



ANALISIS KRISTALLISATOR GARAM DENGAN MENGUNAKAN PANEL SURYA

Sri Endah Susilowati¹, Wusana Yudha Perkasa²
Program Studi Teknik Mesin
Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta
[¹ sriendah.susilowati@yahoo.com](mailto:sriendah.susilowati@yahoo.com)

ABSTRAK

Indonesia sebagian besar garam diperoleh dari hasil air laut yang diuapkan, namun demikian persoalan tentang garam nasional sampai dengan kini tak kunjung selesai permasalahannya. Bahkan untuk kebutuhan dalam negeri Indonesia harus mengimpor garam dari luar negeri, dimana hal ini sangat tidak wajar bagi negara maritim yang memiliki pantai terpanjang nomor dua dunia. Tujuan dari penelitian ini ialah merancang alat dan melakukan analisis kristallisator garam dari air laut menggunakan panel surya sebagai energi mandiri. Alat kristallisator garam dirancang menggunakan metode kristalisasi, dengan dimensi tinggi 120 cm, lebar 62 cm dan Panjang 135 cm. Perancangan reaktor kristalisasi berkapasitas 8 liter air dengan jari 0,06 m dan tinggi 0,12 m. Hasil analisa air laut memiliki densitas 1025 kg/m³. secara kuantitas produksi garamnya 80%. Dengan melakukan percobaan menggunakan air laut 4 liter selama 5 jam menghasilkan air bersih sebanyak 2 liter dan garam 134 gram. Hasil garam tersebut masih dibawah kandungan NaCl sebesar 94% untuk standar garam konsumsi.

Kata kunci : air laut, garam, panel surya, kristallisator

ABSTRACT

Most of Indonesia's salt is obtained from evaporated sea water, however, the problem of national salt has not been resolved until now. Even for domestic needs, Indonesia has to import salt from abroad, which is very unnatural for a maritime country that has the second longest beach in the world. The purpose of this research is to design a tool and analyze salt crystallizer from sea water using solar panels as its own energy. The salt crystallizer was designed using the crystallization method, with dimensions of 120 cm high, 62 cm wide and 135 cm long. The design of a crystallization reactor with a capacity of 8 liters of water with a radius of 0.06 m and a height of 0.12 m. The results of the analysis of seawater have a density of 1025 kg/m³, the quantity of salt production is 80%. By conducting an experiment using 4 liters of sea water for 5 hours, it produced 2 liters of clean water and 134 grams of salt. The result of the salt is still below the NaCl content of 94% for standard consumption salt.

Keywords : sea water, salt, solar panels, crystallizers.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia adalah negara maritim dengan garis laut terpanjang nomor dua di dunia hingga 81.000 km merupakan kawasan pesisir dan lautan yang memiliki sumber daya hayati dan non-hayati yang sangat besar. Dengan negara yang merupakan 1/3 adalah lautan, maka lautan menyimpan banyak potensi yang bisa dimanfaatkan, antara lain adalah garam.

Posisi sebagai negara kepulauan dengan laut yang sangat luas menyebabkan setiap daerah sangat berpotensi untuk menghasilkan garam, akan tetapi daerah yang sangat terkenal dengan produksi garamnya adalah Jawa Timur, terutama Pulau Madura. Upaya yang dapat dilakukan untuk penyediaan garam ialah dengan memanfaatkan sumber air yang ada, salah satunya air laut dan air serapan tanah. (Cristea, 2016).

Di Indonesia, garam digunakan bukan hanya untuk konsumsi langsung rumah tangga sebagai salah satu kebutuhan pokok dan juga untuk kebutuhan diet. Garam juga banyak digunakan untuk industri yang meliputi industri kimia, industri aneka pangan, industri farmasi, industri perminyakan, dan juga untuk industri penyamakan kulit.

Jenis garam dapat dibagi dalam kualitas baik sekali, baik dan sedang. Kualitas baik sekali jika mengandung kadar NaCl >95%, baik kadar NaCl 90–95%, dan sedang kadar NaCl antara 80–90% tetapi yang diutamakan adalah yang kandungan garamnya di atas 95%. Garam industri dengan kadar NaCl >95% 1.200.000 ton sampai saat ini seluruhnya masih diimpor, hal ini dapat dihindari mengingat Indonesia sebagai negara kepulauan. (Santosa, 2014).

Garam yang dibuat dengan cara penguapan air laut, dari meja kristalisasi di ladang-ladang penggaraman merupakan garam kasar. Secara teoritis, garam yang

berasal dari penguapan air laut mempunyai kadar NaCl 97% lebih, akan tetapi dalam praktek umumnya lebih rendah. Hal tersebut disebabkan kualitas air laut, cara pembuatan, dan hal lain yang mempengaruhi kristalisasi garam.

Salah satu upaya dalam meningkatkan produksi garam nasional yakni dengan cara membuat alat pemisah air tawar dan garam dan melalui beberapa tahap pengembangan agar alat berfungsi secara optimal untuk menghasilkan garam bersih. Dalam proses kristalisasi ini air laut akan melalui tahap pemanasan sehingga kandungan garam pada air laut akan mengendap dan air bersih akan terpisah. Dikarenakan memproduksi garam dengan sistem tradisional sangat tidak efektif waktu dan selalu banyak kendalanya yaitu cuaca karena masih menggunakan tenaga panas matahari. Contoh kendala yang menghambat produksi garam dalam negeri disebabkan oleh cuaca yang tidak menentu tiba-tiba hujan dan terkadang tambak garam jebol terkena terjangan gelombang pasang dari laut.

