

## **Analisis Daya Solar Water Heater Dengan Perbedaan Ukuran Hexagonal Honeycomb Sebagai Penghantar Panas**

**Wahyu Pratama Harahap**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, <sup>2</sup>Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Medan  
Jl. Muchtar Basri No. 3, Glugur Darat II, Kec. Medan Timur, Kota Medan, Sumatera Utara

wahyupratama@gmail.com

### **Abstrak**

*Pemanas air merupakan salah satu peralatan yang banyak digunakan oleh manusia untuk menghangatkan air yang digunakan untuk mandi. Peralatan pemanas air skala industri dan rumah tangga masih memiliki kelemahan. Pemanas air skala industri membutuhkan investasi dan biaya operasional yang relatif besar. Skala rumah tangga pemanas komersial memiliki harga jual yang relatif tinggi dan masih membutuhkan energi listrik untuk beroperasi. Perpindahan panas/perpindahan panas adalah suatu peristiwa yang terjadi ketika ada perbedaan suhu antara satu sistem dan lainnya, dari suhu tinggi ke suhu rendah dan hanya akan berhenti ketika suhu antara dua medium yang mengalami perpindahan panas adalah sama. Mekanisme dari perpindahan panas yang kita kenal sekarang adalah konduksi, konveksi, dan radiasi. Radiasi adalah panas mekanisme transfer yang tidak memerlukan media perantara karena merupakan elektromagnetik melambai. Ada dua bagian penting dalam sistem pemanas air tenaga surya, yaitu kolektor dan panas tangki penyimpanan air. Kolektor terdiri dari pelat yang disusun dalam bentuk sarang lebah dengan pelat ketebalan 0,2 mm dengan diameter heksagonal 20 mm dan 30 mm. Penyerapan panas yang baik efektivitas menggunakan sarang lebah 20 mm*

**Kata Kunci:** Pemanas Air Tenaga Surya, Honeycomb.

## 1. PENDAHULUAN

Pemanas air merupakan salah satu peralatan yang banyak digunakan oleh manusia untuk menghangatkan air yang digunakan untuk mandi. Trutama untuk yang tinggal di daerah dataran tinggi memerlukan alat pemanas air. Peralatan pemanas air skala industri dan rumah tangga masih memiliki kelemahan kelemahan seperti masih memakai alat pemanas tambahan (Heater). Dengan pemanfaatan honeycomb, solar water heater yang hanya berukuran 100 cm x 80 cm dan variasi ukuran honeycomb 20 mm dan 30 mm mampu menampung air lebih banyak yakni 63 liter.

Pemanas air skala industri memerlukan biaya investasi maupun biaya operasional yang relatif besar. Pemanas komersial skala rumah tangga memiliki harga jual relatif tinggi dan masih memerlukan energi listrik untuk operasionalnya. Pemanas air tenaga surya terbilang sangat kompetitif bila dibanding dengan peralatan pemanas air yang menggunakan listrik maupun bahan bakar fosil yang dimanfaatkan untuk pengadaan air hangat bagi keperluan sehari-hari, bila dilihat dari segi kepraktisan dan nilai ekonomis. Salah satu teknologi yang dikembangkan yaitu alat pemanas air tenaga surya. Prinsip utama yang diterapkan adalah perpindahan panas radiasi matahari.

Alat ini dirancang menggunakan penutup ganda agar dapat meningkatkan kinerja solar water heater sederhana dan dapat diterapkan disemua lapisan masyarakat Indonesia. Dari perpindahan panas radiasi langsung dan pantul, maka air yang dialirkan secara kontinyu didalam pipa memperoleh panas sehingga suhu air meningkat. Dengan alat ini, konsumsi listrik untuk memanaskan air mandi dapat dikurangi .

Alat pemanas air yang dirancang dalam penelitian ini merupakan alat pemanas air tenaga surya dengan memanfaatkan panas dari sistem kolektor termal, radiasi matahari jatuh keatas permukaan kaca dan di pantulkan kembali, sehingga pada rongga kolektor termal akan terkumpul panas. Kemudian panas akan mengenai honeycomb sebagai pemindah panas secara konduksi dan konveksi, sehingga air pada honeycomb akan mengalami kenaikan suhu.

