

KAPASITAS ENERGI AKUMULATOR PANAS MATAHARI METODE *FLAT PLATE REFLECTIVE ARRAY* UNTUK MESIN TETAS HYBRID

Budhy Setiawan¹, Wirawan² dan Herman Hariadi³

^{1,3}Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Malang, Indonesia.

²Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang, Malang, Indonesia.

¹budhy.setiawan@polinema.ac.id, ²wirawan@polinema.ac.id, ³herman.hariadi@polinema.ac.id

Abstrak

Energi alternatif sinar matahari di wilayah tropis sangat menjanjikan, *free* dan abadi. Wilayah Indonesia memiliki potensi besar akan energi panas matahari, 5 Kwh /m²/hari rata rata per tahun. Salah satu area teknologi pertanian yang dapat secara langsung memanfaatkan energi matahari tanpa konversi adalah mesin tetas telur. Kebutuhan energi panas mesin penetas telur sudah *urgent* untuk memanfaatkan energi *hybrid* panas matahari, selain energi listrik. Penelitian ini menggunakan metode penyimpanan panas dengan material kering paving untuk mesin penetasan *full automatic* terprogram. Permasalahan utama pada metode tersebut ada pada bagaimana energi panas matahari dapat diserap, disimpan dan ditranfer ke mesin penetas, hingga efisiensi energi mencapai 70%. Langkah langkah berupa analisa perhitungan kapasitas energi akumulator panas matahari, simulasi penyerapan energi matahari hingga pemanfaatannya pada mesin tetas hybrid. Berikutnya penelitian empirik di tumpukan pada penemuan *desain akumulator* dengan metode *flat collector*, dan parameter desain akumulator dalam mempertahankan panas dengan metode *reflectif array* kolektor dan isolasi konduktif & radiatif hingga tercapai efisiensi serapan energi 70%. Seluruh kontrol elektronika dilaksanakan menggunakan metode kontrol elektronika digital terprogram, *MCU (microcontroller unit)*. Dalam penelitian, data akurat empirik penelitian didapatkan dengan menggunakan metode teknologi *data logger Matlab* melalui *DAQ (Data Aquisition interface)* untuk tujuan analisa unjuk kerja parameter parameter berkenaan. Mesin tetas telur *energy hybrid* diharapkan mampu mengurangi konsumsi energi listrik hingga 60 % pertahun operasional.

Sebagai hasil, peralatan penelitian berupa akumulator dan mesin tetas dapat digunakan dengan akurat. Akumulator panas matahari metode flat kolektor reflektif array tanpa kontrol menunjukkan kemampuannya untuk dapat menyerap dan menyimpan energi panas dari energi sinar matahari. Efisiensi penyerapan energi akumulator mencapai 57,46%.

Kata kunci: Mesin penetas hybrid, Akumulator panas matahari, Flat Collector, Reflective Array.

1. Pendahuluan

1.1.Latar belakang

Cadangan energi fosil dunia (minyak, gas dan batu bara) telah menurun sejak 2008 [World oil Reserve], dan diprediksi pada 2020 telah habis [EBTKE]. Salah satu energi alternatif terbarukan adalah energi matahari yang bersifat abadi dan *free*. Energi matahari tersebut memiliki daya 1 KW/m² rata-rata dipermukaan bumi dengan energy hingga 7 KWjam /m²/hari rata rata per tahun [Andreev, Hosein]. Energi matahari pada umumnya secara teknologi dikonversi ke listrik, selain itu juga disimpan dalam energi panas menggunakan material cair dan material kering [Ercan]. Salah satu implementasi energi matahari dapat dimanfaatkan pada mesin penetas telur.

Implementasi tersebut sangat relevan dan efektif digunakan, hal tersebut berkenaan dengan posisi geografis Indonesia pada wilayah koordinat tropis yang memiliki energi matahari cukup tinggi, 5 Kwh/m²/hari rata rata per tahun [NASA]. Dapat

diperhitungkan, bila sebuah atap rumah dengan luas 10 m², maka energi perhari diterima diatap rumah tersebut sama dengan 50 Kilo Watt jam per hari rata rata per tahun. Dengan efisiensi pengumpulan dan penyimpanan energi panas sebesar 70 % [Brian] (bila menggunakan metoda pengumpulan dan penyimpanan udara panas), maka didapatkan energi panas sebesar 5,3 KWj /m² per hari.

Di masyarakat dan industri, mesin penetas telur hampir secara keseluruhan menggunakan energi listrik. Mesin tersebut berkenaan dengan pengadaan pangan akan daging dan telur unggas masyarakat yang terus meningkat dan mudahnya akses listrik PLN. Dilain fihak, negara Indonesia telah menyatakan bahwa energi fosil dunia akan habis pada tahun 2020 [EBTKE]. Ironisnya, dalam decade ini, di Indonesia, peningkatan pengadaan energi listrik mengandalkan energi fosil sebagai bahan baku energi listrik [Republika].