Berkaitan dengan masalah tersebut, melalui tugas akhir ini akan dilakukan upaya guna mempelajari metode tersebut dengan cara mengembangkan alat kristalisasi yang sudah dirancang dengan membuat model terbaru dan menganalisa kinerja alat. Dengan membuat model alat yang berbeda diharapkan dapat lebih efektif dalam mendapatkan hasil garam dari air laut.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk membuat alat penghasil garam yang optimum.
2. Untuk menganalisa cara kerja alat kristalisator garam.
3. Untuk mendapatkan data garam dari hasil alat.

1.3. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan didapat dari penelitian ini antara lain :

1. Berkontribusi dalam penelitian mengenai produksi garam dalam negeri.
2. Sebagai referensi untuk mengatasi kebutuhan garam rakyat nasional agar dapat memenuhi kebutuhan konsumsi dalam negeri.
3. Memberikan informasi cara menghasilkan garam rakyat dengan proses kristalisasi sederhana.

2. LANDASAN TEORI

2.1. Panel Surya (*Photovoltaic*)

Panel Surya adalah alat konversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Untuk memanfaatkan potensi energi surya ada dua macam teknologi yang sudah diterapkan, yaitu energi surya fotovoltaik dan energi surya termal. Sollar cell (panel surya) juga merupakan salah satu sumbe energi yang ramah lingkungan dan sangat menjanjikan untuk energi di masa yang akan datang, karena tidak menyebabkan polusi yang dihasilkan selama proses konversi energi berlangsung dan lagi sumber energinya tidak terbatas banyak tersedia di alam terlebih di negeri tropis semacam Indonesia yang menerima energi matahari sepanjang tahun. (Richard M Napitupulu et al., 2017).

2.2. Karakteristik Panel Surya

Kapasitas daya dari panel surya dilambangkan dalam *watt peak (wp)* dan diukur berdasarkan standar pengujian internasional yaitu *standard test condition (STC)*. Standar ini mengacu pada intensitas radiasi sinar matahari sebesar 1000W/m^2 yang tegak lurus sel surya pada suhu 25°C . Modul *photovoltaic* memiliki hubungan antara arus dan tegangan. Pada saat tahanan variabel bernilai tak terhingga (*open circuit*) maka arus bernilai minimum (nol) dan tegangan pada sel berada pada nilai maksimum, yang dikenal sebagai tegangan *open circuit (Voc)*.



Gambar 2.1 Panel Surya *Polycrystalline*

Daya input yang dihasilkan panel surya :

$$P_{in} = G \times A$$

Dimana,

P_{in} = Daya input akibat radiasi matahari (Watt)

G = Intensitas radiasi matahari (Watt/m^2)

A = Luas permukaan photovoltaic (m^2)

Daya output yang dihasilkan panel :

$$P_{out} = V_{max} \times I_{max}$$

Dimana,

P_{out} = Daya output radiasi matahari (Watt)

V_{max} = Tegangan pada daya maksimum (Volt)

I_{max} = Arus pada daya maksimum (Ampere)

2.3. Solar Charge Controller

Solar Charge Controller adalah salah satu komponen di dalam sistem pembangkit listrik tenaga surya, berfungsi sebagai pengatur arus listrik baik terhadap arus yang masuk dari Panel Surya maupun arus beban keluar / digunakan. Bekerja untuk menjaga baterai dari pengisian yang berlebihan. *Solar Charge Controller* mengatur tegangan dan arus dari Panel Surya ke baterai. *Solar charge controller* menerapkan teknologi *Pulse width modulation (PWM)* untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban. Panel surya / solar cell 12 Volt umumnya memiliki tegangan *output* 16 sampai 20 Volt.



Gambar 2.2 MPPT

2.4. Baterai (*Accumulator*)

Baterai merupakan alat menyimpan energi listrik melalui proses elektrokimia. Proses elektrokimia adalah di dalam baterai terjadi perubahan kimia menjadi listrik (proses pengosongan) dan listrik menjadi kimia dengan cara regenerasi dari elektroda-elektroda pada baterai yaitu dengan melewati arus listrik dalam arah polaritas yang berlawanan pada sel.



Gambar 2.3 Baterai

Berikut ini adalah persamaan rumus yang digunakan kapasitas baterai :

a. Menentukan kapasitas baterai :

$$\text{Kapasitas baterai} = \frac{\eta \times \text{total pemakaian harian}}{V_{dc}} : DOD$$

Dimana,

η = Efisiensi harian

V_{dc} = Tegangan sistem

DOD = *Depth of discharge*

b. Lama pengisian baterai/aki :

$$T_1 = \frac{C}{I} (1 + 20\%)$$

Dimana,

I = Arus pengisian (Ampere)

C = Kapasitas (Ampere hours)

T_1 = Waktu yang kita inginkan (Hours)

20% = (% De-efisiensi)

2.5. Inverter

Inverter adalah rangkaian yang mengubah tegangan DC menjadi AC. Atau lebih tepatnya inverter memindahkan tegangan dari sumber DC ke beban AC. Sumber tegangan inverter dapat berupa baterai, Panel Surya maupun sumber tegangan DC lainnya. Berdasarkan gelombang keluaran yang dihasilkan, inverter dapat dibagi menjadi 3 macam yaitu *square wave*, *modified sine wave*, dan *pure sine wave*.