Radiasi matahari yang terpancar dari matahari dapat menembus ruang antar planet sehingga menyebabkan fluktuasi dan komposisi kimia planet-planet dalam matahari. Energi yang datang ke Bumi sebagian besar merupakan pancaran radiasi matahari. Menggunakan energi pada dasarnya memanfaatkan efek perpindahan energi. Ada dua jenis perpindahan energi, yakni kerja (work) dan perpindahan panas (heat transfer). Sistem kerja dipicu oleh perbedaan potensi mekanik atau elektrik, dan perpindahan panas dipicu oleh perbedaan temperatur. energi (sinar) matahari paling unggul di sisi jumlah/cadangan energi dan faktor lingkungan, namun masih bermasalah dalam hal kerapatan energi. Diperlukan riset yang lebih dalam untuk menghasilkan alat konversi energi sinar matahari dengan efisiensi tinggi.

Radiasi matahari yang terpancar dari matahari dapat menembus ruang antar planet sehingga menyebabkan fluktuasi dan komposisi kimia planet-planet dalam matahari. Energi yang datang ke Bumi sebagian besar merupakan pancaran radiasi matahari. Menggunakan energi pada dasarnya memanfaatkan efek perpindahan energi. Ada dua jenis perpindahan energi, yakni kerja (work) dan perpindahan panas (heat transfer). Sistem kerja dipicu oleh perbedaan potensi mekanik atau elektrik, dan perpindahan panas dipicu oleh perbedaan temperatur. energi (sinar) matahari paling unggul di sisi jumlah/cadangan energi dan faktor lingkungan, namun masih bermasalah dalam hal kerapatan energi. Diperlukan

riset yang lebih dalam untuk menghasilkan alat konversi energi sinar matahari dengan efisiensi tinggi.

Energi matahari merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang jumlahnya tidak terbatas. Salah satu bentuk pemanfaatan energi matahari yaitu pemanas air tenaga surya atau solar water heater (SWH). SWH menggunakan panel surya (kolektor) untuk mengumpulkan dan menyerap radiasi matahari yang kemudian diubah menjadi energi panas. Sistem sirkulasi SWH dibagi menjadi dua jenis, yaitu sirkulasi langsung (direct) dan sirkulasi tidak langsung (indirect). Perbedaan dari kedua jenis sirkulasi tersebut terletak pada keberadaan heat exchanger atau penukar panas.

Proses perpindahan panas konduksi adalah proses dengan mana panas mengalir dari daerah yang bersuhu lebih tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah didalam satu medium (padat, cair atau gas) atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung. Dalam aliran panas konduksi, perpindahan energi terjadi karena hubungan teori kinetik, suhu elemen suatu zat sebanding dengan energi kinetik rata-rata molekul-molekul yang membentuk elemen itu. Hubungan dasar untuk perpindahan panas dengan cara konduksi diusulkan oleh ilmuwan perancis. Konduksi adalah satu-satunya mekanisme dengan mana panas dapat mengalir dalam zat padat yang tidak dapat tembus cahaya. Perpindahan panas konduksi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Q_{kond} = -k \times A \frac{\Delta t}{\Delta x}$$

Konduktivitas thermal dapat didefinisikan sebagai ukuran kemampuan bahan untuk menghantarkan panas. Konduktivitas termal adalah sifat bahan dan menunjukkan jumlah panas yang mengalir melintasi satu satuan luas jika gradien suhunya satu. Bahan yang mempunyai konduktivitas termal yang tinggi dinamakan konduktor, sedangkan bahan yang konduktivitas termalnya rendah disebut isolator. Konduktivitas termal berubah dengan suhu, tetapi dalam banyak soal perancangan perubahannya cukup kecil untuk diabaikan. Nilai angka konduktivitas termal menunjukkan seberapa cepat kalor mengalir dalam bahan tertentu. Makin cepat molekul bergerak, makin cepat pula ia mengangkut energi. Jadi konduktivitas termal bergantung pada suhu. Pada pengukuran konduktivitas termal mekanisme perpindahannya dengan cara konduksi. Konduktivitas termal dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Q_{kond} = kA \frac{\Delta t}{L}$$

Perpindahan panas konveksi adalah perpindahan panas dari benda bersuhu tinggi ke fluida bersuhu rendah atau sebaliknya jika suhu fluida lebih tinggi maka suhu benda akan lebih rendah. Salah satu hukum dalam penghantaran panas yang tertua adalah hukum pendinginan Newton. Hukum ini menyatakan bahwa fluks panas (heat flux). Yang didefinisikan sebagai laju perpindahan panas per luas satuan. Perpindahan panas konveksi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Q_{kond} = h \times A (T_s - T_f)$$

Perpindahan panas radiasi adalah proses dengan mana panas mengalir dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah bila benda-benda itu terpisah di dalam ruang bahkan bila terdapat ruang hampa diantara benda-benda tersebut istilah "radiasi" pada umumnya dipergunakan untuk segala jenis hal ikhwal gelombang elektromagnetik.