Oleh karena mesin penetas telur membutuhkan energi panas, adalah bijak, bila memanfaatkan energi panas matahari sebagai komplemen listrik dengan

metode penyimpanan panas matahari ke akumulator panas, karena metode tersebut memiliki konversi hingga 80% energi [Ercan] dibanding menggunakan energi listrik yang menghabiskan fosil energi dan *solarcell* yang hanya mampu mengkonversi maksimum 20% [Andreev].

Alur penelitian diawali dengan pemanfaatan energi matahari menggunakan penyimpan panas berbahan sekam dengan kontrol manual [Bambang], kemudian pemanfaatan energi hybrid listrik dan sekam matahari [Eni]. Pada perkembangan lanjutan penelitian penyimpanan energi matahari pada SWH (*Solar Water Heater*) untuk supply energi panas mesin tetas [Kuye]. Alternatif konversi energi matahari ke listrik sebagai supply panas menggunakan Photovoltaic hanya berefisiensi 20% [Andreev]. Pada penelitian ini, panas sinar matahari disimpan dalam akumulator berbahan penyimpan kering *concrete block* [Brian] dengan kolektor datar (*flat collector*) untuk dimanfaatkan pada mesin tetas hybrid listrik memiliki efisiensi hingga 70% [Brian, Ercan]. Keunggulan metode penyimpan udara panas terletak pada efisiensi konversi yang sangat tinggi, teknologi kolektor dan akumulator mudah dan murah. Kemudahan dan kemuraan tersebut juga didapatkan dari peran kontrol elektronika dalam memaksimalkan energi panas terserap, meregulasi panas tersimpan, dan mempertahankan suhu inkubator dengan memanfaatkan panas akumulator atau listrik.

Penelitian ini diarahkan untuk mendapatkan sebuah desain prototype Mesin Penetas Telur *Hybrid Matahari full automatic*, yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat peternak rumah tangga hingga skala industri dengan penghematan energi listrik hingga 60% per tahun. Tujuan kedua, didapatkannya data data parameter, keilmuan dan teknologi sebagaimana rumusan masalah dari penelitian akumulator panas *flat collector*, sehingga penskalaan dan difersifikasi kapasitas energi panas akumulator dan mesin dapat didesain nantinya.

1.2. Permasalahan

Artikel ini dibatasi pada hasil penelitian kemampuan akumulator panas metode reflectif array tanpa kontrol. Adapun permasalahan melingkupi:

1. Bagaimana parameter dan desain penyimpan panas pada metode penyimpan udara panas dengan material kering penyimpan *concrete* ber *specific heat capacity 1,1*, sehingga memiliki efisiensi energi 70% dari 7 KWj/m² per hari.

2. Bagaimana kontrol *PID UTP LTP (Proportional Integral Differential Upper Tip Point Lower Tip Point)* menjadikan kelambu kolektor dapat membuka dan menutup hingga didapatkan energi maksimal berdasarkan beda intensitas cahaya matahari dan panas akumulator.

1.3. Manfaat dan Hasil

Target pertama secara umum dari penelitian ini adalah pemanfaatan energi panas matahari dan penyimpanan energi panas dengan menggunakan material kering, *concrete block*; sebagai energy mesin penetas.

Target berikutnya, ditemukannya formula desain penyimpan energi panas matahari dengan menggunakan *concrete block* sebagai material penyimpannya.

Selain itu, terwujudkannya desain dan prototipe akumulator panas matahari.

2. Studi Pustaka

2.1. Energi panas yang dibutuhkan telur

Energi panas matahari yang dibutuhkan untuk menetas telur dipengaruhi langsung oleh kebutuhan energi sebuah telur unggas tertentu untuk menetas. Adapun energi panas yang dibutuhkan oleh sebuah telur adalah [Scott]:

$$\delta Q = \delta T C \quad (2.1)$$

Diketahui:

δT = perubahan suhu telur (°K)

δQ = kuantitas panas tertambahkan ke telur (J)

C = *specific heat capacity* telur (J/°K)

Bahwa peningkatan suhu, δT , dipengaruhi langsung oleh kebutuhan energi panas sebuah telur, δQ , dan angka *specific heat capacity* telur

$$C = Mc \quad (2.2)$$

Diketahui:

C = *specific heat capacity* telur (J/°K)

M = masa telur (Kg)

c = *specific heat* telur (J/°K) = 3.3 kJ/°K/Kg.

Contoh dalam perhitungannya sebutir telur ayam ras membutuhkan daya penetasan rata rata 202 mWatt [Lourens].

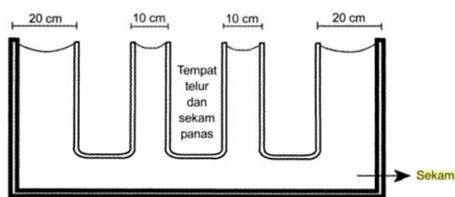
2.2. Penelitian Sebelumnya

2.2.1. Metode Penetasan telur unggas.

Penetasan telur unggas secara alami dipengaruhi langsung oleh suhu, kelembaban, kadar oksigen, dan pemutaran telur secara terus menerus hingga menetas dalam eraman sang induk unggas tersebut [Bambang].

