dihasilkan oleh sistem diam. Perbedaan hasil sistem bergerak terhadap sistem diam mencapai 30 %, tergantung jumlah cahaya matahari yang masuk.

Sistem tracker yang dibuat dirancang untuk berputar 10° tiap jamnya. Posisi awal dibuat menghadap 135° ketika matahari di sisi selatan dan 45° ketika matahari di sisi utara. Kondisi ini memang belum optimal karena sistem keluaran air bersih dan sistem masukan air bersih belum memungkinkan untuk membuat alat dapat berputar secara bebas 180°. Jika perputaran terlalu jauh, maka banyak air yang terbuang. Hal ini sekaligus memerlukan piranti pengukuran baru yang lebih fleksibel terhadap perputaran.

4. Kesimpulan

Pekerjaan pada tahun pertama yang menjanjikan model sudah berhasil dibuat. Dibuat 5 buah alat dengan 2 buah alat yang dapat dihubungkan dengan penggerak untuk menguji sistem tracker. Sedangkan 3 buah alat lain yang dibuat dipergunakan untuk menguji karakteristik destilator dalam keadaan diam. Hasil tahun pertama menunjukkan, air destilasi yang diperoleh destilasi dengan pelacak matahari 30% lebih banyak dibandingkan destilasi tanpa pelacak matahari. Hasil tersebut diperoleh pada laju massa air yang akan didestilasi sebesar 0,7-1 kg/jam. Pada

tahun kedua akan diupayakan peningkatan efisiensi yang lebih baik dengan penyempurnaan sistem pelacak matahari, sistem pendistribusian air, posisi alat destilasi dan penggunaan absorber yang mempunyai sifat kapilaritas yang lebih baik.

Pengembangan kehandalan tracker akan dikerjakan pada tahun kedua. Kehandalan difokuskan pada kemampuan tracker bekerja pada temperatur yang tinggi dan penyediaan sistem dayanya.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Kemenristek Dikti, yang telah membiayai penelitian ini melalui skim Hibah Bersaing 2015.

Daftar Pustaka

- [1] Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral, *Kebijakan Pengembangan Energi Terbarukan Dan Konservasi Energi (Energi Hijau)*, Departemen Energi Dan Sumber Daya Mineral, Jakarta, 2003.
- [2] Menteri Negara Riset dan Teknologi, *Indonesia 2005-2025 Buku Putih Penelitian, Pengembangan Dan Penerapan Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi* Kementerian Negara Riset dan Teknologi Republik Indonesia, Jakarta, 2006.
- [3] Kunze, H. H., *A New Approach To Solar Desalination For Small- And Medium-Size Use In Remote Areas*, *Desalination*, 139, 35–41, 2001.
- [4] Boukar, M., Harmim, A., *Performance Evaluation of One-Sided Vertical Solar Still Tested in The Desert of Algeria*, *Desalination*, 183, 113–126, 2005.
- [5] Boukar, M., Harmim, A., *Design Parameters and Preliminary Experimentallinvestigation of An Indirect Vertical Solar Still*, *Desalination* 203, 444–454, 2007.
- [6] Boukar, M., Harmim, A., *Parametric Study of A Vertical Solar Still Under Desert Climatic Conditions*, *Desalination* 168, 21–28, 2004.
- [7] Headly, O.St., Springer, B.G.F., *Effects of Design And Empirically Variable Parameters on Solar Still Performances*, 3rd Internat. Symp. on Fresh Water from Sea, 1, 669–677, 1970.
- [8] Singh, S.K., Bhatnan, V.P., Tiwari, G.N., *Design Parameters for Concentrator Assisted Solar Distillation System*, *Energy Conves. Mgmt.*, 37(2), 242–252, 1996.
- [9] Garcia Rodriguez, L. Gomez-Camacho, C., *Design Parameters Selection for A Distillation System Coupled To A Solar Parabolic Trough*, *Desalination*, 122, 195–204, 1999.
- [10] Aliman, O., Daut, I., Isa, M., Adzman, M.R., *Simplification of Sun Tracking Mode to Gain High Concentration Solar Energy*, *Am. J. Applied Sci.*, 4(3), 171-175, 2007.
- [11] Abdallah, E., Al_Soud, M., Akayleh, A., Abdallah, A., *Cylindrical Solar Cooker with Automatic Two Axes Sun Tracking System*, *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, 4(4), 477-486, 2010.

- [12] Barsoum, N., Vasant, P., *Simplified Solar Tracking Prototype*, *Transaction in Controllers and Energy*, GJTO, 1, 38-45, 2010.
- [13] .Madhu, K.S., Wadekar, B.R., Chiragkumar, V.F., Gagan, T.M., *Intelligent Two Axis Solar Tracking Systems with Mechanical Application*, 2012.
- [14] Olalekan, T. M., *Improving the Performance of Solar Stills using Sun Tracking*, Thesis of University of Stratchlyde Engineering, 2010.
- [15] Ponniran, A., Hashim, A., Joret, A., *A design of Low Power Single Axis Solar Tracking System Regardless of Motor Speed*, *International Journal of Integrated Engineering*, 3(2), 5-9, 2011.
- [16] Arismunandar, Wiranto, *Teknologi Rekayasa Surya*. Jakarta : Pradnya Paramita, 1995.
- [17] Ganesh, J., N., Maniprakash. S., Chandrasekaran L., Srinivasan, S.M., Srinivasa, A.R., *Design and Development of Sun Tracking Mechanism using the Direct SMA Actuation*, 2009.