Panas radiasi dipancarkan oleh suatu benda dalam bentuk bac(batch) (kumpulan) energi yang terbatas atau quanta. Gerakan panas radiasi didalam ruang mirip perambatan cahaya dan dapat diuraikan dengan teori gelombang. Bila mana gelombang radiasi menjumpai benda yang lain, maka energinya diserap didekat permukaan benda tersebut. Perpindahan dengan cara radiasi menjadi semakin penting dengan meningkatnya suhu suatu benda. Persamaan lajunya ditentukan oleh hukum Stefan Boltzmann yang mana merupakan istilah dimana panas yang diradiasikan sebanding dengan pangkat empat temperatur absolut dari permukaan dan laju perpindahan panas antara permukaan yang diberikan pada persamaan berikut:

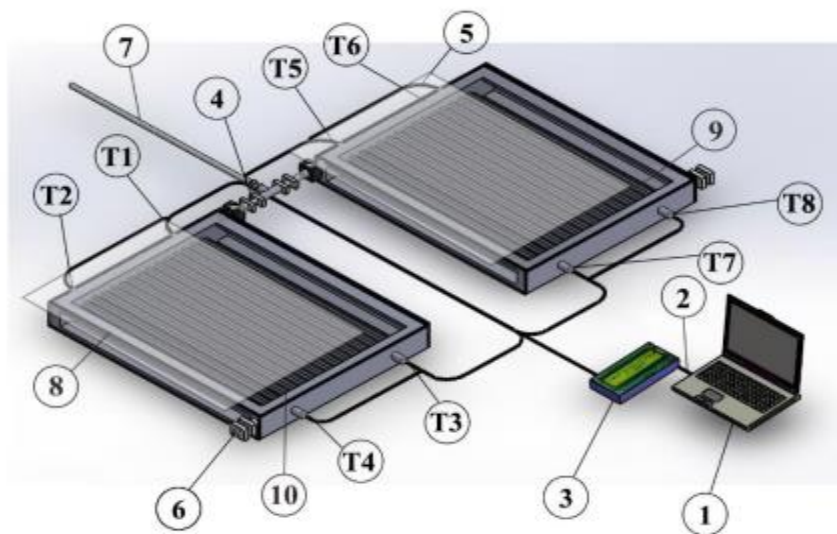
$$Q_{rad} = \sigma A_1 (T_1^4 - T_1^4)$$

## 2. METODE PENELITIAN

### Waktu dan Tempat

Tempat pelaksanaan pembuatan penelitian ini di laksanakan di tembung pasar 10,jalan bandar khalipah,Waktu pelaksanaan penelitian ini yaitu dimulai dari tanggal disahkannya usulan judul penelitian oleh Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan akan dikerjakan selama kurang lebih 6 bulan, dimulai dari November 2019 sampai April 2020.

### Alat dan Bahan



### Alat

1. Laptop
2. Kabel USB
3. Arduino
4. Selenoid Water Valve
5. Flow Meter Sensor
6. Air keluar
7. Air masuk
8. Kaca
9. Saluran pipa honeycomb 20 mm
10. Saluran pipa honeycomb 30 mm
11. sensor suhu DS18B20 (T1,T2,T3,T4)

