

Laporan Monitoring

PENELITIAN KOLABORASI DOSEN MAHASISWA

**ANALISIS INDEKS KEBERLANJUTAN DAN EKSERGI
TEKNOLOGI *PHOTOVOLTAIC THERMAL* (PVT) DENGAN DAN TANPA
KOLEKTOR UDARA MODEL SIRIP (FINS)**



OLEH

1. MUHAMMAD ZOHRI, M.Sc (NIP : 198512312019031024)
2. RIDHA AULIA (NIM : 180108014)
3. BAIQ MALIKA HASNITA (NIM : 180108020)

**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MATARAM
TAHUN 2021**

HALAMAN PENGESAHAN

PENELITIAN KOLABORASI DOSEN DAN MAHASISWA

Judul Penelitian : Analisis Indeks Keberlanjutan dan Eksergi Teknologi *Photovoltaic Thermal* (PVT) dengan dan tanpa Kolektor Udara Model Sirip (*Fins*)

Ketua Peneliti

a. Nama Lengkap : Muhammad Zohri, M.Sc
b. NIP/NIDN : 198512312019031024
c. Jabatan Fungsional : Lektor
d. Program Studi : Tadris Fisika
e. Nomor HP (WA) : 085338344396
f. Email : muhammadzohri@uinmataram.ac.id

Anggota /Mahasiswa
Peneliti

a. Nama Mahasiswa : Ridha Aulia / 180108014
1/NIM

b. Nama Mahasiswa : Baiq Malika Hasnita /180108020
2/NIM

Biaya Penelitian : Rp. 4.000.000

Mataram, 16-06-2021

Ketua Peneliti



Muhammad Zohri, M.Sc
NIP. 198512312019031024

Mengetahui,

Dekan FTK UIN Mataram



Dr. Hj. Lubna, M.Pd
NIP. 196812311993032008

Menyetujui,

Wakil Dekan III FTK UIN Mataram

Dr. Akhmad Asyari, M.Pd
NIP. 197806212007101001

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Tingkat populasi manusia terus bertambah. begitupula kebutuhan ekonomi dan kebutuhan energi negara-negara meningkat tajam. Dengan demikian, konsumsi energi meningkat pesat setiap tahun. Sebagian besar energi ini dihasilkan oleh bahan bakar fosil atau sejenis energi konvensional, seperti batu bara dan gas alam. Diperkirakan 90% penggunaan bahan bakar fosil untuk menghasilkan listrik. Listrik yang didapatkan dari bahan bakar fosil diproses melalui pembakaran. Proses pembakaran akan membuang seperti asap atau partikel yang dapat memberikan pencemaran atau polusi ke udara dan atmosfer. Pembakaran bahan bakar fosil juga menghasilkan karbondioksida dalam jumlah yang besar ke udara. Meningkatnya karbondioksida dapat mengakibatkan efek rumah kaca dan menyebabkan terjadinya perubahan cuaca [1].

Pencemaran udara merupakan masalah yang sangat serius bagi manusia. Pembebasan karbon dan asap disebabkan oleh pembakaran bahan bakar fosil. Asap yang tebal akan membahayakan kesehatan manusia, hewan dan tumbuhan di bumi. Usaha negara-negara dalam mengurangi pemanasan global diantaranya adalah Protokol Kyoto. Protocol Kyoto telah ditetapkan pada tahun 1997 dengan tujuan untuk mengurangi enam gas efek rumah kaca yaitu (CO_2 , CH_4 , N_2O , HFC_s , PFC_s , dan SF_6). Sasaran Protocol Kyoto adalah mengurangi jumlah pembebasan gas rumah kaca sekitar 5% bagi negara-negara maju dan berkembang yang mempunyai banyak industri. Oleh karena usaha untuk mengurangi gas rumah kaca terus dimaksimalkan dengan mengotimalkan penggunaan energi baru dan terbarukan pada masa yang akan datang [2].

Energi merupakan suatu kebutuhan yang sangat penting dalam kehidupan masyarakat modern saat ini. Naik turunnya pertumbuhan ekonomi negara tergantung pada cadangan energinya. Sumber energi baru dan terbarukan sangat penting karena menipisnya cadangan minyak dunia dan dampak dari kerusakan lingkungan oleh bahan bakar fosil. Energi baru dan terbarukan memiliki karakteristik yang bersih, aman dan berkelanjutan. Tenaga surya energi merupakan energi yang sangat menjanjikan diantara energi terbarukan lainnya, karena energi ini keberadaannya dapat ditemukan di mana-mana dan gratis selama ada matahari. Teknologi hijau, seperti teknologi panel surya atau *photovoltaic* (PV), turbin angin, pembangkit mikrohidro dan sistem biomassa dan termal fotovoltaiik atau *photovoltaic thermal* (PVT), dapat mengatasi penurunan permintaan energi konvensional [3].

Indeks keberlanjutan masih sangat minim diimplementasikan pada solar kolektor atau teknologi PVT. Namun, sejauh yang penulis ketahui, hanya satu kumpulan data mengenai indeks

keberlanjutan sistem energi surya saat ini ada. seperti pada kajian solar kolektor udara yang dilaporkan oleh Caliscan [4]. dia telah menganalisis kinerja solar kolektor udara dengan beberapa pendekatan analisis. hasil analisis meliputi exergoenvironmental, exergoenvironmental, analisis enviroekonomi, lingkungan, exergi dan energi. Dia melaporkan bahwa indeks keberlanjutan dan efisiensi eksergi solar kolektor udara adalah 1,0073% dan 0,732%, masing-masing. Dengandemikian perlu kajian ini dikembangkan pada teknologi PVT dengan berbagai macam model kolektor udara seperti model sirip (fins).