2.2.2. Penetasan dengan sekam [Bambang].

Secara historis alat pengeraman buatan menggunakan energi matahari telah dilaksanakan di nusantara yang beriklim tropis. Prinsip penetasan adalah mempertahankan panas pada suhu antara 37°C hingga 40°C, tergantung jenis unggasnya, sebagaimana Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Pengeraman metode sekam tradisional.

Untuk tujuan mempertahankan panas tersebut digunakan material sekam (*unhulled paddy*). Kontrol proses penetasan telur dilaksanakan oleh seorang yang telah memiliki keahlian secara manual.

Proses penetasan tersebut adalah operasi manual yang sangat membutuhkan keahlian akan prosedur penetasan dan konsumsi waktu pelaksanaan cukup tinggi. Kemampuan prosentase tetas rendah, 50 - 60% [Eni].

2.2.3. Mesin penetas listrik.

Ada berbagai macam dan klasifikasi mesin penetas telur, diantaranya jenis sederhana dan industri. Mesin penetas telur sederhana banyak dilaksanakan di masyarakat penetas telur. Kriteria mesin sederhana tersebut mengupayakan kontrol suhu pada kisaran 37°C hingga 40°C. Energi panas yang digunakan dari pemanas (*heater*) listrik. Jumlah penetasan berkisar puluhan hingga ratusan butir telur. Nilai kemungkinan menetas berkisar 60% – 70% [Eni], bila listrik selalu menyala. Jenis kedua adalah mesin penetas telur industri. Mesin penetas tersebut telah memiliki kemampuan untuk meniru metode pengeraman alami. Meniru dalam konteks pengaturan suhu/hari, pengaturan kelembaban/hari, kadar oksigen/hari, pemutaran telur/beberapa jam dan sudutnya disesuaikan dengan jenis unggasnya. Mesin tersebut menggunakan energi panas sepenuhnya dari listrik menggunakan *electric heater*. Kapasitas minimal 100 – 10.000 telur. Nilai kemungkinan menetas tinggi, 96%.

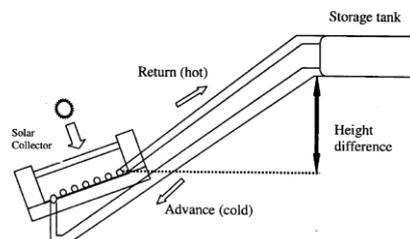
2.2.4. Penetasan metode gabungan [Eni].

Oleh karena metode penetasan telur dengan sekam manual cukup mengkonsumsi waktu, rumit dan resiko kegagalan cukup tinggi, beberapa peternak memanfaatkan mesin tetas listrik sederhana pada fasa penetasan, setelah adanya listrikisasi di daerahnya. Sedangkan teknik sekam masih digunakan untuk fasa inkubasi. Proses metode gabungan masih tetap memiliki daya tetas rendah dibawah 80%, kemudahan sudah tercapai pada fasa penetasan, akan tetapi harga listrik menjadi keluhan karena selalu naik.

2.2.5. Penetas telur dengan SWH [Kuye].

Jenis penetasan telur oleh Kuye adalah mesin penetas telur bertenaga matahari tidak bersentuhan (*non contact*), dimana material penyimpan panas tidak bersentuhan dengan telur. Mesin tersebut

menyimpan energi matahari menggunakan materi air, SWH (*Solar Water Heater*).



Gambar 2.2. Penyimpanan panas SWH untuk penetas telur [Kuye].

Dengan kata lain akumulator panas disimpan dalam tangki air setelah air mendapatkan panas dari kolektor cahaya matahari. Tangki didesain mampu untuk mensupply energi hingga 18 jam per hari.

Teknologi penyimpanan menggunakan air adalah teknologi mahal. Efisiensi penyimpanan energinya adalah rendah, 40%, oleh karena energi panas matahari harus dikonversikan ke energi panas air dan dipindahkan secara fisik dari kolektor ke tangki air di atasnya. Perpindahan keatas tersebut adalah sebuah loss energi berupa tekanan. Selain itu, cukup banyak energi yang menjadi tekanan uap yang sengaja dibuang karena over pressure [Kuye].

