



Uji Eksperimen Inovasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Menggerakkan Microbubble Kolam Ikan

Sofwan Hidayat¹, Jojo Sumarjo², Rizal Hanifi³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Singaperbangsa

Abstract

Received: 20 April 2023

Revised: 2 Mei 2023

Accepted: 25 Mei 2023

According to the solar insolation map, Indonesia has enough potential for solar electricity of 4.5 KW/m²/day. Solar energy can be utilized as hydroelectric power by receiving heat and converting it into electricity using solar cells (photovoltaic). The need for an electric load of 393 watts per hour to drive a 250w pump, a 23w DC motor, and a 3w lamp for 6 hours each. The photovoltaic solar cells used are polycrystalline 150 Wp and monocrystalline 150 Wp so the total solar panels used are 300 WP. The Solar Panel is installed with other components in the PLTS system such as a 20A controller, and a 12v 150Ah battery, while as a safety this battery uses the XH-M604 and XH-M609 modules as auto cut off when the current is over or below standard voltage. With calculations and several tests. The result is that using calculations based on formulas and panel theory with an efficiency of 15.1% can produce a power of 234.37 watts per hour while the panels are installed fixed at a tilt angle of 15° and an azimuth angle of 0°. The results of field testing with data on the average power generated per hour are 124.5 watts per hour, while the power required by the PLTS load is 144.2 watts per hour, and the results from the Dissolved oxygen test are an average increase of 1.8 mg/L for 6 hours using the Microbubble Generator.

Keywords: PLTS, Panel Surya, Efisiensi, Output, Microbubble Generator

(*) Corresponding Author: sofwanhidayat24@gmail.com

How to Cite: Hidayat S, Sumarjo J, & Hanifi R. (2023). Uji Eksperimen Inovasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Menggerakkan Microbubble Kolam Ikan. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8079971>

PENDAHULUAN

Pada saat ini kebutuhan energi di Indonesia mengalami peningkatan yang pesat. Ini adalah hal yang wajar dikarenakan meningkatnya aktivitas dalam kehidupan yang mengandalkan listrik. Selama ini dunia terlalu mengandalkan minyak bumi sebagai penghasil sumber energi walaupun tidak bisa dipungkiri fakta bahwa sumber energi menjadi semakin langka dan mahal. Oleh karena itu agar tidak lagi mengandalkan energi fosil dibutuhkan energi alternatif seperti Energi Baru Terbarukan (EBT). Berdasarkan data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia (KESDM) menunjukkan bahwa, penggunaan EBT 5 tahun terakhir terus meningkat namun hanya sedikit yang memanfaatkan energy dari matahari terhitung pada tahun 2020 hanya 2,14% dari pengguna EBT lainnya seperti pembangkit listrik tenaga air, panas bumi, bayu, dan bionergi. Sedangkan pada peta insolasi matahari, wilayah indonesia cukup memiliki potensi untuk energi listrik tenaga surya sebesar 4.5 KW/m²/hari.

Metodologi Penelitian

Sebuah inovasi teknologi terbaru untuk mengatasi berkurangnya tingkat kadar oksigen dalam air sudah diciptakan yaitu *microbubble generator* (MBG). Karena indikator dalam keberhasilan atau kegagalan pada kegiatan akuakultur ini



ialah kualitas air. Tingkat pertumbuhan ikan sangat dipengaruhi oleh lingkungan dan kehidupan ikan yang baik. Lalu pertumbuhan ikan juga bisa dipengaruhi oleh tingkat metabolisme ikan yang cepat, sehingga oksigen yang tersedia di air lah yang dapat menjadi pengaruhnya. Berkurangnya tingkat *Dissolved Oxygen* (DO) bisa berakibat terhadap konversi pakan, nafsu makan, pertumbuhan dan kesehatan ikan budidaya. MBG ini merupakan sebuah teknologi yang memiliki fungsi sebagai penghasil kadar oksigen dalam air dengan ukuran gelembung mikro yang sangat kecil dan lebih kecil dari aerator yang biasa digunakan dalam budidaya perikanan.

METODE

Alat yang digunakan untuk keperluan penelitian tugas akhir ini antara lain :

a. *Lancol Micro 200*

Lancol Micro 200 berfungsi sebagai alat mengukur kapasitas baterai, kesehatan baterai dan besaran rambatan pada baterai.