B. Rumusan Masalah

Masalah yang tampak dalam penggunaan panel surya atau teknologi fotovoltaik adalah meningkatnya suhu panas pada panel surya pada saat digunakan dalam waktu yang lama. Suhu panel surya yang tinggi akan menurunkan tingkat efisiensi panel surya tersebut. Oleh karena itu dibuatlah teknologi Photovoltaic Thermal (PVT) System yang merupakan kombinasi teknologi panel surya dan solar kolektor. Teknologi PVT ini berfungsi untuk menurunkan suhu panas panel surya saat beroperasi dan menghasilkan listrik secara bersamaan. Suhu panel surya yang tinggi akan diserap melalui fluida yang dialirkan pada system PVT. Fluida yang biasa digunakan adalah air atau udara dan fluida lainnya. Adapun pada penelitian ini adalah menggunakan fluida udara yang bisa menurunkan suhu panas panel surya dan bersamaan meningkatkan efisiensi panel surya. Dengan demikian penelitian ini akan meneliti : Bagaimana menganalisis indeks keberlangsungan (*sustainability index*) dan eksergi (*exergy*) pada Teknologi PVT dengan kolektor udara model sirip (*Fins*) dengan Pendekatan teori dan pemodelan matematika yang dibantu dengan program Excel atau Matlab.?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis indeks keberlangsungan (*sustainability index*) dan eksergi (*exergy*) pada Teknologi PVT dengan kolektor udara model sirip (*Fins*) dengan Pendekatan pendekatan teori atau pemodelan matematika yang dibantu dengan program Excel atau Matlab.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini untuk peneliti adalah meningkatkan kapasitas peneliti dalam bidang penelitian khususnya bidang kajian energi terbarukan, Manfaat untuk kampus adalah menambah referensi kajian energi terbarukan khususnya bidang system PVT di Kampus UIN Mataram, meningkatkan jumlah output penelitian dalam bentuk Hak Kekayaan Intelektual (HKI) dan artikel ilmiah yang akan dikirim ke jurnal Nasional atau jurnal internasional. Manfaat bagi masyarakat

ilmiah adalah dapat mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi yang bisa diterapkan di tengah-tengah masyarakat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Energi panas dan listrik dapat dihasilkan dengan energi matahari. Banyak pencapaian teknologi terjadi untuk menghubungkan energi dari matahari dan mempraktekkannya dalam aplikasi. Panas dari panel fotovoltaik dimanfaatkan untuk penerapan teknologi *photovoltaic thermal* (PVT). Penghapusan panas dari panel PV ditransfer oleh cairan atau fluida (air atau udara); itu disebut proses pendinginan untuk meningkatkan efisiensi listrik. Panas yang berguna diubah menjadi air panas atau udara panas untuk aplikasi saat ini. Manfaat utama dari sistem PVT adalah sistemnya dapat menghasilkan panas dan listrik secara bersamaan, untuk aplikasi apa pun, seperti untuk pendinginan, pemanasan, dan pengeringan. Untuk efisiensi, kombinasi panel fotovoltaik dan panas matahari baik untuk ruang terbatas [5-6].

Teknologi sistem PVT telah dikembangkan untuk berbagai aplikasi selama beberapa tahun terakhir. Namun, studi terbaru masih dilakukan untuk meningkatkan efisiensi listrik dan termal sistem PVT. Modul panel surya dan membangun sistem fotovoltaik integrasi (BIPV) telah menjadi semakin populer di banyak daerah, terutama di negara-negara industri di mana dukungan pemerintah telah mempercepat instalasi sistem untuk koneksi jaringan. Koneksi ke PVT meningkatkan efisiensi *photovoltaic* (PV). Berbagai penelitian telah dilakukan dalam beberapa tahun terakhir, dan sistem PVT dengan air dan udara sebagai pembawa panas telah dikembangkan dan ditinjau. Berbagai studi eksperimental dan teoritis pada kolektor PVT yang menggunakan udara atau air sebagai fluida penghilang panas [7-9].

Analisis exergi dapat secara efektif mengevaluasi kinerja sistem atau proses. Konsep penghancuran eksergi atau laju ireversibilitas banyak digunakan dalam analisis eksergi sistem termal saat ini. Hukum kedua termodinamika dapat didefinisikan sebagai rasio keluaran eksergi terhadap masukan energi ketika titik daya maksimum dari keluaran daya listrik adalah keluaran eksergi yang diterima dari sistem PV surya. Konsep ini adalah alat yang menjanjikan untuk desain, analisis, evaluasi, dan peningkatan kinerja sistem atau proses [10-11]. Kolektor surya adalah komponen penting ketika desain konservasi dipertimbangkan; dengan demikian, analisis eksergi, yang memberikan evaluasi kinerja yang sangat representatif, adalah metode yang berharga untuk menilai kelayakan sistem panas matahari [12].

Fudholi dkk. [13] mempelajari analisis biaya dan melakukan analisis eksergi dari kolektor udara matahari. Mereka melaporkan bahwa efisiensi eksergi kolektor ini adalah 6–30%, dan

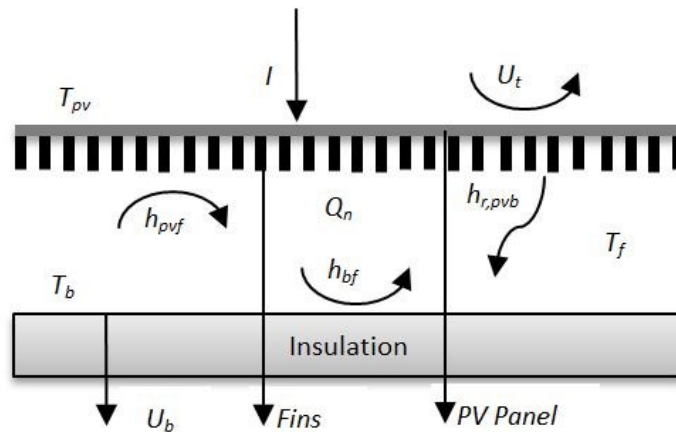
bilangan Nusselt adalah 5,42–36,34. Studi lain [14] melaporkan bahwa potensi peningkatan (IP) adalah 740-1070 W, dan efisiensi eksergi adalah 15-28% pada kisaran radiasi matahari 425-790 W/m². Beberapa studi juga telah dilakukan pada eksergi berbagai jenis kolektor matahari [15]. Benli [16] melakukan analisis eksergi solarkolektor dengan bentuk permukaan yang berbeda. Dia melaporkan kinerja kolektor surya berikut: trapezoid terbalik, kolektor pelat dasar, trapezoid bergelombang dan bergelombang terbalik. Dia mengusulkan penggunaan hubungan baru untuk mengevaluasi energi dan eksergi kolektor matahari. Hedayatizadeh dkk. [17] menyelidiki pengaruh suhu udara masuk, rasio aspek dan laju aliran massa dengan berbagai pendekatan pada eksergi kolektor surya bergelombang-V.