2.3. Metode penyimpanan energi panas.

Beberapa metode penyimpanan panas matahari telah di publikasikan. *Ercan* pada artikelnya menyebutkan adanya tiga cara penyimpanan energi panas, satu diantaranya adalah *dry material*. Pada penelitian ini metode penyimpanan energi panas matahari dengan material kering, menggunakan *concrete block* bukan air maupun cairan lain. Kemampuan menyimpan energi (*Joule*) suatu material per gramnya pada perubahan suhu T_1 ke T_2 ditentukan oleh *specific heat capacity* dari bahan penyimpan panas tersebut, sebagaimana ekspresi persamaan 1).

$$E = m \int_{T_1}^{T_2} C_p \Delta T \quad (2.3)$$

Diketahui:

E = energi tersimpan (Joule)

m = massa material (gram)

C_p = specific heat capacity material (J/gram/°K)

ΔT = perubahan temperatur

[Ercan, Frank, George, Marc]

Sebagai bahan penyimpan panas pada penelitian ini adalah *concrete block*. Dalam pencarian penelitian literature *specific heat capacity* bahan tersebut adalah 1130 J/Kg.K. dan *density* sebesar 2240 Kg/m³ [Ercan]. Metode empiris pengukuran dan analisa Hosahalli digunakan untuk acuan mendapatkan parameter *concrete block*, yang selanjutnya digunakan untuk desain kapasitas

penyimpanan eneregi panas dalam akumulator. Jurnal telah berhasil mengidentifikasi parameter sekam (*unhulled paddy*) [Hosahalli].

2.4. Parameter energi panas matahari untuk mesin penetas

Periode penyimpanan energi adalah per hari, sebagaimana siklus matahari. Penyimpanan berkemampuan untuk mengakumulasi energi cahaya *infra red* matahari yang diterima oleh luasan kolektor selama siang hari sehingga energi panasnya dapat mensupli mesin penetas ber kapasitas xxxx telur selama 1 ½ hari dapat terpenuhi. Pemenuhan tersebut ditentukan oleh luasan penangkapan sinar matahari oleh kolektor dan volume kapasitas simpan energi panas oleh akumulator sekam.

Energi matahari memiliki daya 1KW/m² rata-rata dipermukaan bumi [Andreev, Hoseein]. Dan wilayah Indonesia memiliki energi matahari 5 KWh/hari/m² rata rata pertahun. Energi yang disiapkan adalah sejumlah energi yang dibutuhkan oleh inkubator. Sedang energi panas inkubator ditentukan oleh berapa jumlah telur yang akan ditetaskan.

Energi inkubator:

$$E_i = 24P_t J_t / \eta_i \tag{2.4}$$

- E_i = Energi inkubator per hari (Watt jam)
- P_t = Daya yang dibutuhkan sebutir telur unggas tertentu (Watt)
- J_t = Jumlah telur dalam inkubator
- η_i = efisiensi inkubator

Energi akumulator *concrete block*:

$$E_a = 1.5E_i, \tag{2.5}$$

akumulator disiapkan untuk energi 1 ½ hari

$$E_a = m_s C_s \Delta T / \eta_a \tag{2.6}$$

- E_a = energi akumulator selama 1 ½ hari (KWj)
- m_s = masa *concrete block* (kilogram)
- C_s =specific heat capacity *concrete block* (KJ/Kg^oK)
- ΔT = perubahan suhu
- η_a = efisiensi akumulator

Spesifikasi *concrate block*:

Specific heat capacity *concrate block* 1,3 -- 2 KJ/Kg/^oK

Konduktifitas panas *concrate block* = 0.271 BTU (0.0794 watt jam)

Bulk dencity *concrate block* (BD_s)= 125 kg/m³

Volume akumulator *concrate block*:

$$E_a = m_s C_s \Delta T / \eta_a \tag{2.7}$$

$$m_s = E_a \eta_a / C_s \Delta T \tag{2.8}$$

$$V_s = m_s / BD_s \tag{2.9}$$

V_s = Volume *concrate block* (m³)

BD_s = bulk dencity *concrate block* (125Kg/m³)

Luas Kolektor:

$$E_k = E_i \tag{2.10}$$

$$E_k = L_k D_m \Delta t / \eta_k \tag{2.11}$$

$$L_k = E_a \eta_k / D_m \Delta t \tag{2.12}$$

L_k = luas tangkapan cahaya matahari (m²)

E_a = energi akumulator selama 1 ½ hari

(KWj)

D_m = Daya matahari per meter²

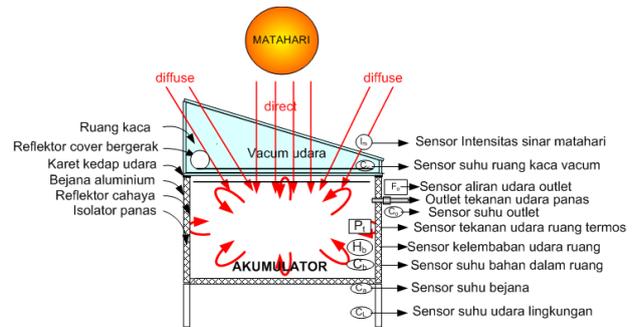
Δt = waktu intensitas 80% I_m peak (jam)

η_k = efisiensi kolektor

[Sukhatme]

2.5. Akumulator Panas matahari [Budhy]

Gambar 2.3. Kolektor secara fisik adalah ruang kaca vacuum yang dapat ditembus oleh cahaya. Ruang vacuum tersebut ditujukan sebagai isolator panas untuk akumulator dibawahnya. Cahaya yang dapat diterima tidak hanya direct solar light tetapi juga cahaya diffuse (semua cahaya di langit selain sinar matahari langsung). Desain tersebut mengikuti metode *Flat colector*.



