



PERANCANGAN MESIN ES BALOK BERSUMBER LISTRIK TENAGA MATAHARI DI DESA MUNTAI KABUPATEN BENGKALIS

Fardin Hasibuan¹, Bastul Wajhi Akramunnas², Trijaya Widagdo³

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau Kepulauan, Indonesia

²Program Studi Teknik Elektro, Institut Teknologi Bisnis Riau, Indonesia

³Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, STT YBS Internasional, Indonesia

Email : fardin.hasibuan123456@gmail.com¹, bastulwajhiakramunnas@gmail.com², trijayaw@gmail.com³

ABSTRAK

Ikan merupakan kebutuhan pangan sebagai sumber protein bagi kehidupan manusia. Desa muntai Kecamatan Bantan Kabupaten Bengkalis Provinsi Riau, merupakan daerah yang berada di pantai Selat Malaka. Sebagian besar penduduk desa tersebut berprofesi sebagai nelayan baik sebagai nelayan perairan air asin dan sebagian sebagai nelayan air tawar. Produksi utama nelayan yaitu ikan hasil tangkapan dari laut. Produksi hasil tangkapan ikan laut dari Kecamatan Bantan pada tahun 2021 sebesar 101 ton. Balok es merupakan salah satu komponen yang dibutuhkan oleh nelayan yang berada di Desa Muntai. Jarak dari desa ke perkotaan yang memakan waktu sekitar 1 sampai 1,5 jam menjadi kendala dalam penyediaan es balok bagi nelayan di desa tersebut. Instalasi listrik yang belum juga sampai ke pinggir pantai tempat nelayan menyandarkan kapalnya menjadi salah satu hambatan juga dalam penyediaan es balok. Perancangan pembuatan mesin es balok bersumber listrik PLTS menjadi salah satu alternatif solusi dalam penyediaan es balok bagi masyarakat nelayan Desa Muntai. Perancangan mesin es balok berkapasitas 3 ton per 24 jam dengan kebutuhan daya listrik sebesar 13 kW dan bersumber PLTS dengan jumlah modul solar cell menjadi layak untuk dipertimbangkan diimplementasikan. Kebutuhan biaya investasi yang dibutuhkan sebesar Rp 833.051.670,00.

Kata Kunci: ikan, desa muntai, mesin balok es, PLTS, biaya investasi

ABSTRACT

fish is a food necessity as a source of protein for human life. Muntai Village in the Bantan District of Bengkalis Regency, Riau Province, is an area located on the Malacca Strait coast. Most of the village's population work as fishermen, both in saltwater and freshwater fishing. The primary production of fishermen is fish caught from the sea. The production of sea fish catches in the Bantan District in 2021 was 101 tons. Ice blocks are one of the components needed by the fishermen in Muntai Village. The distance from the village to the town, which takes around 1 to 1.5 hours, is a constraint in providing ice blocks for the fishermen in the village. The lack of electricity installation reaching the coastal area where the fishermen dock their boats is also one of the obstacles in providing ice blocks. The plan to create a solar-powered ice block machine is one of the alternative solutions to address the ice block supply issue for the fishermen in Muntai Village. The design of the ice block machine has a capacity of 3 tons per 24 hours with a power requirement of 13 kW and is sourced from solar panels with a specific number of solar cell modules. The investment cost required is Rp 833,051,670.00

Keywords: fish, muntai village, ice block machine, solar power panel, investment cost

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ikan dan sumber protein lainnya yang berasal dari laut sangat dibutuhkan oleh makhluk hidup, protein dibutuhkan manusia sebagai pembentuk sel-sel tubuh guna menjaga fungsi, bentuk, serta cara kerja jaringan tubuh. Protein tersusun dari beberapa ratus hingga beberapa ribu senyawa kecil yang dikenal dengan nama asam amino, asam amino ini terdiri atas 20 asam amino yang saling berikatan satu sama lain dan membentuk senyawa yang disebut protein, sehingga protein ini sangat dibutuhkan oleh makhluk hidup untuk membentuk dan memelihara fungsi sel tubuh, disamping hal tersebut kegunaan protein juga sebagai pembentuk enzim bagi makhluk hidup [1]. Kebutuhan protein bagi manusia tergantung kepada umur, jenis kelamin dan aktivitas yang dilakukan, Permenkes RI No 28 tahun 2019 tentang Angka Kecukupan Gizi Yang Dianjurkan Untuk Masyarakat Indonesia telah mengantur tentang kebutuhan protein bagi masyarakat Indonesia [2].