Gambar 3.3 Lux meter

b. *Solar Power Meter*

Solar power meter berfungsi sebagai alat ukur terhadap panas dengan satuan W/m^2 .



Gambar 3.4 Solar power meter

c. Flow meter

Flow meter ini berfungsi untuk mengukur laju aliran air permenit.



Gambar 3.5 flow meter digital

d. *Watt meter*

Watt meter berguna untuk mengukur arus, tegangan dan daya saat beban dinyalakan.

e. *Penggaris sudut*

Penggaris sudut digunakan untuk mengatur sudut kemiringan panel surya saat dipasang dan pengujian.



Gambar 3.6 penggaris sudut

f. *disolved oxygen sensor*

disolved oxygen sensor berfungsi untuk mengontro kadar *oxygen* dalam air.



Gambar 3.7 *disolved oxygen sensor*

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan untuk keperluan penelitian tugas akhir ini yaitu :

- a. Panel surya



Gambar 3.8 Panel Surya

- b. kabel



Gambar 3.9 kabel

- c. Pompa air *submersible*



Gambar 3.10 Pompa air

- d. Solar charge control



Gambar 3.11 Solar Charge Control

- e. Baterai



Gambar 3.12 Baterai

- f. Modul xh m604 dan xh m069

Berfungsi sebagai auto cut off pada saat tegangan berlebih ataupun kurang



Gambar 3.13 modul xh-m609

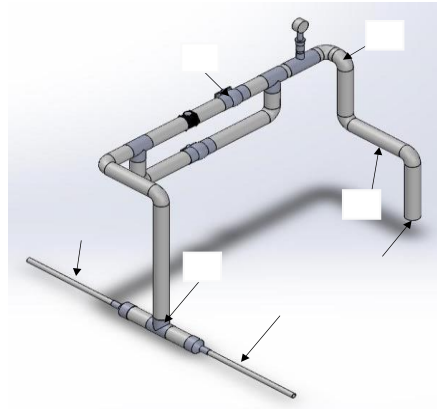


Gambar 3.14 modul xh-m604

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Perhitungan *Head* Pompa

Untuk menentukan negetahui spesifikasi pompa yang dipakai maka diperlukan perhitungan *Head* atau tekanan pada pipa *microbubble*. Berikut gambaran rancangan pipa yang telah dibuat:



Gambar 4.2 jalur pipa *microbubble*

Pada gambar 4.2 terdapat beberapa variabel yang diperlukan untuk menghitung *Head loss* pipa yaitu:

Pipa 2 inch	= 4 m
Diameter pipa 2 inch	= 0,06 m
Pipa ¾ inch	= 0,88 m
Diameter pipa ¾ inch	= 0,026 m

Belokan L (90°) = 8 belokan

Belokan T = 1 belokan

Debit air (Q) pipa 2 inch = 370 l/mnt = 0,00616667 m³/s

Luas penampang pipa 2'' (A) = 3,14 x 0,03² m = 0,002826 m²

Luas penampang pipa ¾ inch = 3,14 x 0,013² m = 0,0053 m²

0,00616667 m³

Laju aliran air (v) pipa 2inch = $\frac{0,002826 \text{ m}^2 \text{ s}}{0,00616667 \text{ m}^3}$ = 2,1 m/s

0,00616667 m³

Laju aliran air (v) pipa 2inch = $\frac{0,00053 \text{ m}^2 \text{ s}}{0,00616667 \text{ m}^3}$ = 11,6 m/s

$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Reynold number (Re) $\frac{997 \text{ m}^3 \times 2,1 \text{ s} \times 0,06 \text{ m}}{0,001003}$ = 125.246,26

0,001003

(Aliran Turbulent karena lebih dari 4000)