Bahan

Air

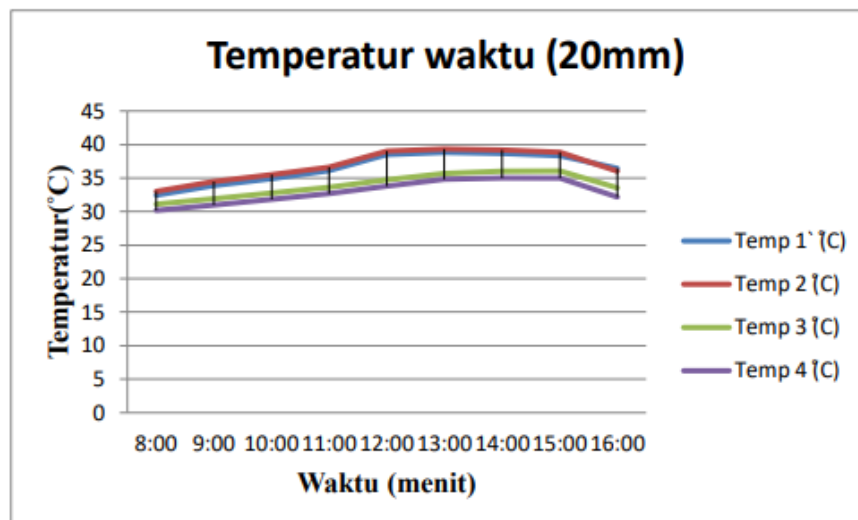
Prosedur Penelitian

1. Merancang sensor DS18B20 ke solar water heater.
2. Memeriksa kembali sensor yg telah dipasang ke solar water heater agar sensor dapat membaca temperatur dengan baik.
3. Memasukan air kedalam solar water heater hingga penuh dengan menghidupkan pompa air.
4. Menghubungkan sensor DS18B20 ke arduino UNO R3 yang telah di program agar dapat menampilkan temperatur air saat dilakukannya pengujian.
5. Menghidupkan laptop.
6. Menghubungkan arduino UNO R3 ke laptop dan memastikan semua sensor dapat membaca temperatur.
7. Menunggu hasil temperatur air yang telah di tentukan selama waktu pengujian.
8. Merapikan kembali tempat pengujian.
9. Selesai

### 3. HASIL

#### Analisa Data

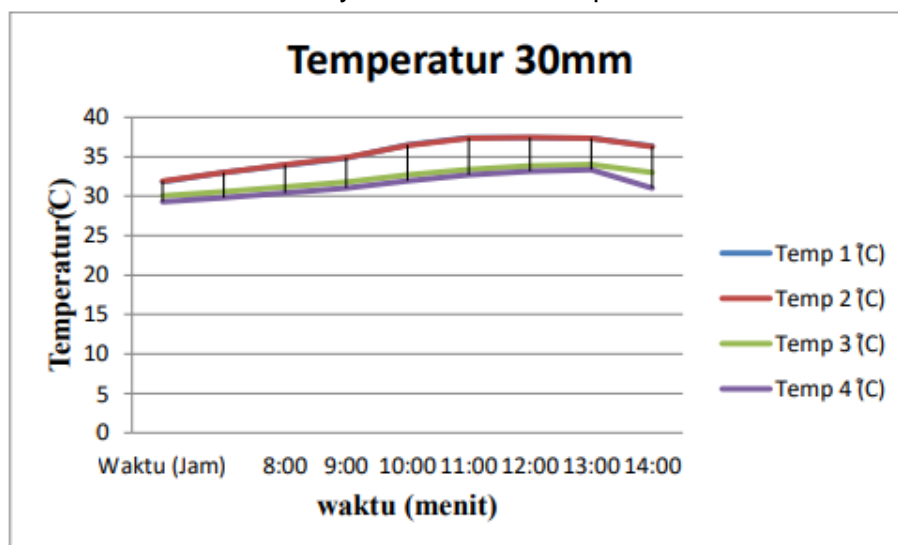
Hasil Pengambilan Data SWH Menggunakan ukuran honeycomb 20mm hari pertama :



Grafik 1 pengaruh waktu terhadap temperatur

Gambar 1 menunjukkan perubahan temperatur air. Berdasarkan penelitian yang dilakukan terhadap honeycomb berdiameter 20 mm, nilai temperatur tertinggi berada pada pukul 12:30 wib