Masyarakat Desa Muntai Kecamatan Bantan Kabupaten Bengkalis Provinsi Riau sebagian besar masyarakatnya berprofesi sebagai nelayan, yaitu penangkap ikan dan hewan tangkapan lainnya di sekitar Selat Malaka. Profesi Nelayan ini sudah dilakukan masyarakat setempat sejak generasi sebelumnya atau minimal 100 tahun yang lalu. Proses penangkapan ikan yang dilakukan oleh masyarakat menggunakan perahu atau sampan kecil dan secara tradisional. Nelayan tradisional ini umumnya berangkat ke laut untuk menangkap ikan sekitar pukul 17.00 dan kembali ke darat sekitar pukul 02.00 pagi diesok harinya. Bagi Nelayan yang mempunyai kapal diatas 2 Ton berangkat pada pukul 22.00 dan akan dilaut sekitar 24 jam dan akan kembali ke daratan esok harinya sekitar pukul 05.00 Pagi.

Salah satu pendukung utama dalam menjaga mutu ikan atau hasil tangkapan lainnya adalah es balok. Es balok ini digunakan untuk mendinginkan ikan dan hasil tangkapan lainnya sehingga kesegaran ikan dan hasil tangkapan lainnya dapat dijaga dan nilai ekonomis atau harga jual ikan dan tangkapan lainnya tersebut dapat tetap tinggi. Saat ini nelayan Desa Muntai mendapatkan es balok di ibukota Kabupaten Bengkalis yang berjarak kurang lebih 70 km atau sekitar 2 jam berkendara dari Desa Muntai, hal ini dapat menyebabkan es balok dapat mencair sebagian dan biaya transportasi yang

dikeluarkan oleh nelayan untuk membeli es balok tersebut.

Kebutuhan es blok rata-rata yang dibutuhkan oleh nelayan Desa Muntai sebesar 2-3 ton perhari, sehingga jika suplai es balok dari kota kabupaten berkurang maka kualitas tangkapan yang sampai di darat juga menurun, dan berdampak kepada harga jual ikan yang menurun, yang selanjutnya pendapatan nelayan pada saat tersebut berkurang.

Hasil tangkapan nelayan desa ini biasanya akan dijual pada tempat pelelangan ikan yang disediakan oleh kecamatan, sehingga harus tersedia juga es balok untuk mendinginkan hasil tangkapan tersebut dalam menjaga kesegaran ikan dan hasil tangkapan lainnya.

Salah satu daerah yang merupakan potensial dikembangkan sebagai daerah penghasil ikan adalah Kabupaten Bengkalis yang merupakan daerah yang berada dikawasan pesisir pantai Selat Malaka, Kabupaten Bengkalis merupakan salah satu Kabupaten di Provinsi Riau. Kabupaten Bengkalis terletak secara astronomis berada diantara 2°7'37,2" sampai 0°55'33,6" Lintang Utara dan 100°57'57,6" - 102°30'25,2" Bujur Timur dan berdasarkan posisi geografisnya, Kabupaten Bengkalis memiliki batas-batas, disebelah utara berbatasan dengan Selat Malaka, disebelah selatan berbatasan dengan Kabupaten Siak dan Kabupaten Kepulauan Meranti, disebelah Barat berbatasan dengan Kabupaten Rokan Hilir, Kabupaten Rokan Hulu, dan Kota Dumai, sedangkan disebelah Timur berbatasan dengan Selat Malaka dan Kabupaten Kepulauan Meranti [3].

Berdasarkan data BPS tahun 2021 [3] jumlah rumah tangga perikanan atau nelayan dan produksi ikan pada tahun 2021 seperti tabel berikut.

Tabel 1. Jumlah rumah tangga perikanan

No	Kecamatan	Perikanan (Ton)	
		Laut	Perairan
1	Mandau		
2	Pinggir		
3	Bathin Solapan		
4	Talang Mandau		
5	Bukit Batu	23	49
6	Siak Kecil	2	25
7	Bandar Laksamana	1	32
8	Rupat	1	110
9	Rupat Utara	28	203

10	Bengkalis	166	364
11	Bantan	101	71
	Kab. Bengkalis	322	854

Sedangkan produksi ikan berdasarkan BPS tahun 2021 sebagai berikut.