Gambar 2.3. Penyimpan energi panas: kolektor dan akumulator.

2.6. Suhu panas dalam Flat Colector.

Dalam sistem greenhouse, energi sinar matahari masuk dalam ruang kaca tertutup, sehingga energi tersebut menjadi energi panas dan terperangkap didalamnya. Suhu dalam sebuah green house dapat dihitung berdasarkan data hasil pengukuran. Hubungan antara daya sinar matahari dengan suhu efektif dapat diekpresikan sebagai rumus berikut [Feren],

$$S(1-\alpha)\pi R^2 = \sigma T_e^4 4\pi R^2, \tag{2.13}$$

Diketahui:

S = Daya Matahari W/m²

R = radius bumi

α = albedo,

T_e = Suhu efektif, sehingga didapatkan

persamaan,

$$T_e = \left[\frac{S(1-\alpha)}{4\sigma} \right]^{\frac{1}{4}} \tag{2.14}$$

Diketahui

$\tau = 1,38x 10^{-26}$ W/m² (Konstanta Boltzman)

Bejana akumulator berisi *concrate block* dengan desain kemampuan tekanan udara 1,2 bar. Bejana

tersebut seluruh permukaan dalamnya berlapis isolator panas, kecuali bagian atasnya adalah kaca berkemampuan tekanan 4 bar pula. Metoda kerja bejana tersebut mengikuti metode *green house effect*, dimana cahaya yang masuk bejana akan terperangkap panasnya. Pada saat energi panas luar bejana lebih besar dari energi radiasi panas didalamnya, sebuah *reflektive flesibel cover* secara mekanis menutupi bejana.

Panas pada dasarnya adalah sinar infra red, sehingga dalam perlakuan transfer panas melalui media udara dikenal adanya sifat konduksi dan radiasi. Secara konduksi, akumulator, pipa transfer (*host*) dan inkubator dilapisi bahan isolator panas. Sedang secara radiasi semua bejana dan pipa dilapisi lembar *reflektor* cahaya.

Desain mekanis akumulator mengikuti kaidah koefisien hukum udara.

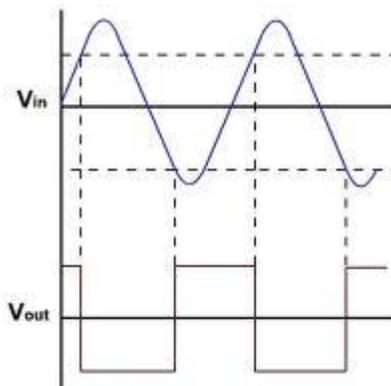
$$C = PV/T \quad 2.15)$$

- C = coefficient
- P = tekanan udara
- V = volume bejana
- T = suhu

Mengingat volume bejana adalah tetap, sedang akumulasi suhu didalamnya meningkat oleh panas matahari dari kolektor, maka terjadi peningkatan tekanan udara.

2.7. Metode UTP/ LTP untuk Buka Tutup Kolektor.

Buka tutup Kolektor dilaksanakan menggunakan kelambu reflektif dalam ruang kolektor vacum oleh motor dengan kontrol elektronik metode UTP/LTP. Batasan buka dan tutup ditentukan oleh besarnya intensitas cahaya luar (langit dan matahari) terhadap intensitas infrared dalam akumulator. Intensitas infrared berkolerasi langsung dengan panas. Apabila intensitas luar lebih besar dari intensitas infrared, maka kelambu dibuka, sehingga energi cahaya matahari diserap oleh bahan penyimpan kering dalam akumulator. Apabila intensitas luar lebih rendah (malam hari atau mendung), maka kelambu ditutup. Penutupan tersebut berarti intensitas infrared dalam akumulator lebih besar dan perlu dipertahankan. Apabila kelambu tetap terbuka, maka intensitas infrared dari panas akumulator akan terpancar ke luar, sehingga energi dalam akumulator akan lepas dan menurun percuma.

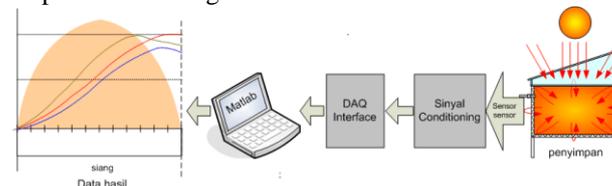


Gambar 2.4. Prinsip kerja UTP LTP.