a. *Square wave*

Inverter ini adalah yang paling sederhana. Walaupun inverter jenis ini

dapat menghasilkan tegangan 220V AC, 50 Hz namun kualitasnya sangat buruk. Sehingga hanya dapat digunakan pada beberapa alat listrik saja. Hal ini disebabkan karena karakteristik output inverter ini adalah memiliki level *total harmonic distortion* yang tinggi.

b. *Modified sine wave*

Modified Sine Wave disebut juga *Modified Square Wave* atau *Quasy Sine Wave* karena gelombang modified sine wave hampir sama dengan square wave, namun pada *modified sine wave* outputnya menyentuh titik 0 untuk beberapa saat sebelum pindah ke positif atau negatif. Selain itu karena *modified sine wave* mempunyai *harmonic distortion* yang lebih sedikit dibanding *square wave* maka dapat dipakai untuk beberapa alat listrik seperti komputer, tv dan lampu. Namun tidak bisa untuk beban-beban yang lebih sensitif.



Gambar 2.4 Inverter

2.6. Garam

Garam adalah kebutuhan terpenting masyarakat Indonesia dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari dan merupakan sumber elektrolit bagi tubuh manusia. Pada umumnya garam dijual di pasaran adalah garam yang sudah ditambah iodium. Dimana garam mumi hasil dari para petani garam masih belum bisa di konsumsi secara langsung oleh masyarakat, dikarenakan hasil garam tersebut masih berupa garam kotor dan kandungan NaCl masih di bawah 97% maka dari itu dibutuhkan iodium untuk kualitas garam yang lebih baik agar di konsumsi masyarakat. Kandungan iodium sangat penting dimana jika kita memiliki gangguan akibat kekurangan iodium (GAKI) dapat mengakibatkan gondok, kretin, menurunkan kecerdasan dan untuk tingkat

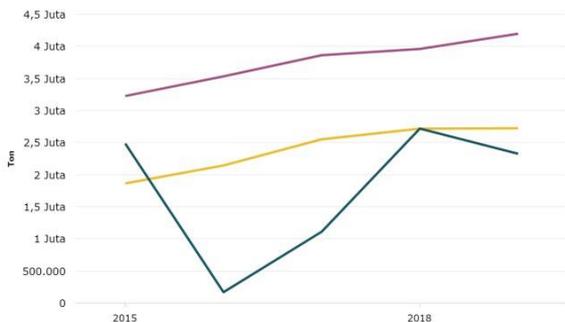
yang lebih berat dapat mengakibatkan gangguan otak dan pendengaran serta kematian bayi.

2.7. Kebutuhan Garam Indonesia

Pada tahun 2019 kebutuhan garam nasional diperkirakan naik 5,98% menjadi 4,2 juta ton. Oleh karena itu, pemerintah mengalokasikan impor garam pada 2019 naik 0,2% menjadi 2,72 juta ton dibandingkan 2018 yang sebesar 2,71 juta ton. Kenaikan tertinggi impor garam terjadi pada tahun 2017, yaitu sebesar 19% dari 2,1 juta ton menjadi 2,6 juta ton. (Kemenperin, 2019).

Tabel 2.1 kebutuhan dan produksi garam indonesia. (sumber kemenperin.go.id)

No	Hasil dan kebutuhan setiap tahun	2015	2016	2017	2018	2019
1	Impor	1.864.049	2.143.743	2.552.283	2.718.659	2.724.772
2	Produksi	2.485.111	168.054	1.111.395	2.719.256	2.327.078
3	kebutuhan	3.227.279	3.532.887	3.862.925	3.960.945	4.197.622



Gambar 2.5 Grafik kebutuhan dan produksi garam indonesia.

2.8. Standar Kualitas Garam

1. K-1 yaitu kualitas terbaik yang memenuhi syarat untuk bahan industri maupun untuk konsumsi. Dengan komposisi sebagai berikut:
 - NaCl : 97.46 %
 - CaCl2 : 0.723 %
 - CaSO4 : 0.409 %
 - MgSO4 : 0.04 %
 - H2O : 0.63 %
 - Impurities : 0.65 %
2. K-2 yaitu kualitas dibawah K-1, garam jenis ini harus dikurangi kadar berbagai zat agar memenuhi standar sebagai bahan baku

industri. Secara fisik garam K-2 berwarna kecoklatan dan agak lembab.

3. K-3 merupakan garam dengan kualitas rendah, tampilan fisik coklat dan bercampur lumpur.

3. METODE PENELITIAN

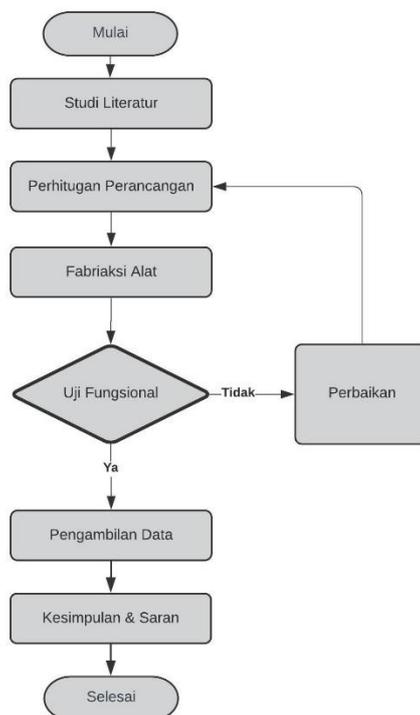
3.1. Alat dan Bahan

Dalam menunjang penelitian dibutuhkan alat dan bahan khusus agar proses pengujian berjalan dengan baik. Rincian alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tabel 3.1 Alat dan Bahan