Tabel 2. Jumlah tangkapan ikan laut

No	Kecamatan	Ikan Laut/Sea Fish (Ton)		
		Tangkap	Tambak	KJA
1	Mandau			
2	Pinggir			
3	Bathin Solapan			
4	Talang Mandau			
5	Bukit Batu	122	192,3	
6	Siak Kecil	63,64		
7	Bandar Laksamana	105,88	20,01	
8	Rupat	967	434,58	
9	Rupat Utara	1607,44	80,58	
10	Bengkalis	1105,26	617,98	
11	Bantan	1578,46	671,71	
	Kab. Bengkalis	5649,19	2017,46	

Dari data diatas terlihat bahwa produksi ikan di Kecamatan Bantan sebesar lebih dari 2000 Ton pertahun atau sekitar rata-rata 6 ton perhari menjadikan tantangan agar produksi tangkapan dan produksi ikan lebih banyak lagi, mengingat luasan area tangkapan ikan yang cukup luas dan luasan untuk pembuatan kolam dan tambak masih sangat luas. Kebutuhan es balok sebagai material pendingin ikan haruslah tersedia setuap saat sehingga nelayan dalam melaksanakan usahanya termudahkan dan berdampak kepada semangat nelayan untuk menangkap dan budidaya ikan lebih banyak lagi.

Kebutuhan es balok yang dibutuhkan untuk proses pendinginan ikan ini cukup besar ini untuk mendukung kualitas ini tetap baik dalam rangka kebutuhan protein bagi masyarakat Kabupaten Bengkalis dan pendapatan bagi nelayan. Ketersediaan es balok sebagai salah satu material yang digunakan oleh nelayan harus dapat

tersedia secara berkelanjutan dan dapat dijangkau oleh masyarakat dalam memperolehnya.

Pembangunan mesin balok es yang bersumber listrik dari tenaga surya merupakan salah satu alternatif penyediaan blok es bagi nelayan di Desa Muntai tersebut. Listrik yang diperoleh dari matahari dapat digunakan sebagai sumber listrik untuk kebutuhan mesin balok es. Matahari yang hampir bersinar cerah setiap harinya mulai pukul 07. Pagi hingga pukul 17 sore menjadi faktor positif untuk menghasilkan listrik tersebut. Jaringan listrik yang belum tersedia secara optimal ke wilayah tempat bersandar kapal nelayan dapat diatasi dengan menggunakan PLTS ini. Listrik yang dihasilkan oleh PLTS ini dapat digunakan untuk lampu penerang di area tempat sandar perahu nelayan dan kebutuhan lainnya.

1.2 Permasalahan

Luasan lautan daerah penangkapan ikan sangat luas tetapi sarana dan prasarana pendukung untuk meningkatkan perolehan tangkapan ikan dan pendukung lainnya sangat terbatas, penelitian ini bertujuan memberikan usulan dalam penyediaan es balok sebagai media pendingin ikan dan tangkapan nelayan lainnya. Beberapa rumusan masalah yang perlu dikaji dan dianalisis yaitu:

1. Ketersediaan es balok secara berkesinambungan (kontiniu).
2. Ketersediaan peralatan atau mesin penyedia es balok
3. Ketersediaan listrik sebagai sumber energi mesin es balok

1.3 Objective Dan Target

Tersedianya es balok secara berkesinambungan bagi nelayan Desa Muntai, sehingga beberapa target penelitian ini adalah:

1. Mengevaluasi kebutuhan es balok bagi nelayan Desa Muntai untuk proses pendinginan ikan dan tangkapan lainnya
2. Merancang sistem mesin es balok.
3. Merancang sumber listrik yang dibutuhkan mesin balok es tersebut
4. Menghitung perkiraan *investment cost* yang dibutuhkan.

1.4 Kontribusi Hasil Riset

Hasil yang diperoleh dari riset ini memberikan kontribusi pada ketersediaan es balok secara berkesinambungan bagi nelayan, mengurangi biaya dan waktu untuk pembelian balok es ke Kota Bengkalis, dan menjamin kesegaran hasil tangkapan ikan dan tangkapan lainnya. Dampak lanjutan penelitian ini akan meningkatkan pendapatan nelayan dan kandungan protein serta gizi pada ikan dan tangkapan lainnya dapat terjaga sehingga tingkat kesehatan masyarakat dapat meningkat. Disamping memberikan kontribusi langsung bagi nelayan, pembangunan PLTS di Desa Muntai ini juga mendukung program pemerintah yaitu mencapai nol emisi karbon Net Zero Emissions pada 2060, tersedianya listrik juga membantu PLN dalam penyediaan listrik bagi masyarakat.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Asesmen Kondisi Lapangan

Nelayan dan budidaya perikanan merupakan pekerjaan utama masyarakat yang bermukim di Desa Muntai, disamping sebagai nelayan masyarakat juga sebagai petani dan home industri. Belum tersedianya pabrik atau mesin pembuat es balok untuk kebutuhan nelayan dan kontinuitas suplai es balok sangat diperlukan dalam menunjang pencapaian jumlah tangkapan ikan dan produksi laut lainnya.