Pengambilan data ukuran honeycomb 30 mm hari pertama

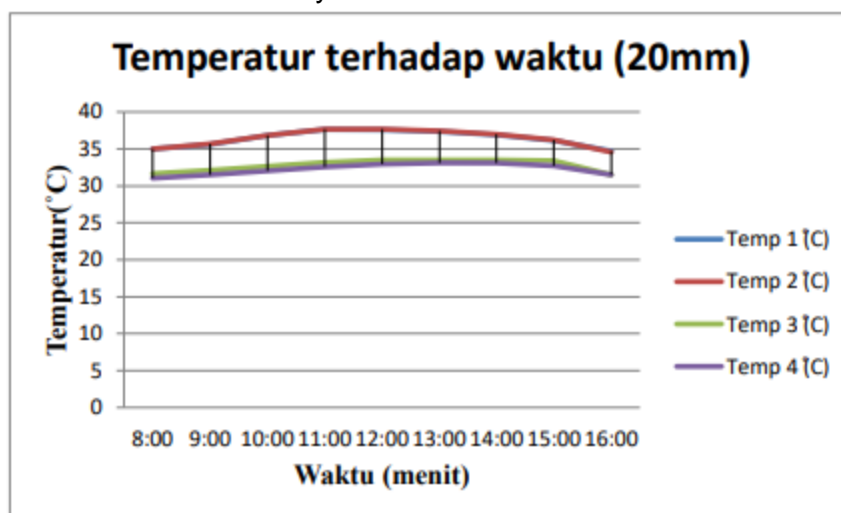


Grafik 2 pengaruh waktu terhadap temperatur

Gambar 2 menunjukkan adanya perubahan temperatur air yang di capai. Jam kedua menunjukkan adanya perubahan suhu yang cukup signifikan terhadap honeycomb 30 mm.

#### 4. PEMBAHASAN

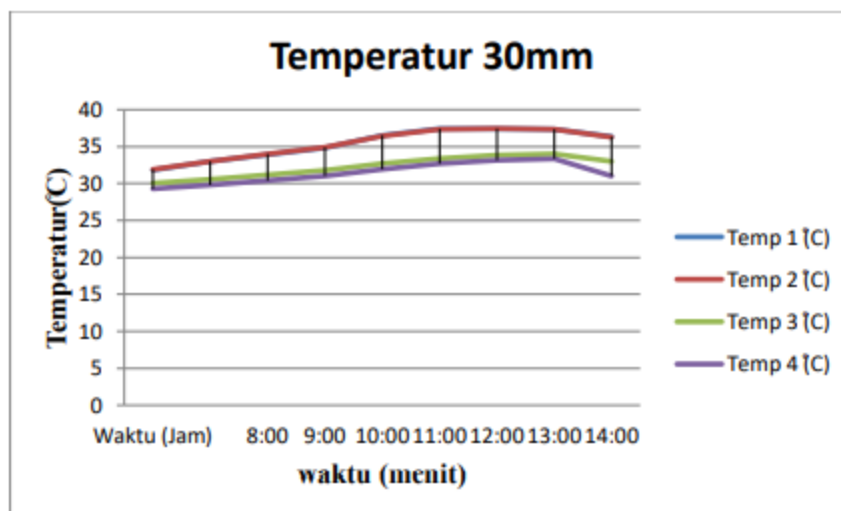
Pengambilan data ukuran Honeycomb 20 mm hari ke dua



Grafik 3 pengaruh waktu terhadap temperatur

Gambar 3 menunjukkan adanya perubahan suhu/temperatur terhadap pengaruh waktu. Pada grafik tersebut menunjukkan adanya pengaruh waktu yang menghasilkan suhu/temperatur yang di capai. Jam kedua menunjukkan adanya perubahan suhu yang cukup signifikan dengan nilai perubahan suhu dari temperatur awal.

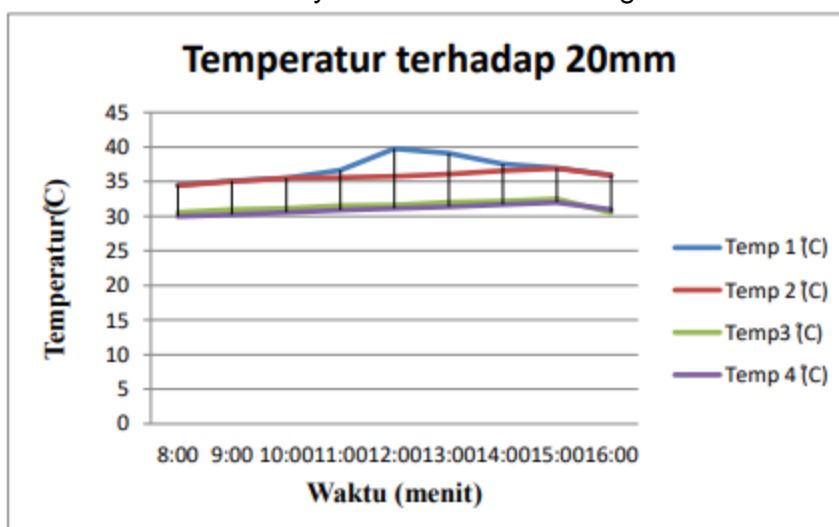
Pengambilan data honeycomb ukuran 30 mm hari ke dua



Grafik 4 pengaruh waktu terhadap temperatur

Gambar 4 menunjukkan perubahan temperatur air. Berdasarkan penelitian yang dilakukan terhadap honeycomb berdiameter 30 mm nilai temperatur tertinggi berada pada pukul 11.30 wib.