NO	Alat dan Bahan	Jumlah (unit)
1	Solar panel 100wp	2
2	Solar charge	1
3	Baterai 12 V 100 Ah	1
4	Inverter 1200 w	1
5	Pemanas Elektrik 500w	1
6	Pompa kondensor	1
7	Kondensor	1
8	Panci reaktor	1
9	Tang ampere	1
10	Refractometer salinitas	1
11	Termo gun	1
12	Air laut	secukupnya

3.2. Diagram Alir Penelitian



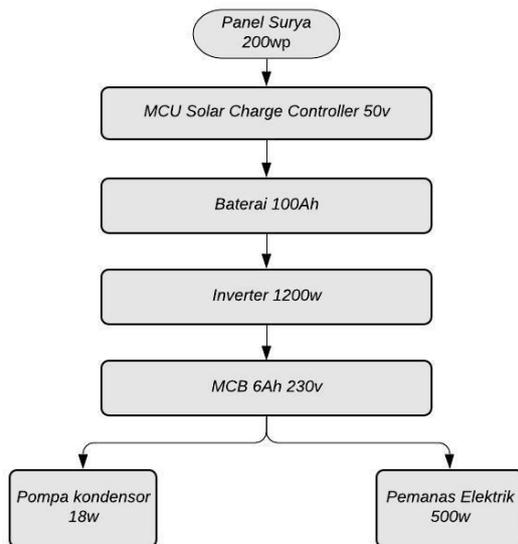
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian
 Gambar 3.1 menunjukkan diagram alir penelitian mulai dari studi literatur, perhitungan perancangan, fabrikasi hingga uji kinerja alat penghasil garam.

3.3. Analisa dan Perancangan Alat

Secara keseluruhan alat kristallisator garam ini dibagi menjadi 4 bagian yaitu solar pv, sistem kelistrikan solar pv, reaktor dan kondensor. Dimana reaktor yang dirancang terbuat dari bahan stainless steel, hal ini dikarenakan stainless steel memiliki titik leleh yang tinggi dan tahan korosi. Bagian-bagian dari alat kristallisator garam beserta fungsinya dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Bagian alat beserta fungsinya

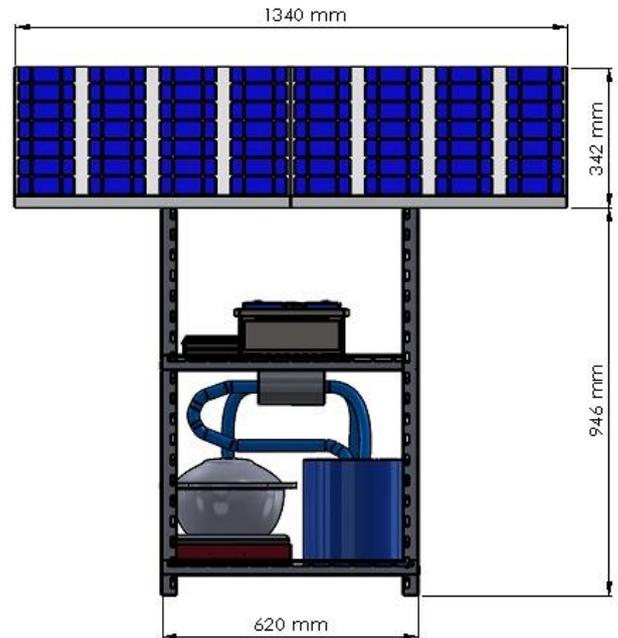
No	Bagian	Fungsi
1	Solar PV	Sebagai pembangkit energi matahari yang kemudian diubah menjadi energi listrik.
2	Sollar Charge Controller	Untuk mengisi daya dari solar PV ke baterai
3	Baterai	Untuk menyimpan daya yang telah dihasilkan melalui solar PV
4	Inverter	Sebagai pengubah arus DC ke arus AC
5	Reaktor	Tempat berlangsungnya suatu reaksi
6	kondensor	Sebagai pendingin pipa



Gambar 3.2 Skema rancangan alat

Pada awalnya radiasi matahari diserap oleh panel surya yang kemudian daya dari panel surya digunakan untuk mengisi baterai. Sebelum daya dari panel surya mengisi baterai, panel surya terhubung oleh adaptor

Solar Charge Controller dimana alat tersebut digunakan untuk mengatur daya yang masuk ke dalam baterai. Arus yang keluar dari baterai merupakan arus DC (searah). Kemudian arus dari baterai diubah menjadi arus AC (bolak-balik) dengan menggunakan inverter yang selanjutnya arus tersebut dapat digunakan untuk perangkat elektronik.