Baru-baru ini, analisis energi dan eksergi untuk sistem PVT berbasis nanofluida dilakukan oleh Lari dan Sahin [18]. Mereka telah melaporkan bahwa efisiensi energi PV adalah 13,2%, dan Khanjari dkk. [19] menunjukkan bahwa efisiensi eksergi PVT adalah 15%. Efisiensi energi PV, termal dan PVT adalah 10-13,7%, 55% dan 90%, masing-masing. Salem dkk. [20] melakukan analisis energi dan eksergi dari sistem PVT hibrida menggunakan pelat pendingin aluminium dengan saluran lurus dan heliks. Mereka melaporkan bahwa efisiensi energi PVT adalah 59,3-92%, dan efisiensi eksergi PVT adalah 11,1-13,5%. PV dan efisiensi termal masing-masing adalah 17,7–38,4% dan 31,6–57,9%. Tripati dkk. [21] melakukan analisis enviroekonomi dan eksergoekonomi berdasarkan energi dan eksergi kolektor pemekat PVT.

Tiwari dkk. [22] melaporkan bahwa efisiensi energi termal dan PVT masing-masing adalah 13,4–23,2% dan 28,5–53,4%. Jahromi dkk. [23] mempelajari energi, exergi dan analisis ekonomi untuk air PVT yang tersedia secara komersial kolektor untuk iklim yang berbeda di Iran. Mereka melaporkan bahwa PV dan efisiensi energi termal masing-masing adalah 7,5–8,7% dan 51,6–52%. Itu Efisiensi eksergi PVT adalah 9,6-9,7%. Rajoria dkk. [24] mempelajari energi, analisis exergi dan enviroeconomic dari array PVT semitransparan berdasarkan konfigurasi aliran udara yang optimal. Mereka melaporkan bahwa PV dan efisiensi energi termal adalah masing-masing 3,1-9,1% dan 12,1-28,1%. pada 2014, analisis energi, eksergi dan lingkungan dipelajari untuk semitransparansaluran ganda PVT hibrida [25]. Hasilnya dilaporkan bahwa efisiensi PV adalah 12%. Pada tahun 2013 dan 2012, energi analisis ekonomi dipelajari untuk PVT berbasis udara dan air kolektor di India.

BAB III METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan teoritik atau pemodelan matematika. system teknologi PVT yang digunakan adalah kolektor udara model sirip (*fins*). Berdasarkan keseimbangan energi, gambar 1 menunjukkan koefisien skema perpindahan panas untuk sistem PVT dengan kolektor model sirip (*fins*). Struktur kolektor udara dengan model sirip (*fins*) pada prinsipnya ditunjukkan pada gambar 1. Untuk ukuran panel surya (PV) adalah 1,2 m panjang nya dan lebarnya adalah 0,53 m, ukuran sirip dengan panjang 0,2 m dan lebar 0,03 m dan jumlah siripnya adalah 50.



Gambar 1. Skematik sistem teknologi PVT dengan kolektor udara model sirip (*fins*)

Untuk sistem PV/T dengan sirip (*fins*) digunakan matriks 3 x 3 untuk menghitung Temperatur Panel PV T_{pv} , Temperatur Fluida T_f dan Temperatur pelat bawah T_b . dengan matriks invers berikut:

$$[A][T] = [C] \tag{1}$$

Dengan menggunakan hukum keseimbangan energi, maka dapat dibuat persamaan perpindahan panas dengan mengacu pada energi yang masuk sama dengan energi yang keluar pada system PVT dengan model sirip (*fins*).

Persamaan perpindahan panas pada panel surya (PV panel) sebagai berikut:

$$\tau\alpha(1 - \eta_{cell})I = U_t(T_p - T_a) + h_{pvf}(T_p - T_f) + h_{rpb}(T_p - T_b) + Q_n \tag{2}$$

Persamaan perpindahan panas pada saluran udara sebagai berikut:

$$2\dot{m}C(T_f - T_i)/WL = h_{pvf}(T_p - T_f) + h_{bfb}(T_b - T_f) + Q_n \tag{3}$$

Perpindahan panas panas plat bawah sebagai berikut:

$$h_{rpb}(T_p - T_b) = U_b(T_b - T_a) + h_{bf}(T_b - T_f) \quad (4)$$

Mengjadikan bentuk matrik persamaan 2 sampai 4 dengan mengelompokkan variable, konstanta dan koefisien pada persamaan perpindahan panas.

$$\begin{bmatrix} A_1 & -h_{pf} + Q_n - h_{r,pb} \\ h_{pf} + Q_n & -(A_2) & h_{bf} \\ h_{rpb} & h_{bf} & -(A_3) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_p \\ T_f \\ T_b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_4 \\ -A_5 \\ -A_6 \end{bmatrix} \quad (5)$$

Where,

$$A_1 = (U_t + h_{pf} + h_{rpb} + Q_n) \quad (6)$$

$$A_2 = \left(h_{pf} + h_{bf} + \frac{2\dot{m}C}{WL} + Q_n \right) \quad (7)$$

$$A_3 = (h_{rpb} + h_{bf} + U_b) \quad (8)$$

$$A_4 = U_t T_a + \tau\alpha(1 - \eta_{cell})I \quad (9)$$

$$A_5 = \left(\frac{2\dot{m}C}{WL} \right) T_i \quad (10)$$

$$A_6 = U_b T_a \quad (11)$$

$$Q_n = \frac{N}{A_{fin}} (2kA_n l h_c)^{0.5} \tan MH (T_f - T_i) \quad (12)$$

$$M = (2h_c l / kw)^{0.5} \quad (13)$$

$$U_b = k_t / l_t \quad (14)$$

$$U_t = \left(\frac{1}{h_w + h_{rpa}} \right)^{-1} \quad (15)$$

Mengacu pada Persamaan. (1 samapai 5), vektor suhu dihitung dengan Excel dengan bentuk inversi matriks;

$$[T] = [A]^{-1}[C] \quad (16)$$

Subrutin inversi matriks standar kemudian dipanggil untuk membalikkan $[A]^{-1}$ untuk menghitung himpunan matriks suhu $[T']$ yang baru. Setiap nilai suhu baru dalam matriks $[T']$ kemudian dibandingkan dengan perkiraan awal $[T]$ yang sesuai. Jika perbedaan antara nilai baru dan lama yang sesuai kurang dari $0,001^\circ\text{C}$, iterasi dihentikan dan suhu lama kemudian diganti dengan yang baru dihitung dan dianggap sebagai suhu yang diperlukan pada bagian yang bersangkutan. Dalam penelitian ini, konvergensi yang cukup untuk T_{pv} , T_f , dan T_b dicapai dalam tiga sampai empat iterasi. Kemudian dihitung nilai eksergi dan indeks keberlangsungan system PVT dengan model sirip (*fins*).