Selanjutnya akan dihitung *Head loss* mayor pada pergesekan pipa pada no. 2 yaitu:

$$H_f = 10$$

$$C1,6785 \times DQ41,8585 \times L$$

Nilai C didapat dari tabel kondisi pipa "Hazen-william"

$$H_f = 10$$

$$140,671 \times 0,85 \times 0,006167 \times 0,064,851,85 \times 4$$

$$H_f = 2,06 \text{ m}$$

Kemudian kerugian pada belokan seperti pada pipa no.3 dan Jika $D/R=1$ dan $\theta = 90^\circ$ maka nilai koefisien gesek adalah:

$$K = 0,131 + 1,874 x \left(\frac{D}{2R} \right)^{3,5} x (\theta)^{0,5}$$

$$K = 0,131 + 1,874 x \left(\frac{1}{2} \right)^{3,5} x (90)^{0,5}$$

$K = 0,3$ kemudian dikalikan jumlah belokan yaitu

$$K = 0,3 x 8 = 2,4$$

Setelah mengetahui ukuran tersebut maka *Head loss* minor pada pipa no.1 inch dapat dihitung dengan: $H_m = K v^2$ [21]

$$H_m = 2,4 \frac{2}{2} \cdot 9,8$$

$$H_m = 0,54 \text{ m}$$

Untuk kerugian cabang pada belokan T pada pipa no.5 adalah [22]:

$$H_f = \frac{f v^2}{2g}$$

Nilai f didapat dari tabel koefisien kerugian percabangan [22]:

$$H_f = \frac{1,29 \cdot 2,1^2}{2 \times 9,8}$$

$$H_f = 0,29 \text{ m}$$

Kerugian perubahan luas penampang tiba-tiba dari pipa 2inch ke $\frac{3}{4}$ inch:

$$H_f = \frac{f v^2}{2g}$$

Nilai f didapat dari tabel koefisien kerugian gesek penampang secara tiba-tiba adalah 0 kerugian gesek pada penampang secara tiba-tiba dapat dibiarkan. Sedangkan untuk pipa $\frac{3}{4}$ inch mendapatkan *Head* gesekan pada pipa no. 7 dan no.8 adalah:

$$H_f = 10$$

$$C1,6785 \times DQ41,8585 \times L$$

$$H_f = 10$$

$$140,671 \cdot 0,85 \cdot 0,006167 \cdot 0,02641,85,85 \times 0,88 \text{ m}$$

$$H_f = 4 \text{ m}$$

Head kerugian ujung keluar pipa [22]:

$$H_f = \frac{f v^2}{2g}$$

Nilai f didapat dari tabel koefisien kerugian katup [22]:

$$H_f = \frac{0,14 \cdot 11,6^2}{2 \times 9,8}$$

$$H_f = 0,96 \text{ m}$$

Maka *Head* Total pipa adalah:

$$H = H_f + H_m$$

$$H = (2,06 \text{ m} + 4 \text{ m}) + (0,54 \text{ m} + 0,29 \text{ m} + 0,96 \text{ m})$$

$$H = 7,31 \text{ m}$$

Jadi pompa yang digunakan harus mempunyai *Head* maksimal yang lebih besar dari 7,31 m.

Pengujian Panel Surya

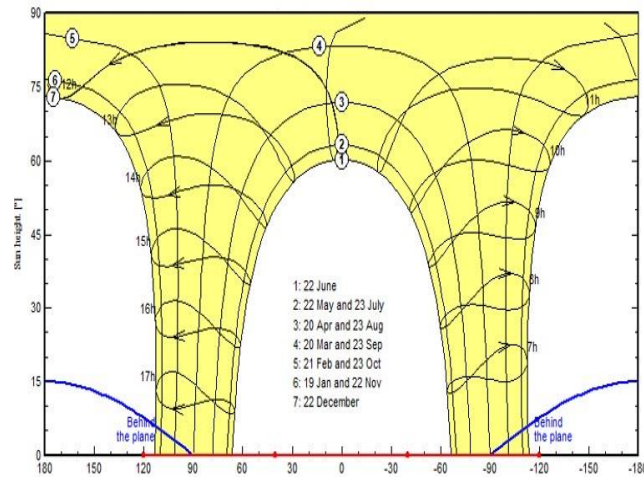
Sebelum melakukan pengujian perlu diketahui intensitas cahaya matahari selama 6 jam perhari. Pada pengujian sebelumnya yang dilakukan oleh muhammad ikhsan, telah didapat sudut efektif kemiringan.