Metode UTP LTP pada prinsipnya adalah penentuan output berkondisi positif atau negatif tergantung dari level input terhadap level referensi. Gambar 2.4. V_{in} adalah perubahan level input (disimulasikan sinus) terhadap level referensi (garis datar). Sedang V_{out} menggambarkan kondisi output yang dikendalikan untuk berputar *CW* (*clock wise*) atau *CCW* (*contra clock wise*).

2.8. Aquisisi Data

Sensor sensor akan dibaca melalui DAQ interface dengan program matlab yang disajikan untuk mendapatkan data dan grafik sebagai bahan analisa. Metode pengukuran empiris yang diaplikasikan sebagai Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Pengukuran data parameter akumulator

3. Hasil dan Analisa

3.1. Peralatan Penelitian

Dalam upaya mewujudkan penelitian dalam judul diatas, diperlukan adanya alat alat mekanika dan elektronika. Alat alat tersebut secara keseluruhan meliputi akumulator panas matahari yang diletakkan diatas selasar untuk tujuan menangkap sinar matahari, sebagaimana Gambar 3.1.a. Dibawah dan didalam gedung terdapat mesin tetas hibrid.



Gambar 3.1. Sistem Mesin Tetas Hybrid dan Array

Diantara kedua alat utama tersebut dihubungkan dengan regulator berupa pipa paralon 6 meter dengan isolasi panas dan bahan reflektifarah kedalam pipa. Gambar 3.1.b. merupakan wujud kolektor akumulator dengan reflektif array didalamnya.

Wujud Akumulator panas matahari ditunjukkan pada gambar 3.2.a.



Gambar 3.2. Sistem Aquisisi dan Kontrol.

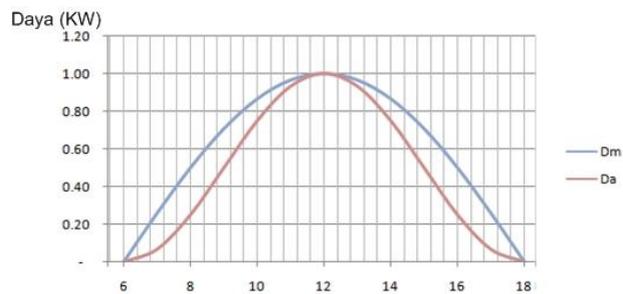
Akumulator memiliki kolektor dengan luas 1,08 m², bahan penyimpan panas 27 concrete block dengan berat masing masing 2,6 Kg. Dinding dalam akumulator dilapisi dengan kertas reflektif 74% reflektif, Array reflektor terdiri dari 18 sisi stainless steel reflectif 78%.

Gambar 3.2.b. merupakan foto dari mesin tetas hybrid kapasitas 500 butir telur ayam. Disamping kiri mesin tersebut adalah laptop dengan DAQ saat pengambilan data akumulator

4.2. Simulasi daya Akumulator

Besaran energi tersimpan pada akumulator panas matahari dipengaruhi langsung utamanya oleh Intensitas matahari itu sendiri selama 12 jam dari terbit jam 06:00 hingga jam 18:00 (*maximum equator day time*). Dari hasil simulasi perhitungan perilaku daya ideal selama satu hari dengan asumsi daya matahari 1 KW_{peak}/m² pada kolektor kolektor

seluas 1 m². Gambar 3.3., daya matahari (Dm) terhadap waktu berperilaku sebagai sinus, hingga pada puncaknya sebesar 1 KW pada jam 12:00.

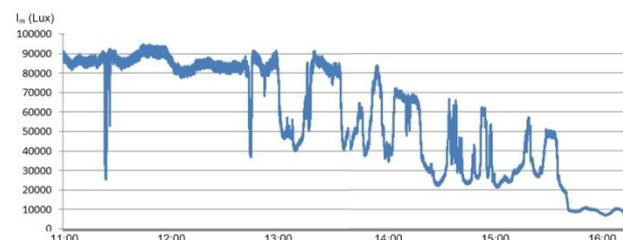


Gambar 3.3. Simulasi Daya Akumulator.

Sedang daya akumulator yang diterima (oleh karena berkolektor diam datar kearah zenit), memiliki perilaku sinus agak kurus dengan puncak 1 KW. Dalam perhitungan akumulasi daya terhadap waktu, energi Akumulator mencapai 78,8 % dari total energi matahari.

4.2. Daya dan Energi Akumulator tanpa Kontrol.

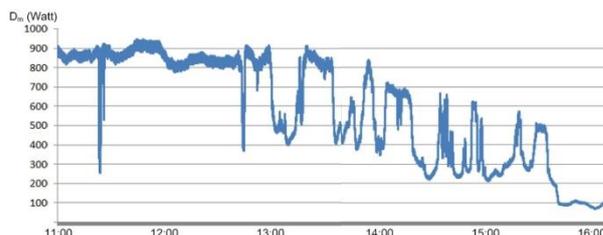
Pada 4 Agustus 2016, percobaan dilaksanakan di koordinat 7° 56' 44,57" Lintang Selatan; 112° 36,53,20" Bujur Timur dan ketinggian 499 m diatas permukaan laut.