Gambar 3.3 Rancangan alat

3.4. Dimensi Reaktor

Densitas air laut (ρ_{air}) : 1025 kg/m³
 Tebal (x) : 0.00085 m (hasil pengukuran)
 Massa = 1 Kg



Gambar 3.4 Reaktor kristalisasi

Dari data yang telah didapat, jari-jari reaktor dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan berikut :

$$r = \left(\frac{\frac{\text{massa}}{\rho_{air}}}{\pi \cdot rasio \cdot \frac{r}{h}} \right)^{\frac{1}{3}}$$

Dari data yang telah didapat, tinggi reaktor dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan berikut :

$$h = \frac{r}{rasio \cdot \frac{r}{h}}$$

3.5. Kondensor

Reynolds (Re) dari sistem yang dapat diketahui dengan menggunakan Persamaan sebagai berikut :

$$Re = \frac{\rho \times v_{gas} \times d}{\mu}$$

Dari hasil perhitungan bilangan Reynold sebesar 541.955 maka aliran gas dalam kondenser adalah laminar. Karena alirannya adalah aliran laminar maka, Bilangan Nusselt (Nu) dapat dicari dengan Persamaan sebagai berikut :

$$Nu = 3,66 + \frac{0.0688 \times \frac{D}{L} \times Re \times Pr}{1 + \left(0,04 \times \frac{D}{L} \times Re \times Pr\right)}$$

Dengan menggunakan data Bilangan Nusselts data koefisien konveksi fluida dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan Re dan Persamaan Nu (J.P.Holman, 2008).

$$h_{gas} = \frac{Nu \times k_{gas}}{d}$$

$$H_{alluminium} = \frac{k}{x}$$

Setelah itu koefisien keseluruhan system (U) dapat diketahui dengan menggunakan Persamaan berikut :

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_{gas}} + \frac{x}{k} + \frac{1}{h_{air}}}$$

$$\text{Laju aliran massa } (\dot{m}) = \frac{1L}{3600 s} = 0.0000278 \text{ gr/s}$$

Diketahui Panas spesifik ($C_{p_{gas}}$) : 1046.51 kJ/kgK

Setelah itu kalor kerja (Q) dapat diketahui dengan Persamaan berikut : (J.P.Holman, 2008).

$$Q = \dot{m} \times c_p \times \Delta T$$

Dengan menggunakan data kalor kerja, luas permukaan (A) yang dibutuhkan dapat diketahui dengan Persamaan berikut : (J.P.Holman, 2008).

$$A = \frac{Q}{U \times 87,3}$$

Kondensor yang dirancang terbuat dari pipa alumunium dengan tebal 0,0034 inci sehingga panjang kondensor (L) yang dibutuhkan dapat diketahui dengan Persamaan berikut :

$$L = \frac{A}{\pi \times d}$$

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Uji Lapangan

Data yang diperoleh sebelumnya ialah perhitungan daya listrik dari panel surya, suhu reaktor, volume air yang dihasilkan dan pembentukan kristal garam.

Tabel 4.1 Pengukuran panel surya tanggal 7 Februari 2021

No.	Jam	Panel Surya		
		V (volt)	I (Ah)	P (Watt)
1	10.00	16.2	1.27	20.574
2	10.30	14.9	0.42	6.258
3	11.00	15.7	3.38	51.038
4	11.30	13.6	3.31	45.106
5	12.00	14.7	0.52	14.052
6	12.30	14.0	1.77	24.78
7	13.00	14.2	0.34	4.828
8	13.30	15.4	0.81	12.474
9	14.00	14.5	2.46	35.67
10	14.30	13.4	0.22	2.948
11	15.00	13.4	1.31	17.554
Rata-rata hasil pengukuran		14.55 V	1.44 Ah	21.39 W

Dari hasil pengujian intensitas matahari pada tanggal 7 Februari 2021 diatas didapatkan rata-rata tegangan 14.55 V, dan arus listriknya 1.44 Ah dan daya yang dihasilkan 21.39 W. hasil tegangan sistem di atas tersebut merupakan daya murni yang dihasilkan panel surya terhadap matahari.

Tabel 4.2 Pengukuran panel surya tanggal 7 Februari 2021 (saat charging)

No.	Jam	Pengisian Daya Baterai		
		V (volt)	I (Ah)	P (Watt)
1	10.00	14.3	3.89	55.627
2	10.30	14.9	2.85	42.265
3	11.00	14.2	0.34	4.828
4	11.30	13.5	0.57	7.695
5	12.00	14.0	0.91	12.74
6	12.30	14.0	1.56	21.84
7	13.00	14.2	2.75	39.05
8	13.30	13.7	0.21	2.877
9	14.00	15.1	0.96	14.4
10	14.30	13.0	1.27	16.51
11	15.00	14.6	0.79	11.534
Rata-rata hasil pengukuran		14.13 V	1.47 Ah	20.86 W

Dari hasil pengujian intensitas matahari pada tanggal 7 Februari 2021 diatas didapatkan rata-rata tegangan 14.13 V, dan arus listriknya 1.47 Ah dan daya yang

dihasilkan 20.86 W. hasil tegangan sistem di atas tersebut merupakan daya saat pengisian daya ke baterai yang dihasilkan panel surya terhadap matahari.

Tabel 4.3 Pengukuran panel surya tanggal 7 Februari 2021 (saat berbeban)

No.	Jam	Baterai Berbeban		
		V (volt)	I (Ah)	P (Watt)
1	10.00	12.8	2.45	31.36
2	10.30	12.3	4.62	56.826
3	11.00	13.0	3.68	47.84
4	11.30	11.7	3.54	41.418
5	12.00	12.9	3.68	47.472
6	12.30	11.4	3.61	41.154
7	13.00	13.2	3.66	48.312
8	13.30	12.0	4.66	55.92
9	14.00	12.6	4.30	54.18
10	14.30	13.5	3.40	45.9
11	15.00	13.7	3.51	48.087
Rata-rata hasil pengukuran		12.65 V	3.74 Ah	47.14 W

Dari hasil pengujian intensitas matahari pada tanggal 7 Februari 2021 diatas didapatkan rata-rata tegangan 12.65 V, dan arus listriknya 3.74 Ah dan daya yang dihasilkan 47.14 W. hasil tegangan sistem di atas tersebut merupakan daya saat tegangan sistem mengalami pembebanan.