Analisis eksergi didasarkan pada hukum kedua termodinamika, yang jika efek akibat perubahan energi kinetik dan potensial diabaikan, keseimbangan eksergi umum dinyatakan sebagai

[26]. Analisis eksergi (Exergy) dan Indeks keberlangsungan (sustainability index) dapat dibuat persamaan sebagai berikut:

Persamaan eksergi yang hilang (exergy destruction) sebagai berikut:

$$\sum Ex_i - \sum Ex_o = \sum Ex_d \quad (17)$$

Atau dengan persamaan yang bisa dikembangkan sebagai berikut:

$$\sum Ex_i - \sum (Ex_{th} - Ex_p) = \sum Ex_d \quad (18)$$

dimana,

persamaan eksergi yang masuk pada sistem PVT dengan kolektor model sirip (*fins*) adalah:

$$Ex_i = ANI \left[1 - \frac{4}{3} \left(\frac{T_a}{T_s} + \frac{1}{3} \left(\frac{T_a}{T_s} \right)^4 \right) \right] \quad (19)$$

Persamaan eksergi panas pada sistem PVT dengan model sirip (*fins*) adalah:

$$Ex_{th} = \dot{m}C(T_o - T_i) \left[1 - \frac{T_a + 273}{T_o + 273} \right] \quad (20)$$

Persamaan eksergi panel surya pada sistem PVT dengan model sirip (*fins*) adalah:

$$Ex_p = \eta_p AI \quad (21)$$

Efisiensi listrik yang dihasilkan pada sistem PVT dengan model sirip (*fins*) adalah:

$$\eta_{pv} = \eta_{referensi} [1 - 0.0045(T_p - 25)] \quad (22)$$

Eksergi pada sistem PVT dengan model sirip (*fins*) adalah:

$$Ex_{pvt} = Ex_{thermal} + Ex_{pv} \quad (23)$$

Efisiensi eksergi sistem PVT dengan model sirip (*fins*) adalah:

$$\eta_{exergy} = \frac{Ex_{output}}{Ex_{input}} \quad (24)$$

Penampilan lain dari analisis exergi adalah indeks keberlanjutan. Indeks keberlanjutan dari Kolektor udara PVT dengan model sirip kolektor udara dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan berikut ini [27]:

$$Sustainability_{Index} = \frac{1}{1 - \eta_{exergy}}$$

BAB IV

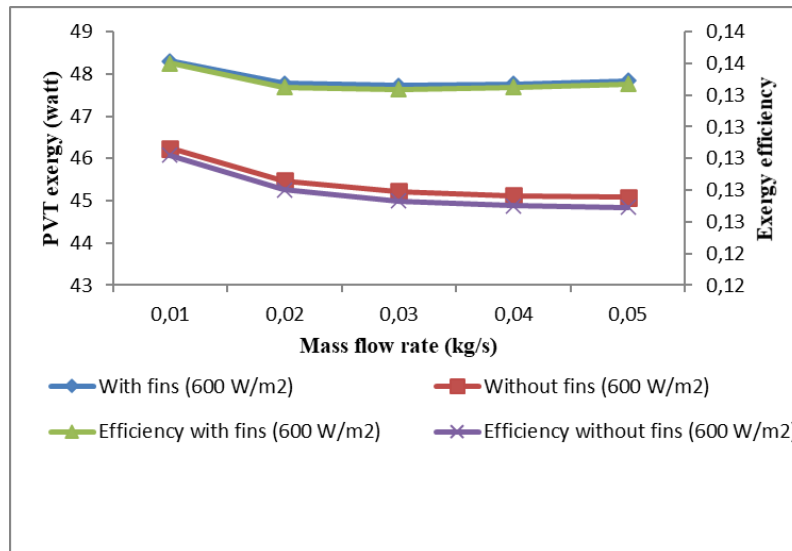
HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 1 menunjukkan aliran massa udara versus eksergi dan efisiensi eksergi pada system PVT dengan dan tanpa kolektor sirip (*Fins*). Nilai aliran massa udara yang dipakai adalah dari 0.01 kg/m sampai 0.05 kg/m. insentitas matahari yang digunakan adalah 600 W/m^2 . Penelitian ini menggunakan pendekatan teori atau pemodelan matematika. Hasil perhitungan matematika menunjukkan bahwa nilai maksimum eksergi dan efisiensi eksergi adalah 48,30 Watt dan 0,136 Watt berurutan. Nilai minimum eksergi adalah 45,08 Watt pada kelajuan massa udara 0,05 kg/s dan nilai efisiensi eksergi yang paling rendah adalah 0,127 terletak pada kelajuan massa udara 0,05 kg/s seperti yang ditunjukkan pada tabel 1.

Nilai maksimum eksergi atau efisiensi eksergi terletak pada system PVT dengan menggunakan kolektor sirip dan pada nilai kelajuan massa udara adalah 0,01 kg/m. ini menunjukkan bahwa penggunaan kolektor sirip (*Fins*) pada system PVT dapat meningkatkan eksergi dan efisiensi eksergi. Kemudian nilai minimum eksergi dan efisiensi eksergi terletak pada system PVT tanpa menggunakan sirip (*Fins*) dan posisi kelajuan massa udara adalah eksergi adalah 0,05 kg/s. ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kelajuan massa udara akan menurunkan tingkat eksergi dan efiesnsi eksergi pada system PVT.