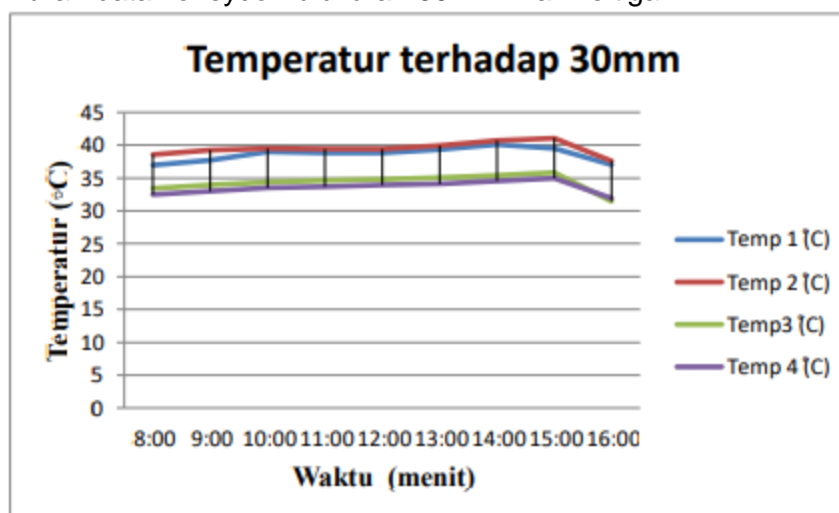
Pengambilan data ukuran honeycomb 20 mm hari ke tiga



Grafik 5 pengaruh waktu terhadap temperatur

Gambar.5 menunjukkan perubahan temperatur air. Berdasarkan penelitian yang dilakukan terhadap honeycomb berdiameter 20 mm nilai temperatur tertinggi berada pada pukul 12:00 wib.

Pengambilan data honeycomb ukuran 30 mm hari ke tiga



Grafik 6 pengaruh waktu terhadap temperatur

Gambar 6 menunjukkan perubahan temperatur air. Berdasarkan penelitian yang dilakukan terhadap honeycomb berdiameter 20 mm nilai temperatur tertinggi berada pada pukul 12:00 wib.

## 5. KESIMPULAN

Dari hasil yang didapatkan pada studi eksperimental pengaruh diameter runner yang sudah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Pemilihan penggunaan kolektor terbaik pada variasi ukuran hexagonal honeycomb penggunaan ukuran 20 mm lebih cepat dalam menyerap panas di bandingkan ukuran 30 mm. Untuk menaikkan suhu pada pukul 08.00 ke 09.00 kolektor dengan ukuran 20 mm memerlukan waktu 60 menit untuk mencapai suhu dari 31°C ke 33°C, sedangkan ukuran 30 mm untuk menaikkan suhu pada pukul 08.00 ke 09.00 mm memerlukan waktu 60 menit untuk menaikkan suhu hingga 31°C ke 32°C
2. Potensi radiasi energi surya yang paling besar pada pukul antara pukul 12.00 sampai pukul 13.00 WIB.
3. Dari hasil penelitian juga menunjukkan bahwa kaca penutup mampu menahan panas.

## REFERENSI

- Aida Syarif, Yohandri Bow1 , KA Ridwan1, Deli Karlini, S. W. (2019). ANALISIS UNJUK KERJA PROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO TURBIN PELTON SUMBER DAYA HEAD POTENSIAL. *Jurnal Kinetik*, 10(02), 1–8.
- Daut, I., Adzrie, M., Irwanto, M., Ibrahim, P., & Fitra, M. (2013). Solar powered air conditioning system. *Energy Procedia*, 36, 444-453.
- Damanik, W. S., & Hasibuan, E. S. (2020). Simulasi Numerik Kerugian Aliran Udara Pada Susunan Pipa Segitiga. *jurnal mesil (mesin elektro sipil)*, 1(1), 19-29.
- Dharma, S. (2021). Simulasi Computational Fluid Dynamic (CFD) Pada Turbin Screw Archimedes Skala Kecil: Simulasi Computational Fluid Dynamic (CFD) Pada Turbin Screw Archimedes Skala Kecil. *ABEC Indonesia*, 9.
- Dharma, S., Razak, A., Bahri, N., Sutrisno, J., Abdullah, I., & Silalahi, A. R. (2020). The Effect of Process Route on the Mechanical Properties and Microstructure Aluminum