4.2. Data Hasil Uji Reaktor

Dari hasil pengambilan data didapatkan suhu yang sudah dicatat meliputi suhu reaktor , suhu air laut, volume air bersih dan pembentukan kristal garam.

Tabel 4.4 Data uji lapangan, 18 Januari 2021

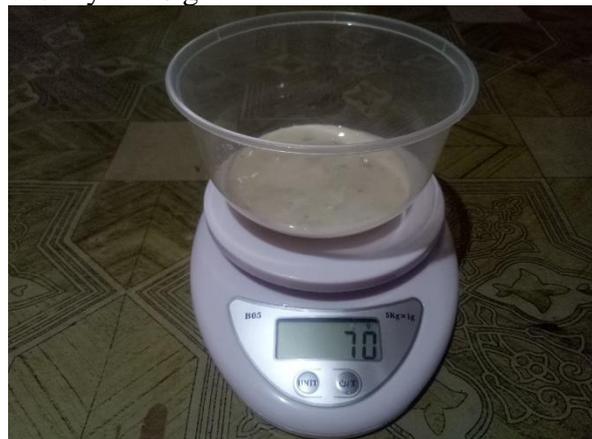
Jam	Suhu Reaktor (°C)	Suhu air (°C)
10.00	210	95
11.00	137	92
12.00	107	93
13.00	109	86
14.00	101	89
15.00	119	86
16.00	121	97
Data Hasil Pengujian		
Volume air laut masuk	1 liter	
Volume air bersih	520 ml	
Hasil garam kering	33 gram	

Hasil pengujian pada tanggal 18 Januari 2021 didapat volume air laut yang masuk sebanyak 1 liter dan menghasilkan volume air tawar sebanyak 520 ml dan garam keing sebanyak 33 gram.

Tabel 4.5 Data uji lapangan, 24 Januari 2021

Jam	Suhu Reaktor (°C)	Suhu air (°C)
10.00	199	100
11.00	176	95
12.00	143	91
13.00	117	89
14.00	125	90
15.00	102	85
16.00	106	87
Data Hasil Pengujian		
Volume air laut masuk	2 liter	
Volume air bersih	1.1 liter	
Hasil garam kering	70 gram	

Hasil pengujian pada tanggal 24 Januari 2021 didapat volume air laut yang masuk sebanyak 2 liter dan menghasilkan volume air tawar sebanyak 1.1 liter dan garam keing sebanyak 70 gram.



Gambar 4.1 Hasil garam kering

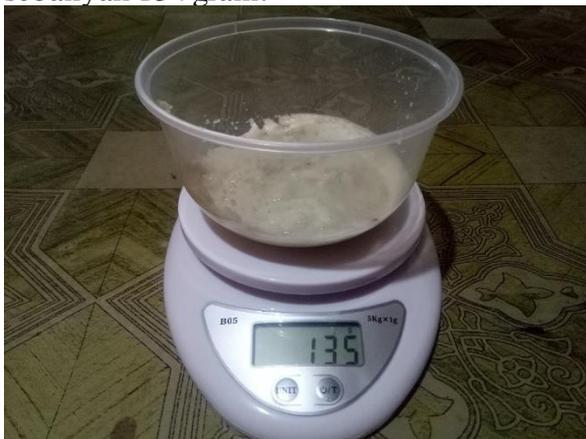


Gambar 4.2 Hasil air tawar

Tabel 4.6 Data uji lapangan, 7 Februari 2021

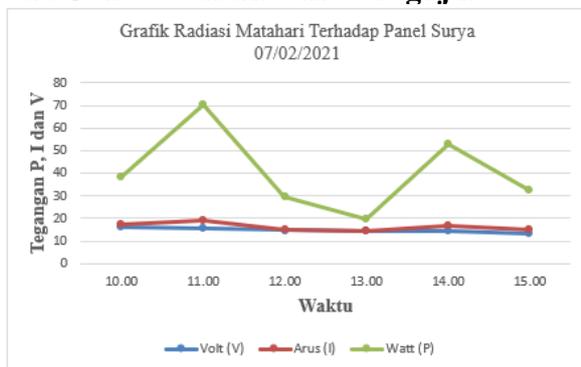
Jam	Suhu Reaktor (°C)	Suhu air (°C)
10.00	209	95
11.00	197	91
12.00	109	93
13.00	102	86
14.00	97	84
15.00	95	92
16.00	106	87
Data Hasil Pengujian		
Volume air laut masuk	4 liter	
Volume air bersih	2 liter	
Hasil garam kering	134 gram	

Hasil pengujian pada tanggal 7 Februari 2021 didapat volume air laut yang masuk sebanyak 4 liter dan menghasilkan volume air tawar sebanyak 2 liter dan garam keing sebanyak 134 gram.