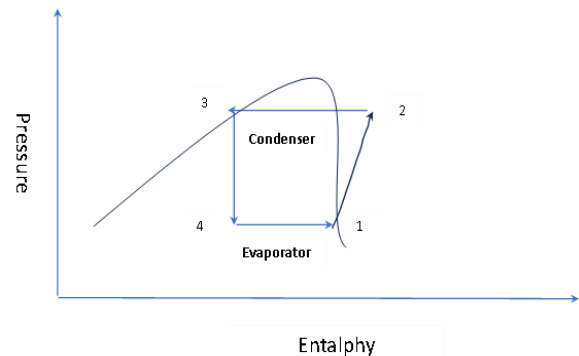
2.2 Perancangan Instalasi Sistem Mesin Es Balok

2.2.1 Prinsip Proses Pembekuan Air

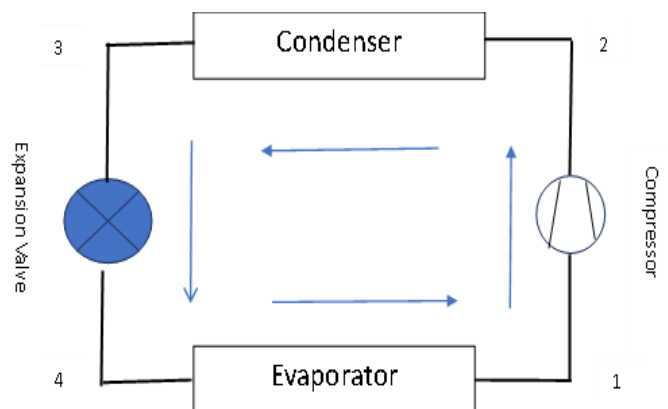
Pengkondisian atau perubahan air dari bentuk cair ke bentuk padat mengikuti langkah-langkah dalam siklus pendinginan, yang sering dikenal sebagai proses refrigerasi. Sistem refrigerasi ini merupakan suatu sistem yang dikenal sebagai kompresi uap/gas (vapor compression). Zat atau gas yang dimanfaatkan dalam sistem ini dikenal sebagai refrigerant, dan saat ini terdapat banyak jenis refrigerant yang beragam, dengan berbagai merek dagang seperti R22, R134a, HCR22, dan lainnya. Langkah-langkah dalam sistem pendinginan ini yaitu proses pengambilan panas (energi) dari media yang akan diubah menjadi padat atau dibekukan. Panas yang diambil ini kemudian dialirkan atau disimpan dalam refrigerant. Setelahnya, panas yang terdapat dalam

refrigerant akan dilepaskan ke lingkungan sekitarnya. Proses ini berulang secara terus-menerus hingga mencapai kondisi yang diinginkan, yakni terbentuknya es balok. Skema perubahan suhu dan tekanan refrigerant selama proses ini dapat dianalogikan dalam bentuk diagram tekanan-entalpi atau pun diagram suhu-entropi.

Diagram *pressure-enthalpy* proses refrigerasi seperti gambar dibawah ini



Gambar 1. Daigram Pressure-enthalpy



Gambar 2. Skema siklus proses refrigerasi pada peralatan

Ilustrasi di atas memvisualisasikan diagram p-h atau pressure – enthalpy dari siklus refrigerasi (siklus pendinginan). Sumbu y menggambarkan tekanan, sedangkan sumbu x menggambarkan entalphy. Diagram p-h ini merupakan alat yang umum digunakan untuk menganalisis dan menghitung jumlah kalor, usaha (kerja), serta perpindahan energi dalam suatu siklus refrigerasi. Satu siklus pendinginan terdiri dari dua bagian, yaitu daerah bertekanan tinggi (high side) yang ditunjukkan oleh garis 2-3, dan daerah bertekanan rendah (low side) yang ditunjukkan oleh garis 1-4. Perubahan tekanan terlihat dengan jelas dalam diagram p-h ini.