- Al-Si-Cu-Mg-Mn Alloys. In *Defect and Diffusion Forum* (Vol. 402, pp. 67-72). Trans Tech Publications Ltd.
- Evalina, N., Pasaribu, F. I., & Ivana, R. D. (2021, August). Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 200 Wp Dengan Sistem Solar Charger Pada Beban Kipas Angin. In *Seminar Nasional Teknik (SEMNASTEK) UISU* (Vol. 4, No. 1, pp. 62-65).
- Gunawan, S., Hasan, H., & Lubis, R. D. W. (2020). Pemanfaatan Adsorben dari Tongkol Jagung sebagai Karbon Aktif untuk Mengurangi Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 3(1), 38-47.
- Hadi, H. S., Abdurrakhman, A., & Sampurno, B. (2019). Rancang Bangun Sistem Monitoring Cairan Pembersih Pada Robot Pembersih Kaca Berbasis Mikrokontroler ATmega 8535. *J-Eltrik*, 1(1), 7-14.
- Huzni, S., Tanjung, I., & Fonna, S. (2019, August). Atmospheric corrosion map of structural steel in industrial area: a preliminary investigation. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 602, No. 1, p. 012075). IOP Publishing.
- Lubis, S., Siregar, I., & Siregar, A. M. (2020). Karakteristik Unjuk Kerja 2 Pompa Sentrifugal Dengan Susunan Seri Sebagai Turbin Pat. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 3(2), 85-92.
- Mizhar, S., & Suherman, S. (2011). Pengaruh Perbedaan Kondisi Tempering Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan dari Baja AISI 4140. *Jurnal dinamis*, (8).
- Mizhar, S., & Fauzi, R. (2016). Pengaruh penambahan magnesium terhadap kekerasan, kekuatan impak dan struktur mikro pada aluminium paduan (Al-Si) dengan metode lost foam casting. *MEKANIK: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 2(2).
- Mizhar, S., Yulfitra, Y., & Suherman, S. (2017). Kajian Perubahan Distribusi Kekerasan dan Perubahan Struktur Mikro pada Proses Quench terhadap Variasi Diameter dalam dari Baja Karbon Sedang Tipe Sae 1040. *MEKANIK: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 3(2).
- Muliadi, D., Ridho, R., & Marpaung, C. P. (2018). Pengaruh Kuat Arus terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro Sambungan Las Smaw Baja Sa 516 Gr. 70. *MEKANIK: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 4(2).
- Muhammad Saleh Simamora. (2012). Perancangan Alat Uji Prestasi Turbin Pelton. Perancangan Alat Uji Prestasi Turbin Pelton, 1(1), 1-9.
- N Kholifah, A C Setyawan, D S Wijayanto, I. W. and H. S. (2018). Performance of Pelton Turbine for Hydroelectric Generation in Varying Design Parameters. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 288(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/288/1/012108>
- Rahmatullah, R., & Ahmad, R. (2018). Analisa Pengujian Lelah Material Bronze Dengan Menggunakan Rotary Bending Fatigue Machine. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 1(1), 1-11.
- Rimbawati, R., Hutasuhuta, A. A., Evalina, N., & Cholish, C. (2018). Analysis Comparison Of The Voltage Drop Before And After Using The Turbine In The Bintang Asih Microhydro Power Plant System. *Proceeding of Ocean, Mechanical and Aerospace Science and Engineering-*, 5(1), 18-22.
- Rimbawati, R., Hutasuhut, A. A., & Muharnif, M. (2019). PENINGKATAN KAPASITAS DAYA LISTRIK PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO BINTANG ASIH GUNA MEMENUHI KEBUTUHAN PENERANGAN. *JURNAL PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT*, 24(4), 909-917.
- Santia, L., Utari, I. R., & Rahmatullah, R. (2019). Perhitungan efisiensi panas steam generator dengan pemanas thermal oil pada unit energy plant industri fibreboard. *Jurnal Teknik Kimia*, 25(3), 75-79
- Sara, I. D., Away, Y., Azis, A., & Noorly, E. (2019, November). The current and voltage curves simulation solar module using IV tracer networks. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 674, No. 1, p. 012033). IOP Publishing.
- Saragi, J. F. H., Sianturi, T. A., Purba, J. S., & Damanik, W. S. (2021). Thermal Energy Analysis of Desalination Double Slope Passive Solar Still. *Desalination*, 2, 3.
- Siregar, A. M., & Lubis, F. (2019). Uji Keandalan Prototype Turbin Angin Savonius Tipe-u Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif. *MEKANIK: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 5(1).