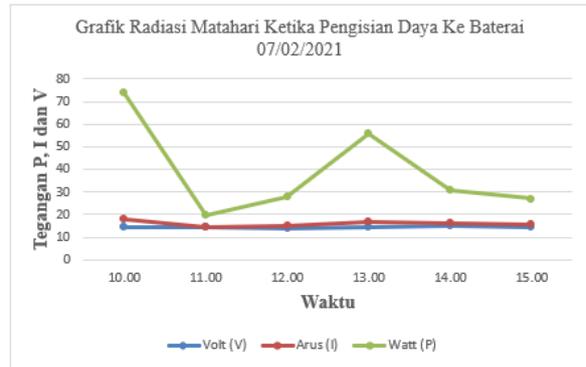
Gambar 4.2 Hasil garam kering

4.3. Grafik Analisa Hasil Pengujian



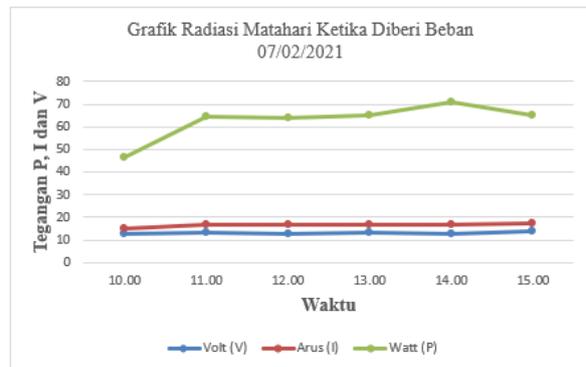
Gambar 4.3 Daya Yang Dihasilkan Radiasi Matahari 07/02/2021

Berdasarkan grafik 4.3 dari percobaan pukul 10.00 sampai dengan pukul 15.00 mencapai titik tegangan tertinggi pada pukul 11.00 yaitu 15.7 V, 3.38 Ah dan 51.04 Watt. Kemudian turun hingga pukul 13.00 dengan tegangan yaitu 14.2 V, 0.34 Ah dan 4.83 Watt, tempratur sekitar juga menurun disebabkan radiasi matahari yang tidak konstan disebabkan karena musim penghujan.



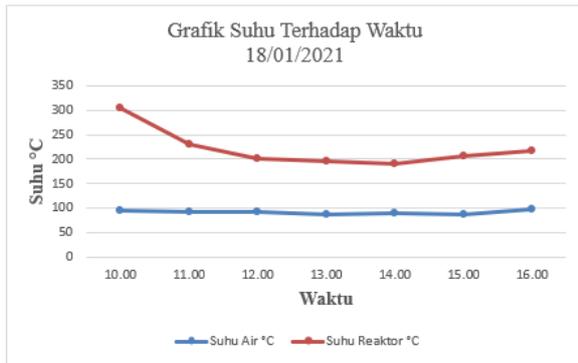
Gambar 4.4 Grafik Radiasi Matahari Ketika Pengisian Daya 07/02/2021

Berdasarkan grafik 4.4 dari percobaan pukul 10.00 sampai dengan pukul 15.00 tegangan tertinggi yang masuk ke baterai yaitu pada pukul 10.00 ketika radiasi panas matahari terjadi secara konstan dimana tegangan mencapai 14.3 V, 3.89 Ah dan 55.63 Watt. Dimana de-efisiensi baterai pada saat tegangan puncak berada pada 40% dari kapasitas penuh.



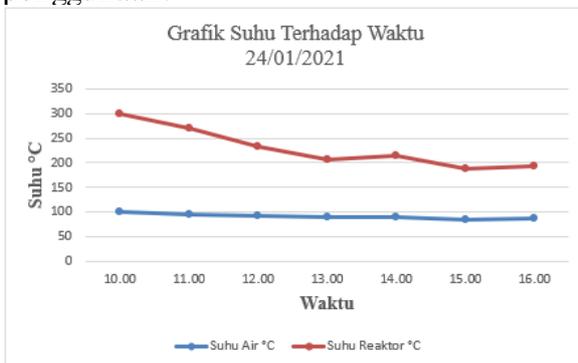
Gambar 4.5 Grafik Radiasi Matahari Ketika Diberi Beban 07/02/2021

Grafik dari gambar 4.5 Menunjukkan ketika baterai diberi beban mengalami kenaikan tegangan pada pukul 11.00 yaitu 13V, 3.68 Ah dan 47.84 Watt. Dengan diberi beban tegangan pada baterai tersebut cukup konstan, sehingga tegangan pada panel surya mengalami penurunan untuk tegangan sampai dengan 12.7 V. apabila tegangan untuk pengisian daya tersebut dibawah 12 V maka daya yang dihasilkan tergolong tidak stabil dikarenakan ada penurunan intensitas radiasi matahari terhadap panel surya.



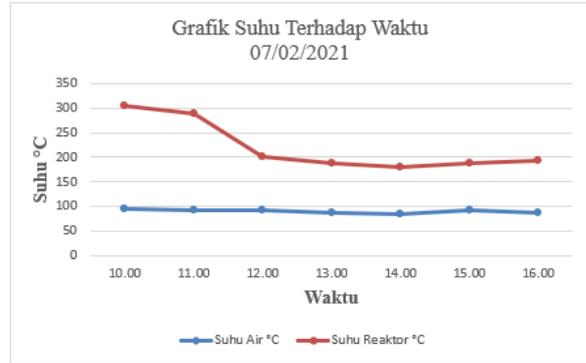
Gambar 4.6 Distribusi Temperatur 18/01/2021

Berdasarkan grafik distribusi 4.6 Dari percobaan pukul 10.00 sampai dengan pukul 16.00, diketahui reaktor mencapai suhu tertinggi pada pukul 10.00 dengan nilai 210°C dan suhu air 95°C. Kemudian suhu reaktor terendah yaitu pada pukul 14.00 dengan nilai 101°C dan suhu air 89°C. Temperatur suhu pada reaktor mengalami penurunan seiring dengan kapasitas daya baterai yang mulai menurun dikarenakan kebutuhan penggunaan.