Proses pengambilan panas (energi) dari objek yang akan didinginkan oleh refrigerant terjadi di daerah evaporator, sedangkan daerah refrigerant membuang panasnya ke lingkungan sekitar di daerah kondensor. Perpindahan energi dan panas dapat dihitung sebagai perubahan "enthalpy," yang jelas tergambar dalam diagram p-h tersebut.

Gambar di atas menggambarkan skema dari sistem kompresi uap. Sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama, yakni kompresor, kondenser, perangkat ekspansi (*expansion device*), dan *evaporator*. Bagian *compressor-delivery head*, *discharge line*, *condenser*, dan *liquid line* membentuk jalur tekanan tinggi (*high-pressure side*) dalam sistem ini. Sementara bagian *expansion line*, *evaporator*, *suction line*, dan *compressor-suction head* membentuk jalur tekanan rendah (*low-pressure side*) dalam sistem tersebut.

2.2.2 Proses Kerja Peralatan

Prilaku refrigerant pada setiap komponen tercermin dalam diagram sebagai berikut:

Compressor: Refrigerant dalam bentuk gas dengan tekanan rendah dikompresikan menjadi gas dengan tekanan tinggi dengan bantuan energi eksternal (input power).

Condenser: Refrigerant dalam bentuk gas dengan tekanan tinggi diubah menjadi cairan dengan tekanan tinggi yang konstan melalui pelepasan panas ke lingkungan sekitar.

Expansion line: Refrigerant dalam bentuk cair dengan tekanan tinggi mengalami penurunan tekanan dan berubah menjadi cairan yang bercampur dengan sejumlah kecil gas. (Pembentukan gelembung gas terjadi akibat penurunan tekanan).

Evaporator: Refrigerant dalam bentuk cair diubah menjadi gas/uap dengan menyerap panas dari ruangan yang akan didinginkan

Refrigerant yang berfase gas/uap kemudian dihisap oleh kompresor dan proses sirkulasi berulang kembali. Siklus refrigerasi dan prilaku refrigerant pada mesin refrigerasi dapat diuraikan seperti berikut.

2.2.2.1 Proses Evaporasi

Proses evaporasi terjadi dalam evaporator, yang umumnya berbentuk pipa dengan sirip-sirip pelat. Refrigerant mengalami penguapan pada titik ini. Selama

mengalir melalui pipa evaporator, refrigerant menyerap panas dari udara di sekitarnya. Ini mengakibatkan pendinginan udara di area yang akan didinginkan. Proses ini berlangsung secara bertahap karena refrigerant menyerap kalor latennya selama penguapan di dalam pipa evaporator. Proses penyerapan panas ini berlangsung berkelanjutan selama pendinginan dilakukan hingga mencapai pembentukan es balok yang diinginkan.

Pada diagram yang ditunjukkan dalam gambar 1. Dan gambar 2., proses evaporasi terlihat pada proses 4-1. Dalam konteks ini, kinerja evaporator dapat diukur dengan menghitung selisih antara entalpi pada titik 1 dan titik 4:

$$q_e = h_1 - h_4 \quad (1)$$

2.2.2.2 Proses Kompresi

Refrigerant yang meninggalkan evaporator selanjutnya menuju kompresor. Di dalam kompresor, refrigerant ini akan mengalami proses kompresi, di mana tekanannya ditingkatkan hingga mencapai tingkat tekanan yang diinginkan. Kenaikan tekanan pada refrigerant ini bertujuan untuk memfasilitasi proses pelepasan panas di kondensor. Energi yang dibutuhkan untuk melakukan kompresi disediakan oleh motor listrik yang menggerakkan kompresor. Pada saat proses kompresi berlangsung, energi akan ditransfer ke dalam refrigerant yang berfase gas. Pada diagram yang digambarkan dalam gambar 2 dan 3, tahap kompresi terjadi pada proses 1-2. Performa kompresor dapat diukur dengan menghitung perbedaan entalpi antara titik 2 dan titik 1:

$$q_w = h_2 - h_1 \quad (2)$$

2.2.2.3 Proses Kondensasi

Gas refrigerant yang memiliki tekanan dan suhu tinggi setelah melewati proses kompresi dapat dengan mudah didinginkan oleh media pendingin atau udara sekitar yang berada pada suhu normal. Dalam kata lain, uap refrigerant melepaskan panas (kalor laten kondensasi) ke media pendingin atau udara sekitar kondensor, sehingga refrigerant berubah menjadi cair. Karena media pendingin atau udara mengambil panas dari refrigerant, maka media tersebut akan menjadi lebih panas saat keluar dari kondensor.