- Siregar, M. A., Damanik, W. S., & Harahap, A. H. (2021). Karakteristik Unjuk Kerja Pump As Turbine (PAT) Menggunakan Satu Pompa Hisap. *Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, 2(1), 17-24.
- Siregar, M. A., & Damanik, W. S. (2020, April). Energy analysis desalination of single slope solar still. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 821, No. 1, p. 012046). IOP Publishing.
- Siregar, A.M. & Siregar, Chandra A. 2019. Reliability test prototype wind turbine savonius type helical as an alternative electricity generator. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 674(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/674/1/012059>. University of Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan 20238, Indonesia.
- Siregar, M. A., & Riawansyah, R. (2018). Simulasi Perpindahan Panas Pada Heater Injection Molding Menggunakan Software Solidworks. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 1(1), 39-46.
- Suherman, S., & Fahrizal, F. (2017). Pengaruh Penambahan Mn Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Pada Paduan Al-10si Dengan Metode Lost Foam Casting. *Jurnal Ilmiah MOMENTUM*, 13(1).
- Suherman, S., & Syahputra, S. (2014). Pengaruh Penambahan Cu Dan Solution Treatment Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Pada Aluminium Paduan A356. *Jurnal Dinamis*, 2(14).
- Suherman, S., Hasanah, M., Ariandi, R., & Ilmi, I. (2021). PENGARUH SUHU PEMANASAN TERHADAP KARAKTERISTIK DAN MIKROSTRUKTUR KARBON AKTIF PELEPAH KELAPA SAWIT. *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, 16(1), 1-9.
- Tanjung, I., Nasution, A. R., Fonna, S., & Huzni, S. (2020). INVESTIGASI LAJU KOROSI ATMOSFERIK BAJA KARBON RENDAH PROFIL SEGIEMPAT DI KAWASAN INDUSTRI MEDAN. *Jurnal Teknologika*, 10(1).
- Tanjung, I., Fonna, S., & Huzni, S. (2019, November). Study on the effect of mesh ratio to the potential distribution of RC cathodic protection using BEM. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 364, No. 1, p. 012022). IOP Publishing.
- Tanjung, I., Affandi, A., Huzni, S., & Fonna, S. (2020). Investigasi pengaruh jumlah elemen anoda terhadap distribusi potensial korosi pada beton bertulang menggunakan BEM 3D. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 3(1), 57-64.
- Tanjung, I., Nasution, A. R., Harahap, A. G., Fonna, S., Ariffin, A. K., & Huzni, S. (2021). Atmospheric Corrosion Analysis on Low Carbon Steel Plate Profile and Elbow in Medan Belawan District. In *Key Engineering Materials* (Vol. 892, pp. 142-149). Trans Tech Publications Ltd.
- Tanjung, I., Huzni, S., & Fonna, S. (2021). Investigation the Effect of Concrete Element Size on the Potential Distribution of RC Cathodic Protection Simulation Using BEM 3D. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Experimental and Computational Mechanics in Engineering* (pp. 189-198). Springer, Singapore.
- Umurani, K., Siregar, A. M., & Al-Amin, S. (2020). Pengaruh Jumlah Sudu Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Tipe Whirlpool Terhadap Kinerja. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 3(2), 103-111.
- Umurani, K., Nasution, A. R., & Irwansyah, D. (2021). Perpindahan Panas Dan Penurunan Tekanan Pada Saluran Segiempat Dengan Rusuk V 90 Derajat. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 4(1), 37-46.
- Yani, M., & Lubis, F. (2018). Pembuatan Dan Penyelidikan Perilaku Mekanik Komposit Diperkuat agregat Limbah Plastik Akibat Beban Lendutan. *MEKANIK: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 4(2).
- Yunus, S. M., & Sitorus, M. K. (2018). Perbandingan Kekerasan dan Struktur Mikro Material Crank Shaft Sepeda Motor Beberapa Merk. *MEKANIK: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 4(1).