Tabel 1 Eksergi dan eksergi efisiensi system PVT
pada intensitas matahari 600 W/m^2

No.	Mass flow rate	Exergy		Exergy Efficiency		Sustainability Index	
		With Fins (Watt)	Without Fins (Watt)	With Fins	Without Fins	With Fins	Without Fins
1	0,01	48,30	46,24	0,136	0,130	1,157	1,150
2	0,02	47,78	45,47	0,135	0,128	1,155	1,147
3	0,03	47,72	45,22	0,134	0,127	1,155	1,146
4	0,04	47,77	45,12	0,134	0,127	1,155	1,146
5	0,05	47,84	45,08	0,135	0,127	1,156	1,145



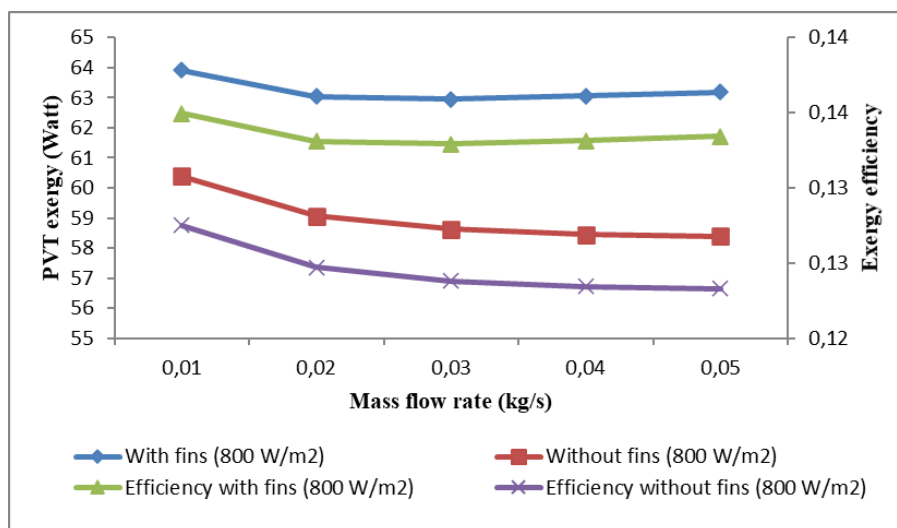
Gambar 1. Laju Aliran Massa Udara Versus Efisiensi Dan Eksergi PVT Dengan Dan Tanpa Sirip (*Fins*) Pada Intensitas Matahari (600 W/m^2)

Gambar 2 memperlihatkan perubahan laju aliran massa udara versus eksergi dan efisiensi eksergi pada system PVT dengan dan tanpa kolektor sirip (*Fins*) pada intensitas matahari 800 W/m^2 . Perubahan laju aliran massa udara yang digunakan adalah dari $0,01 \text{ kg/m}$ sampai $0,05 \text{ kg/m}$. Tingkat insentitas matahari yang digunakan adalah 800 W/m^2 . Penelitian ini menggunakan pendekatan teori atau pemodelan matematika. Hasil perhitungan matematika menunjukkan bahwa nilai maksimum eksergi dan efisiensi eksergi adalah $63,91 \text{ Watt}$ dan $0,135$ secara berurutan berada pada laju mass udara $0,01 \text{ kg/s}$. Nilai minimum eksergi adalah $58,39 \text{ Watt}$ pada kelajuan massa udara $0,05 \text{ kg/s}$ dan nilai efisiensi eksergi yang paling rendah adalah $0,123$ terletak pada kelajuan massa udara $0,05 \text{ kg/s}$ seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.

Nilai maksimum eksergi atau efisiensi eksergi terletak pada system PVT dengan menggunakan kolektor sirip dan pada nilai kelajuan massa udara adalah $0,01 \text{ kg/m}$. ini menunjukkan bahwa penggunaan kolektor sirip (*Fins*) pada system PVT dapat meningkatkan eksergi dan efisiensi eksergi. Kemudian nilai minimum eksergi dan efisiensi eksergi terletak pada system PVT tanpa menggunakan sirip (*Fins*) dan posisi kelajuan massa udara adalah eksergi adalah $0,05 \text{ kg/s}$. ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kelajuan massa udara akan menurunkan tingkat eksergi dan efiesnsi eksergi pada system PVT seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.

Tabel 2 Eksergi dan eksergi efisiensi system PVT pada intensitas matahari 800 W/m²

No.	Mass flow rate	Exergy		Exergy Efficiency		Sustainability Index	
		With Fins	Without Fins	With Fins	Without Fins	With Fins	Without Fins
1	0,01	63,91	60,39	0,135	0,128	1,156	1,146
2	0,02	63,04	59,07	0,133	0,125	1,154	1,143
3	0,03	62,95	58,63	0,133	0,124	1,153	1,141
4	0,04	63,05	58,45	0,133	0,123	1,154	1,141
5	0,05	63,18	58,39	0,133	0,123	1,154	1,141

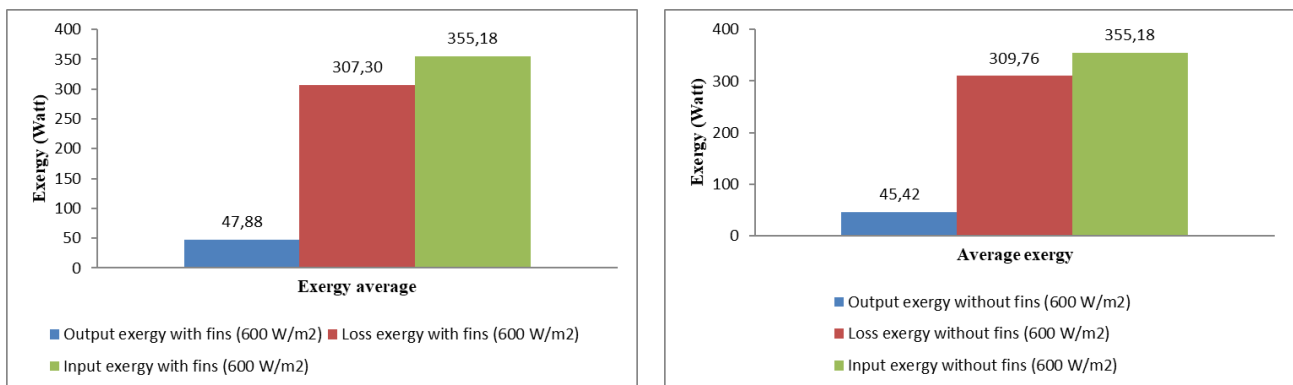


Gambar 2. Laju Aliran Massa Udara Versus Efisiensi Dan Eksergi PVT Dengan Dan Tanpa Sirip (*Fins*) Pada Intensitas Matahari (800 W/m²)