Gambar 3.4. Intensitas matahari.

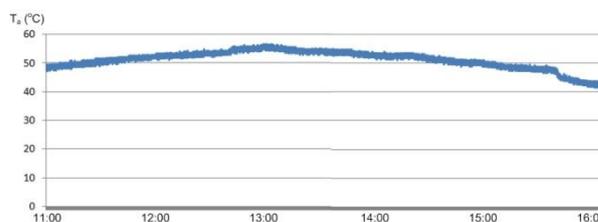
Gambar 3.4. menunjukkan perilaku intensitas matahari yang diterima oleh kolektor akumulator dari jam 11:00 hingga 16:20. Kondisi sinar matahari tidak cerah pada intensitas puncak, yakni sebesar 94.830 Lux atau setara dengan daya 948,3 Watt pada jam 11:54. Terjadi penurunan harga puncak hingga jam 16:00 sekitar 10.000 Lux. Pada durasi jam 13:00 sampai 13:28 matahari tertutup mendung sedang sinar diffuse masih cukup cerah, 40.000 Lux.

Pada Gambar 3.5., menunjukkan perilaku daya matahari yang berkorelasi langsung dengan intensitas sinar matahari, yang diterima oleh permukaan kolektor akumulator.



Gambar 3.5. Daya matahari.

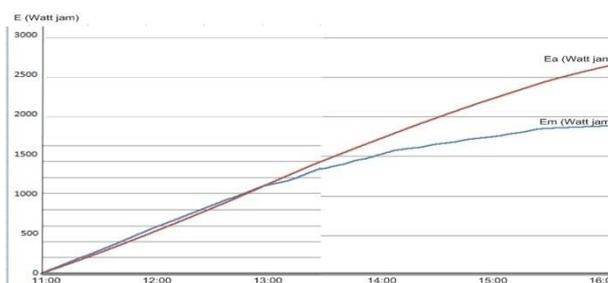
Gambar 3.6. adalah hasil pengukuran suhu dalam akumulator dalam waktu yang berdurasi sama dengan pengukurann intensitas.



Gambar 3.6. Suhu dalam Akumulator.

Pada gambar tersebut terlihat perilaku kenaikan suhu menuju puncaknya dalam akumulator hingga melebihi waktu puncak intensitas matahari. Hal tersebut menunjukkan adanya energi panas yang terakumulasi dan terperangkap dalam bahan penyimpanan. Setelah jam 13:10 tampak adanya penurunan suhu oleh karena penurunan intensitas rata rata matahari. Intensitas tersebut menurun oleh karena waktu terbenamnya matahari dan munculnya mendung.

Gambar 3.7, mengilustrasikan perilaku penambahan akumulasi energi panas yang tersimpan dalam akumulator selama 5 jam 20 menit, hingga matahari terbenam; dibandingkan dengan akumulasi energi matahari.



Gambar 3.7. Akumulasi Energi Akumulator.

Pada awalnya, energi panas akumulator seiring besarnya dengan energi sinar matahari. Akan tetapi, setelah jam 12:00, terjadi penurunan intensitas sinar matahari. Penurunan akumulasi energi tersebut tidak tampak pada energi akumulator. Bahkan sebaliknya akumulasi energi meningkat. Hal tersebut menunjukkan bahwa akumulator memperangkap energi panas didalamnya. Dari grafik tersebut dapat disimpulkan pula efisiensi penyerapan energi mencapai 57,46%

4. Penghargaan dan trimakasih

Penghargaan dan ucapan trimakasih yang sangat besar akan terselenggarakannya penelitian ini oleh dana Skema Penelitian Hibah Bersaing 2016, DIKTI KEMENRISTEK.

5. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan:

1. Peralatan Penelitian berupa akumulator dan mesin tetas dapat digunakan dengan akurat
2. Akumulator panas matahari metode flat kolektor reflektif array tanpa kontrol menunjukkan kemampuannya untuk dapat menyerap dan menyimpan energi panas dari energi sinar matahari.
3. Effisiensi penyerapan energi akumulator menccapai 57,46%

Saran:

1. Penelitian lanjut diadakan dalam pengontrolan reflektif array untuk mengoptimalkan energi panas tersimpan dalam akumulator, dan penelitian dilanjutkan dalam implementasi akumulator pada supply energi panas mesin tetas hybrid.

Daftar Pustaka

Agrawal, K.K., Nelson, G.L., and Clary, B.L. 1969. *An investigation into the theories of desorption isotherms for rough rice and peanuts*. American Society of Agricultural Engineers, Paper No. 69-p 890, 1969.