Gambar 4.7 Distribusi Temperatur 24/01/2021

Berdasarkan distribusi 4.7 Dari percobaan pukul 10.00 sampai dengan pukul 16.00, diketahui reaktor mencapai suhu tertinggi pada pukul 10.00 dengan nilai 199°C dan suhu air 100°C. Kemudian suhu reaktor terendah yaitu pada pukul 15.00 dengan nilai 102°C dan suhu air 85°C. Kemudian temperatur pada reaktor menurun seiring dengan kapasitas baterai yang terus berkurang.



Gambar 4.8 Distribusi Temperatur 07/02/2021

Berdasarkan grafik distribusi 4.8 Dari percobaan pukul 10.00 sampai dengan pukul 16.00, diketahui reaktor mencapai suhu tertinggi pada pukul 10.00 dengan nilai 209°C dan suhu air 95°C. Kemudian suhu reaktor terendah yaitu pada pukul 15.00 dengan nilai 95°C dan suhu air 92°C. Temperatur semakin berkurang seiring daya baterai yang mulai menurun dikarenakan kebutuhan penggunaan. Hal ini disebabkan intensitas matahari dari siang menjelang sore hari yang semakin berkurang.



Gambar 4.9 Alat kristalisator garam



Gambar 4.10 Tampak depan alat

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan berupa alat kristallisator garam dan sekaligus pemisah air tawar yang dihasilkan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Alat kristallisator yang dirancang terdiri dari 4 bagian utama yaitu solar panel, sistem kelistrikan pembangkit, reaktor dan kondensor. Pada uji kinerja alat yang telah di fabrikasi menghasilkan air bersih dan garam kering.
2. Alat yang sudah difabrikasi dan diuji dapat digunakan sesuai prosedur, pada proses kristalisasi ini terdapat dua hasil dari pengujian yaitu garam kering dan air tawar. Pada hasil pengujian menggunakan air laut sebanyak 4 liter selama 5 jam didapatkan hasil air bersih sebesar 2 liter dan garam kering 134 gram.
3. Garam dari hasil kristalisasi masih belum bisa di konsumsi secara langsung dikarenakan kandungan garam masih di bawah 94%, dimana itu masih harus melalui tahap peningkatan kualitas garam untuk standar konsumsi.

5.2. Saran

Penelitian perancangan dan pembuatan alat kristalisasi ini perlu dikembangkan untuk penelitian selanjutnya. Adapun saran peneliti untuk pengembangan alat kristalisasi ini adalah :

1. Perlu dilakukan penelitian secara lanjut mengenai peningkatan kualitas hasil garam.
2. Perlu penambahan inverter dengan kapasitas lebih besar agar dapat menggunakan heater yang sesuai dengan kebutuhan penelitian.
3. Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai analisa kualitas garam terhadap kebutuhan garam nasional.
4. Perlu dilakukan penelitian jenis air laut untuk mengetahui kadar garam yang sesuai kebutuhan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Cristea, A. (2016). PENINGKATAN KUALITAS GARAM RAKYAT DENGAN METODE REKRISTALISASI. In *Revista Brasileira de Ergonomia*.
- Ferrell, J. K., & Stahel, E. P. (1966). Heat transfer. *Industrial and Engineering Chemistry*, 58(12), 42–54. <https://doi.org/10.1021/ie50684a008>
- Fielding, A., & Fielding, A. (2006). *The Salt Industry*.
- Hidayat, R. R. (2011). Rancang Bangun Alat Pemisah Garam dan Air Tawar Menggunakan Energi Matahari. *Skripsi*.
- J.P.Holman. (2008). Heat Transfer, Tenth Edition. *Managed Pressure Drilling*.
- Kraus, A. D., Welty, J. R., & Aziz, A. (2020). Introduction to Heat Transfer. *Introduction to Thermal and Fluid Engineering*, 611–628. <https://doi.org/10.1201/b12301-22>
- Purwoto, B. H. (2018). EFISIENSI PENGGUNAAN PANEL SURYA SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*. <https://doi.org/10.23917/emitor.v18i01.6251>
- Richard M Napitupulu, Sutan Simanjuntak, & Swardi Sibarani. (2017). *PENGARUH MATERIAL MONOKRISTAL DAN POLIKRISTAL TERHADAP KARAKTERISTIK SEL SURYA 20 WP DENGAN TRACKINGSISTEM DUA SUMBU - Swardi Sibarani*.
- Santosa, I. (2014). PEMBUATAN GARAM MENGGUNAKAN KOLAM KEDAP AIR BERUKURAN SAMA. *SPEKTRUM INDUSTRI*. <https://doi.org/10.12928/si.v12i1.1652>
- Sedivy, V. M. (2009). Environmental balance of salt production speaks in favour of solar saltworks. *Global Nest Journal*. <https://doi.org/10.30955/gnj.000567>
- Subudhi, B., & Pradhan, R. (2013). A comparative study on maximum power point tracking techniques for photovoltaic power systems. *IEEE Transactions on Sustainable*

Energy.

<https://doi.org/10.1109/TSTE.2012.2202294>