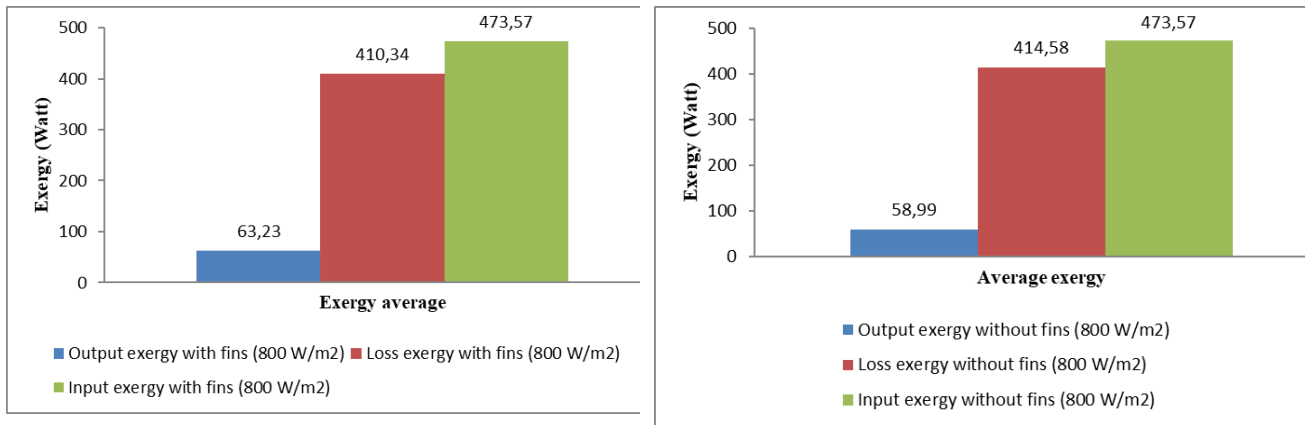
Gambar 3 menjelaskan rata-rata exergi input, output, dan destruksi sistem termal fotovoltaik (PVT) dengan dan tanpa menggunakan kolektor sirip (*Fins*). Pendekatan model matematika dengan menggunakan intensitas matahari 600 W/m². Hasil rata-rata eksergi input, output dan destruksi menggunakan kolektor sirip masing-masing adalah 355,18 W, 47,88 W, dan 307,30 W. Untuk penggunaan kolektor tanpa sirip (*Fins*), eksergi input, eksergi output dan eksergi destruksi masing-masing adalah 355,18 Watt, 309,76 Watt dan 45,42 Watt berurutan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Eksergi input antara penggunaan sirip dan tanpa sirip adalah nilainya sama 355,18 Watt. Sedangkan nilai eksergi output lebih tinggi pada kolektor dengan menggunakan sirip (*Fins*). Ini menunjukkan bahwa penggunaan kolektor sirip dapat meningkatkan rata-rata nilai eksergi output system PVT.

Gambar 4 menampilkan rata-rata nilai eksergi input, eksergi output, dan eksergi destruksi sistem termal fotovoltaik (PVT) dengan dan tanpa menggunakan kolektor sirip (Fins). intensitas matahari yang digunakan adalah 800 W/m^2 . Hasil rata-rata eksergi input, output dan destruksi menggunakan kolektor sirip masing-masing adalah $473,57 \text{ W}$, $63,23 \text{ W}$, dan $410,34 \text{ W}$. Untuk penggunaan kolektor tanpa sirip (Fins), eksergi input, eksergi output dan eksergi destruksi masing-masing adalah $473,57 \text{ W}$, $58,99 \text{ W}$ dan $414,58 \text{ W}$ berurutan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.

Eksergi input antara penggunaan sirip dan tanpa sirip adalah nilainya sama $473,57 \text{ W}$. Sedangkan nilai eksergi output lebih tinggi pada kolektor dengan menggunakan sirip (Fins). Ini menunjukkan bahwa penggunaan kolektor sirip dapat meningkatkan rata-rata nilai eksergi output sistem PVT. Perbandingan nilai rata-rata eksergi output antara intensitas matahari 600 W/m^2 dan 800 W/m^2 terlihat pada gambar 3 dan gambar 4. Nilai eksergi output pada intensitas matahari 800 W/m^2 lebih tinggi dari pada intensitas matahari 600 W/m^2 . Oleh karena itu dengan pendekatan model matematika memberikan gambaran bahwa kenaikan nilai intensitas matahari dapat meningkatkan nilai rata-rata eksergi output.



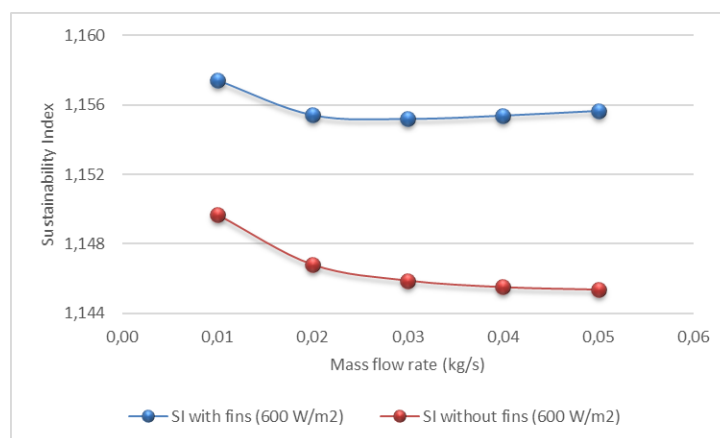
Gambar 3 Rata-rata nilai eksergi input, output dan destruksi pada system PVT dengan dan tanpa sirip (600 W/m^2)



Gambar 4. Rata-rata nilai eksergi input, output dan destruksi pada system PVT dengan dan tanpa sirip (800 W/m²)