Andrew L. Thomas, Anastasia Becker, and Richard J. Crawford, Jr., *An Energy-Efficient Solar-Heated Greenhouse, Produces Cool-Season Vegetables all Winter Long*, University of Missouri-Columbia, Community Food Systems and Sustainable Agriculture, Southwest Research Center, Mt. Vernon, Missouri

Bambang Agus Murtijo, *Penetasan Telur Itik Menggunakan Sekam*, Kanisiuus, VII, ISBN 979-21-0719, 2005

Beghi (Editor) , *Thermal Energy Storage*, ISPRA Courses on Energy Systems and Technology, Ispra, Italy, June 1-5, D. Reidel Publishing Company, 1982.

Budhy Setiawan, *Studi Akumulator Panas untuk Mesin Tetas Hybrid*, Proceeding SENTIA, ISSN : 2085-2347, vol VII / Sep 2015.

Brian Harits, Lutfi Rozaqi, pembimbing Budhy Setiawan, "Rancang bangun prototype Akumulator panas 1 m²", Laporan Akhir mahasiswa Politeknik Negeri Malang, 2013

Charles Wyman, James Castle and Frank Kreith (), *A Review of Collector and Energy Storage Technology for Intermediate Applications*, Solar Energy, Vol. 24, pp 517-540 [A valuable review paper.], 1980.

- EBTKE, Dirjen Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi (EBTKE) Kementerian ESDM Kardaya Warnika, Cadangan minyak RI habis 10 tahun lagi,
- Eni Siti Rohaeni, Ahmad Subhan dan A. R. Setioko, Usaha penetasan itik alabio sistem sekam yang dimodifikasi di sentra pembibitan kabupaten Hulu sungai utara, *Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner 2005*
- Ercan Ataer, STORAGE OF THERMAL ENERGY, in *Energy Storage Systems*, [Ed. Yalcin Abdullah Gogus], in *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*, Developed under the Auspices of the UNESCO, Eolss Publishers, Oxford ,UK, 2006.
- Ferenz Rákóczi† and Zsuzsanna Iványi, Water vapour and greenhouse effect, *GEOFIZIKA*, VOL. 16-17, pp 65-72, 1999-2000.
- Frank W. Schmidt and A. John Willmott (), Thermal Energy Storage and Regeneration, Hemisphere Publishing Corporation. [Another reference on the thermal energy storage], 1981,
- George A. Lane (), *Solar Heat Storage: Latent Heat Material*, Volume I, CRS Press, Florida. [A useful reference book for phase change materials.], 1983.
- Halliday Resnick, *Fundamental of Physics*, 3th edition, by John Willey & Sons Inc., Canada, ISBN 0-471-81995-6, 1988.
- Hosahalli S . Ramaswamy and Shyam S . Sablani, *Handbook of Postharvest Technology Cereals, Fruits, Vegetables, Tea, and Spices*, CRC Press, 2003, ISBN: 978-0-8247-0514-5
- Hossein Mousazadeh, Alireza Keyhani, Arzhang Javadi, Hossein Mobli, Karen Abrinia, Ahmad Sharifi, “A review of principle and sun-tracking methods for maximizing”, *Elsevier, Renewable and Sustainable Energy Reviews 13*, pp1800–1818 ,2009.
- Katsuhiko Ogata, “Solving Control Engineering Problem with Matlab”, PrenticeHall, New Jersey, 1994.
- Kılış and H. Yüncü, Editors, *Energy Storage Systems: Fundamentals and Applications (B.)*, Advanced Study Institute, June 27-July 8, İzmir, Turkey p. 541-549. [It includes a series of detailed useful articles], , 1988.
- Lourens,*1 R. Molenaar,† H. van den Brand,† M. J. W. Heetkamp,† R. Meijerhof,‡ and B. Kemp† Effect of Egg Size on Heat Production and the Transition, of Energy from Egg to Hatchling, Poultry Science Association, Inc. Received July 18, 2005. Accepted November 17, 2005. 1Corresponding author: sander.lourens@wur.nl, □2006
- Marc A. Rosen (), *The Energy of Stratified Thermal Energy Storages*, *Solar Energy*, Vol. 71, pp173-185. [A recent research on the important subject avoiding energy loss during storage.], 2001
- Muhammad H Rashid, “Power Electronics circuit, design and application”, Prentice Hall, New Jersey, 2nd edition, ISBN13-334483-5, 1988.
- NASA, *Global Solar Energy Distribution*, © Materials Technology Limited, Registered in England & Wales No. 05764619, 2006.
- Ogata, T. , J .Werther, *Combustion characteristics of wet sludge in a fluidized bed: release and combustion of the volatiles*. *Fuel*, Vol 75, pp 617–626. 1996.
- Scott J. Turner, *On the Thermal Capacity of a Bird’s Egg Warmed by a Brood Patch*, *Physiological Zoology* 70(4), p470 – 480. Accepted by C.P.M. 12/13/96 , 1997.
- Sukhatme , *Solar Energy, Principles of Thermal Collection and Storage*, Tata McGraw-Hill, Publishing Company Limited, New Delhi. [Solar engineering book with emphasis on collection and storage of thermal energy.],1991.