Tabel 4.5 Variasi sudut kemiringan pada posisi azimuth 0°

	Sudut kemiringan 15°	Sudut kemiringan 30°	Sudut kemiringan 45°	Sudut kemiringan 60°	efektif global irradiansi (KW/m ²) perhari	4,825	4,63	4,18	3,52
Horizontal global irradiansi (KW/m ²) perhari	4,88	4,88	4,88	4,88	Temperatur lingkungan (°C)	25	25	25	25
efektif global irradiansi (KW/m ²) perhari	4,825	4,63	4,18	3,52	Efektif Output panel (W/hari)	438,25	420,5	379	318,2
					Panel Losses (KW/hari)	2,01	1,94	1,78	1,55
					Output inverter (KW/hari)	2,51	2,39	2,12	1,77

Pada simulasi pengujian *software PVSyst* yang dilakukan oleh muhammad ikhsan, sudut posisi dan kemiringan pada panel yang paling optimal digunakan secara tetap adalah panel yang dipasang dengan kemiringan 15° dan sudut azimuth 0° menghadap ke utara karena memperoleh daya yang paling besar yaitu 438,25 watt sedangkan yang paling rendah menghasilkan daya adalah sudut kemiringan 60° sudut azimuth 0°.

Selanjutnya akan diperlihatkan tabel-tabel dan grafik dari *software PVSyst* secara detail pada panel surya photovoltaic *polycrystalline* 150 Wp dengan posisi sudut azimuth 0° serta kemiringan sudut 15°. Berikut yang pertama adalah tabel PV menyerap daya secara efektif. Simulasi yang pertama adalah pergerakan matahari pada sudut kemiringan panel 15°.



Gambar 4.12 Grafik pergerakan matahari pada sudut kemiringan 15°
Tabel 4.8 Daya efektif panel sudut kemiringan 15° dan azimuth 0°

	0H	1H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	9H	10H	11H	12H	13H	14H	15H	16H	17H	18H	19H	20H	21H	22H	23H	
January	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	6.5	11.3	14.5	18.6	18.2	16.7	14.1	11.5	9.1	5.3	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
February	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	5.1	9.1	13.0	14.8	17.3	17.2	14.4	11.7	8.3	4.8	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
March	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	7.1	12.4	16.9	19.6	19.5	19.0	18.0	15.7	11.2	5.6	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
April	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	6.8	12.5	16.8	19.3	20.2	20.0	17.2	14.0	10.2	5.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
May	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	7.0	12.3	16.8	19.8	21.2	20.5	18.0	14.4	9.6	4.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
June	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	6.3	11.3	15.0	18.2	19.2	19.7	17.7	14.2	9.8	4.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
July	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	6.2	11.7	16.0	19.3	20.8	21.5	19.9	16.7	11.8	5.8	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
August	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	7.0	13.1	18.4	21.8	22.9	22.6	20.4	16.7	11.7	6.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
September	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	8.4	14.6	19.1	21.7	22.6	23.0	20.5	16.8	11.4	5.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
October	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	3.7	9.1	14.5	19.0	22.3	22.9	22.4	20.4	15.4	10.2	4.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
November	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	3.6	8.5	12.9	17.0	19.8	19.4	18.9	16.7	13.7	8.8	4.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
December	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	3.1	8.0	12.9	16.8	18.6	18.5	17.9	16.7	14.2	10.2	5.7	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Year	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	26.3	86.0	148.5	199.3	233.6	242.6	239.6	214.0	175.0	122.2	62.4	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Dilihat dari grafik diatas puncak optimal panel menyerap daya dari matahari paling besar pada jam 11 siang dan kemudian menurun lagi mengikuti arah posisi matahari. Pada penelitian ini dilakukan pengujian sebanyak 3 kali pada hari yang berbeda, berikut tabel pengujian lapangan yang dilakukan selama 6 jam dengan sudut kemiringan 15° kearah utara dengan azimuth 0° pada panel surya 300 Wp.