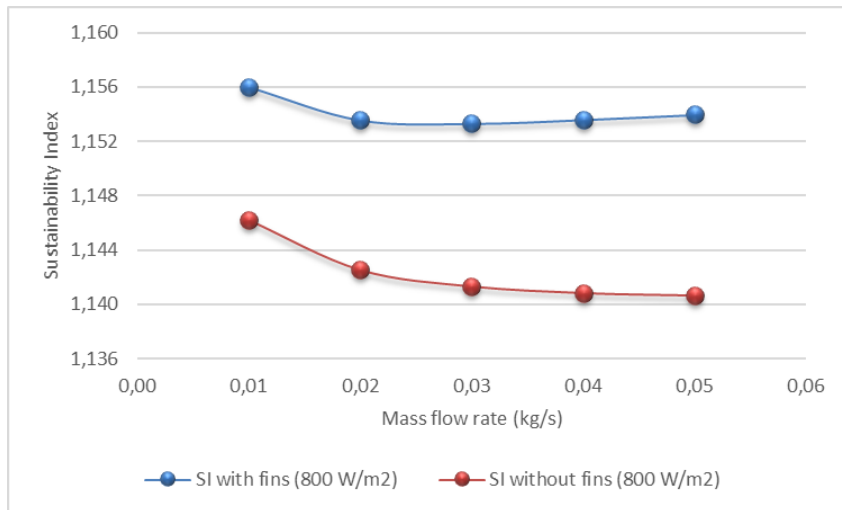
Gambar 5 menunjukkan perbandingan indeks keberlanjutan antara dengan sirip dan tanpa sirip dengan pendekatan teoritis. Kolektor dengan sirip dan tanpa sirip menggunakan laju aliran massa udara berkisar 0,01 kg/s – 0,05 kg/s dengan intensitas matahari yang dipilih 600 W/m². Hasil perhitungan nilai indeks keberlanjutan dengan pengumpul sirip dengan pendekatan teoritis adalah 1,155-1,157 dan untuk pengumpul tanpa sirip adalah 1,145-1,150. kinerja hasil optimum indeks keberlanjutan adalah 1,157 dengan pengumpul sirip. Dan kinerja hasil minimum adalah 1,145 tanpa pengumpul sirip.

Gambar 6 menampilkan evaluasi indeks keberlanjutan antara sirip dan tanpa sirip pada intensitas matahari 800 W/m². Kinerja indeks keberlanjutan dengan pengumpul sirip dengan pendekatan teoritis adalah 1,153-1,156 dan untuk pengumpul tanpa sirip adalah 1,141-1,146. Menggunakan laju aliran massa udara adalah kisaran 0,01 kg/s – 0,05 kg/s. kinerja hasil optimal indeks keberlanjutan adalah 1,156 dengan pengumpul sirip dengan pendekatan teoritis. Dan nilai hasil perhitungan minimum adalah 1,141 tanpa fins collector. Hasil ini menunjukkan bahwa indeks keberlanjutan dengan pengumpul sirip adalah yang terbaik dibandingkan tanpa pengumpul.



Gambar 5. Laju aliran massa udara berbanding dengan Indeks Keberlanjutan system PVT dengan

dan tanpa sirip (600 W/m^2)



Gambar 6. Laju aliran massa udara berbanding dengan Indeks Keberlanjutan system PVT dengan dan tanpa sirip (800 W/m^2)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

System Potovoltaik Termal (PVT) dengan dan tanpa menggunakan kolektor sirip (*fins*) telah diuji dengan pendekatan model matematika. Tujuan pendekatan pemodelan matematika adalah untuk memprediksi prestasi kerja system PVT dengan dan tanpa menggunakan kolektor sirip (*fins*). Analisis pendekatan yang digunakan adalah analisis eksergi, efisiensi eksergi, nilai rata-rata eksergi input, output dan destruksi dan yang paling penting adalah analisis indeks keberlanjutan system PVT dengan dan tanpa sirip. Intensitas matahari yang digunakan adalah 600 W/m^2 dan 800 W/m^2 . Kemudian laju aliran massa udara pada penelitian ini adalah mulai dari $0,01 \text{ kg/s}$ sampai $0,005 \text{ kg/s}$.

Nilai maksimum eksergi atau efisiensi eksergi terletak pada system PVT dengan menggunakan kolektor sirip dan pada nilai kelajuan massa udara adalah $0,01 \text{ kg/m}$. ini menunjukkan bahwa penggunaan kolektor sirip (*Fins*) pada system PVT dapat meningkatkan eksergi dan efisiensi eksergi. Kemudian nilai minimum eksergi dan efisiensi eksergi terletak pada system PVT tanpa menggunakan sirip (*Fins*) dan posisi kelajuan massa udara adalah eksergi adalah $0,05 \text{ kg/s}$. ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kelajuan massa udara akan menurunkan tingkat eksergi dan efisiensi eksergi pada system PVT. Oleh karena itu dengan pendekatan model matematika memberikan gambaran bahwa kenaikan nilai intensitas matahari dapat meningkatkan nilai rata-rata eksergi output. Hasil analisis indeks keberlanjutan juga menunjukkan bahwa indeks keberlanjutan dengan pengumpul sirip adalah yang terbaik dibandingkan tanpa pengumpul.

5.2 Saran

Beberapa saran yang bisa diberikan pada penelitian selanjutnya adalah:

1. Penelitian menggunakan pendekatan real time atau langsung di bawah sinar matahari sangat penting dilakukan
2. Penelitian dengan menggunakan simulator matahari juga sangat membantu dalam kondisi ideal untuk mendapatkan data yang lebih bagus.
3. Penggunaan variasi laju aliran udara dan intensitas matahari yang semakin banyak akan mempengaruhi variasi hasil analisis system PVT yang akan diteliti.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Chamoli. 2013. Exergy analysis of a flat plate solar collector. *Journal of Energy in Southern Africa*.24(3):8-13.
- [2] M. Faizal, R. Saidur, S. Mekhilef, A. Hepbasli, I.M. Mahbubul. 2014. Energy, economic, and environmental analysis of a flat-plate solar collector operated with SiO₂ nanofluid. *Clean Technol Environ Policy* 2014.
- [3] M. Zohri, et al., "Exergy Assessment of Photovoltaic Thermal with V-Groove Collector Using Theoretical Study. *TELKOMNIKA (Telecommunication, Computing, Electronics and Control)*, vol. 16(2), pp. 550-57, 2018.
- [4] Caliskan H. Energy, exergy, environmental, enviroeconomic, exergoenvironmental (EXEN) and exergoenvironmental (EXENEC) analyses of solar collectors. *Renew Sustain Energy Rev* 2017;69:488–92.
- [5] Chow T. T, He W, Chan ALS, Fong KF, Lin Z, Ji J. Computer modeling and experimental validation of a building-integrated photovoltaic and water heating system. *Appl Therm Eng* 2008;28(11–12):1356–64.
- [6] Hazi A, Hazi G, Grigore R, Vernica S. Opportunity to use PVT systems for water heating in industry. *Appl Therm Eng* 2014;63(1):151–7.
- [7] Ibrahim A, Othman MY, Ruslan MH, Mat S, Sopian K. Recent advances in flat plate photovoltaic/thermal (PV/T) solar collectors. *Renew Sustain Energy Rev*. 2011;15(1):352–65.
- [8] Hamid SA, Othman MY, Sopian K, Zaidi SH. An overview of photovoltaic thermal combination (PV/T combi) technology. *Renew Sustain Energy Rev*. 2014;38:212–22.
- [9] Kumar R, Rosen MA. A critical review of photovoltaic-thermal solar collectors for air heating. *Appl. Energy* 2011;88(11):3603–14.
- [10] Dincer I. Exergy as a potential tool for sustainable drying systems. *Sustain Cities Soc*. 2011;1:91–6.
- [11] Fudholi A, Sopian K. R&D of photovoltaic thermal (PVT) systems: an overview. *Int J Power Electron Drive Syst (IJPEDS)* 2018;9(2):803–10.
- [12] Kalogirou SA, Karellas S, Badescu V, Braimakis K. Exergy analysis on solar thermal systems: a better understanding of their sustainability. *Renew Energy*, 2016;85:1328–33.
- [13] Fudholi A, Sopian K, Ruslan MH, Othman MY. Performance and cost benefit analysis of double-pass solar collector with and without fins. *Energy Convers Manag* 2013;76:8–19.

- [14] Fudholi A, Sopian K, Othman MY, Ruslan MH, Bakhtyar B. Energy analysis and improvement potential of finned double-pass solar collector. *Energy Convers Manag* 2013;75:234–40.
- [15] Layek A, Saini JS, Solanki SC. Second law optimization of a solar air heater having chamfered rib-groove roughness on absorber plate. *Renew Energy* 2007;32:1967–80.
- [16] Benli H. Experimentally derived efficiency and exergy analysis of a new solar air heater having different surface shapes. *Renew Energy* 2013;50:58–67.
- [17] Hedayatizadeh M, Ajabshirchi A, Sarhaddi F, Safavinejad A, Chaji H. Analysis of exergy and parametric study of a v-corrugated solar air heater. *Heat Mass Transf.* 2012:1–13
- [18] Lari MO, Sahin AZ. Design, performance and economic analysis of a nanofluidbased photovoltaic/thermal system for residential applications. *Energy Convers Manag* 2017;149:467–84.
- [19] Khanjari Y, Pourfayaz F, Kasaeian AB. Numerical investigation on using of nanofluid in a water-cooled photovoltaic thermal system. *Energy Convers Manag* 2016;122:263–78.
- [20] Salem MR, Ali RK, Elshazly KM. Experimental investigation of the performance of a hybrid photovoltaic/thermal solar system using aluminium cooling plate with straight and helical channels. *Sol Energy* 2017;157:147–56.
- [21] Tripathi R, Tiwari GN, Dwivedi VK. Overall energy, exergy and carbon credit analysis of N partially covered Photovoltaic Thermal (PVT) concentrating collector connected in series. *Sol Energy* 2016;136:260–7.
- [22] Tiwari GN, Yadav JK, Singh DB, Al-Helal IM, Abdel-Ghany AM. Exergoeconomic and enviroeconomic analyses of partially covered photovoltaic flat plate collector active solar distillation system. *Desalination* 2015;367:186–96.
- [23] Jahromi SN, Vadiee A, Yaghoubi M. Exergy and economic evaluation of a commercially available PV/T collector for different climates in Iran. *Energy Procedia* 2015;75:444–56.
- [24] Rajoria CS, Agrawal S, Tiwari GN, Chaurasia GS. Exergetic and enviroeconomic analysis of semitransparent PVT array based on optimum air flow configuration and its comparative study. *Sol Energy* 2015;122:1138–45.
- [25] Kamthania D, Tiwari GN. Energy metrics analysis of semi-transparent hybrid PVT double pass facade considering various silicon and non-silicon based PV module Hyphen is accepted. *Sol Energy* 2014;100:124–40.
- [26] Gupta MK, Kaushik SC. Exergetic performance evaluation and parametric studies of solar air heater. *Energy* 2008;33:1691–702.

[27] Kalogirou SA, Karellas S, Badescu V, Braimakis K. Exergy analysis on solar thermal systems: a better understanding of their sustainability. *Renew Energy*. 2016;85:1328–33.

LAMPIRAN-LAMPIRAN

Biodata Dosen :

Nama : Muhammad Zohri, M.Sc
 NIP/ NIK : 198512312019031024
 NIDN : 0831128505
 Tempat & Tanggal Lahir : Lombok Timur, 31-12-1985
 Jenis Kelamin : Laki-Laki
 Status Perkawinan : Kawin
 Agama : Islam
 Golongan/ Pangkat : III / b
 Jabatan Akademik : Lektor
 Perguruan Tinggi : UIN Mataram
 Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Gajah Mada No.100, Mataram
 Alamat Rumah : Griya Cempaka Asri, Blok D3
 Nomor Telepon Genggam : 085338344396
 Alamat e-mail : muhammadzohri@uinmataram.ac.id /
 zohri.ukm@gmail.com
 Link google scholar : https://scholar.google.co.id/citations?user=g_6o-C0AAAAJ&hl=en
 Link sinta : <https://sinta.ristekbrin.go.id/authors/detail?id=6092941&view=overview>
 Scopus id : 57195196101

RIWAYAT PENDIDIKAN PERGURUAN TINGGI			
Tahun Lulus	Program Pendidikan (diploma, sarjana, magister, spesialis, dan doktor)	Perguruan Tinggi	Jurusan/ Program Studi
2009	Sarjana	UIN Maulana Malik Ibrahim Malang	Fisika
2017	Magister	Universiti Kebangsaan Malaysia	Fisika Terapan (Renewable Energy)

Biodata Mahasiswa 1 :

Nama : Ridha Aulia
NIM : 180108014
TTL : Semayan, 11 juli 2000
Semester : 6
Hp. : 081917487165

Biodata Mahasiswa 2 :

Nama : Baiq Malika Hasnita
NIM : 180108020
TTL : Semparu, 6 mei 2000
Semester : 6
Hp. : 081949801346