Jam	Volt	Watt	Amphere	Amphere hour	Watt peak	Intensitas matahari	Kapasitas baterai
09.00	11,9	120,2	10,10	11,97	105,4	791,4	48%
10.00	12,0	124,2	10,35	11,45	104,6	889,6	52%
11.00	12,3	127,9	10,39	12,04	108,6	909,6	68%
12.00	12,5	132,2	10,57	12,38	110,8	987,0	89%

13.00	12,8	119,7	9,35	13,91	110,2	879,1	94%
14.00	12,3	0	0	13,12	105,9	788,3	OFF
15.00	12,2	0	0	13,06	105,8	657,9	OFF

Jam	Volt	Watt	Amphere	Amphere	Watt	Intensitas	Kapasitas
09.00	11,7	119,8	10,23	10,67	100,4	741,7	25%
10.00	11,9	121,9	10,24	12,56	100,4	884,1	41%
11.00	12	127,9	10,65	12,34	100,6	899,6	57%
12.00	12,5	130,7	10,45	12,44	101,9	921,1	70%
13.00	12,7	132,3	10,41	12,91	106,2	926,2	89%
14.00	12,8	119,2	9,31	13,22	103,7	656,0	98%
15.00	12,5	0	0	13,49	105,4	484,3	OFF

Jam	Volt	Watt	Amphere	Amphere hour	Watt peak	Intensitas matahari	Kapasitas baterai
09.00	11,4	118,9	10,42	11,87	114,3	730,7	18%
10.00	11,6	122,6	10,56	11,95	115,7	838,1	22%
11.00	11,9	121,9	10,24	12,22	119,9	823,8	39%
12.00	12,2	127,2	10,42	14,45	120,6	962,9	58%
13.00	12,4	125,1	10,08	12,24	114,9	913,2	70%
14.00	12,6	123	9,76	11,41	112,8	884	87%
15.00	12,7	117,6	9,25	10,29	110,8	551,3	92%

KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil perhitungan dan pembahasan diperoleh kesimpulan, diantaranya: Daya yang di hasilkan matahari yaitu 234,37 watt perjam, dan 1406,22 watt per hari selama 6 jam. Arus listrik yang dapat di simpan pada baterai perjam adalah 19,5 Ah, jika baterai yang digunakan 150 Ah, maka membutuhkan 7 jam 50 menit untuk mencapai baterai dalam keadaan penuh Kemiringan ideal dari pemasangan panel surya yaitu pada sudut *azimuth* 0° dan kemiringan 15 ° menghadap kearah utara. DO air setelah menggunakan alat *microbubble generator* meningkat.

REFERENSI

- A. Arohman, K. Kardiman And O. Oleh, "Perancangan Alat *Microbubble Generator* (Mbg) Dengan Memanfaatkan Energi Listrik Dari Panel Surya Sebagai Energi Terbaru," *Journal Unsika*, Pp. 368-375, 2021.
- A. I. Ramadhan, E. Diniardi And S. H. Mukti, "Teknik," *Analisis Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 50 Wp*, Pp. 59-63, 2016.

- A. K. Al Bahar And A. T. Maulana, "Jurnal Ilmiah Electrokrisna," *Perencanaan Dan Simulasi Sistem Plts Off-Grid Untuk Penerapan Gedung Fakultas Teknik Unkris*, Pp. 87-107, 2018.
- A. Muliawan And A. Yani, "Analisa Head Major Dan Minor Pompa Chiller Dengan Buka-an Katup Instalasi Pompa," *Jurnal Sains Terapan*, Pp. 6369, 2018.
- Arohman, K. Kardiman And O. Oleh, "Perancangan Alat Micro-Bubble Generator (Mbg) Dengan Memanfaatkan Energi Listrik Dari Panel Surya Sebagai Energi Terbaru," *Barometer*, Pp. 368-375, 2021.
- B. Belmahdi And A. E. Bouardi, "Solar Potential Assessment Using Pvsyst Software In The Northern," *Procedia Manufacturing*, Pp. 738-745, 2020.
- B. Indonesia, "Dod Baterai Dan Soc Baterai, Perhatikan Ini Agar Awet," 6 1 2021. Available: <https://www.builder.id/dod-baterai-dan-socbaterai>.
- D. A. Rofik, K. H. J. Sumarjo And V. Naubnome, "Gorontalo Journal Of Infrastructure & Science Engineering," *Perancangan Dan Analisa Alat Microbubble Generator (Mbg) Untuk Aerasi Kolam Ikan Tipe Nozzel Venturi*, Pp. 24-30, 2020.
- Dwiki Agung Saputra," Perancangan Sistem Microbubble Generator Terapung Berbasis Arduino Untuk Mengontrol Dissolved Oxygen", 2021
- E. Heriyati, R. A. Isnansetyo And B. Triyatmo, "Jurnal Pertanian Terpadu," *Uji Aerasi Microbubble Dalam Menentukan Kualitas Air, Nilai Nutrition Value Coefficient (Nvc), Faktor Kondisi K, Dan Peforma Pada Budidaya Ikan Nila Merah (Oreochomis Sp.)*, Pp. 27-41, 2020.
- F. Latief, "Kapasitas Pembangkit Listrik Ebt Capai 10 Ribu Mw," *Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia*, 17 Januari 2020.
- F. S. Firmansyah, E. S. Budi And Y. Yulianto, "Pengaturan Kecepatan Motor Dc Pada Proses Packing Bubuk Biji Salak Menggunakan Kontrol Pid," *Jurnal Elektronika Otomasi Industri*, Pp. 42-48, 2015.
- H. Assiddiq And M. Bastomi, "Analisis Pengaruh Perubahan Temperatur Panel Terhadap Daya Dan Efisiensi Keluaran Sel Surya Polycrystalline," *Dinamika : Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, Pp. 33-39, 2019.
- K. Suantika, W. Rinas And M. Suartika, "Studi Analisis Pengaruh Perubahan Posisi Terhadap Efisiensi Panel Surya Lpju By Pass Ngurah Rai," *E-Journal Spektrum*, Pp. 151-156, 2018.
- M. F. Muvaris, S. Wibowo, N. Abdulrahman, H. Saputra, S. W. Sastro, N. Yuniarsih And N. Pamungkas, " Studi Perhitungan Tahanan Total Kapal Kontainer 85000 Dwt," *Jurnal Teknologi Dan Riset Terapan (Jatra).2019*
- M. Firman, F. Herlina And A. Sidiq, "Jurnal Teknik Mesin Uniska," *Analisa Radiasi Panel Surya Terhadap Daya Yang Dihasilkan Untuk Penerangan Bagian Luar Mesjid Miftahul Jannah Didesa Benua Tengah Kecamatan Takisung*, Pp. 98-102, 2017.

- Muhammad Ikhsan," Inovasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Menggerakkan Pompa *Microbubble Generator* Terapung Aerasi Kolam Ikan", 2021
- N. S. Kumara, "Pembangkit Listrik Tenaga Surya," *Pembangkit Listrik Tenaga Surya Skala Rumah Tangga Urban Dan Ketersediaannya Di Indonesia*, Pp. 68-75, 2010.
- P. Setiawan, "Pengertian Gaya Apung Dan Prinsip Archimedes," Minggu Juni 2021. Available: <https://www.gurupendidikan.co.id/gayaapung/>.
- R. Sianipar, "Jetri," *Dasar Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya*, Pp. 61-78, 2014.
- S. Manan, "Gema Teknologi," *Energi Matahari, Sumber Energi Alternatif Yang Efisien, Handal Dan Ramah Lingkungan*, Pp. 31-35, 2009.
- S. P. Sitorus, U. Budiarto And K. , "Jurnal Teknik Perkapalan," *Perancangan Propeller Dan Engine Propeller Matching Pada Kapal Self Propelled Oil Barge (Spob) 5000 Dwt*, 2020.
- Sularso And H. Tahara, *Pompa Dan Kompresor*, Jakarta: Pt Pradinya Paramita, 1983.
- Y. A. Cengel And J. M. Cimbala, In *Fluid Mechanics Fundamentals And Applications*, America, Mygraw-Hill, 2006.
- Z. Iqtimal, I. D. Sara And S. , "Kitektro : Jurnal Online Teknik Elektro," *Aplikasi Sistem Tenaga Surya Sebagai Sumber Tenaga Listrik Pompa Air*, Pp. 1-8, 2018.
- Zainudin, M. A. Sayoga And I. M. Nuarsa, "Analisa Pengaruh Variasi Sudut Sambungan Belokan Terhadap *Head Losses* Aliran Pipa," *Dinamika Teknik Mesin*, Pp. 75-83, 2012.