Pada diagram yang ditunjukkan dalam gambar 2 dan 3, proses kondensasi terjadi pada tahap 2-3. Kinerja kondensator dapat diukur dengan menghitung perbedaan entalpi antara titik 2 dan titik 3.

$$q_c = h_2 - h_3 \quad (3)$$

2.2.2.4 Proses Ekspansi

Refrigerant yang keluar dari kondensator selanjutnya mengalir ke katup ekspansi atau pipa kapiler. Proses yang terjadi yaitu proses penurunan tekanan sehingga refrigerant tadi mengalami proses perubahan fase dari fase cair menjadi fase uap. *Refrigerant* dari katup ekspansi kemudian mengalir kedalam evaporator, tekanannya turun dan menerima kalor penguapan dari udara, sehingga mengalami penguapan secara berangsur-angsur. Selanjutnya, proses siklus tersebut di atas terjadi secara berulang-ulang. Pada gambar 2 dan 3, proses ekspansi dapat dilihat pada proses 3-4.

2.2.2.5 Coefficient of Performance (COP)

Koefisien kinerja atau COP berhubungan dengan kapasitas pendinginan dan daya yang diperlukan dan menunjukkan konsumsi daya keseluruhan untuk beban yang diinginkan. Nilai COP yang tinggi menunjukkan konsumsi energi rendah untuk penyerapan daya pendinginan ruang yang sama untuk didinginkan. Nilai COP dapat diketahui dari perbandingan antara refrigerasi bermanfaat terhadap kerja bersih.

Tahap-tahap siklus yang telah dijelaskan di atas berlangsung secara berulang-ulang dalam sistem refrigerasi, memungkinkan transfer panas dari satu komponen ke komponen lainnya untuk mencapai efek pendinginan yang diinginkan.

2.3 Perancangan Pembangkitan Listrik PLTS

Setelah menyelesaikan perancangan mesin pembuat balok es, langkah berikutnya adalah merancang Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai sistem untuk menghasilkan tenaga listrik yang akan digunakan sebagai penggerak kompresor dan peralatan lain pada mesin pembuat balok es. Pada perancangan PLTS ini, ada beberapa aspek yang perlu diperhatikan, seperti:

1. Intensitas Matahari: Dalam merancang PLTS, perlu memperhatikan tingkat intensitas matahari di lokasi yang dituju. Ini akan mempengaruhi seberapa efisien PLTS dalam menghasilkan listrik.
2. Sudut Penangkapan Sinar Matahari: Sudut penangkapan sinar matahari oleh panel surya harus diatur agar mendapatkan paparan sinar matahari optimal sepanjang hari.
3. Pemilihan Panel Surya: Pemilihan jenis dan kapasitas panel surya sangat penting. Panel surya harus sesuai dengan kapasitas listrik yang dibutuhkan oleh kompresor dan peralatan mesin balok es.
4. Susunan Modul Solar Cell: Modul solar cell (panel surya) perlu diatur secara efisien untuk mendapatkan energi maksimal dari sinar matahari. Pengaturan ini juga harus mempertimbangkan ukuran dan bentuk area yang tersedia.
5. Inverter: Inverter digunakan untuk mengubah listrik DC (arus searah) yang dihasilkan oleh panel surya menjadi listrik AC (arus bolak-balik) yang lebih cocok untuk digunakan pada peralatan listrik.
6. Peralatan Lainnya: Selain mesin balok es, peralatan lain yang memerlukan listrik juga harus dipertimbangkan dalam perancangan sistem PLTS ini.
7. Penyimpanan Energi: Sebagian listrik yang dihasilkan dapat disimpan dalam baterai. Baterai ini akan berperan sebagai sumber cadangan ketika intensitas matahari rendah, sehingga operasi mesin balok es dapat terus berjalan.
8. Pemanfaatan Listrik: Energi listrik yang dihasilkan tidak hanya digunakan untuk menggerakkan mesin balok es, tetapi juga dapat digunakan untuk penerangan di sekitar area mesin balok es dan bahkan mungkin penerangan di daerah sandar kapal.
9. Rangkaian Instalasi Listrik: Instalasi listrik harus dirancang dengan baik dan aman, menghubungkan panel surya, inverter, baterai, dan peralatan lainnya dengan benar.

Perancangan PLTS ini penting untuk memastikan pasokan tenaga listrik yang stabil dan dapat diandalkan bagi operasi mesin pembuat balok es, serta

memaksimalkan pemanfaatan energi terbarukan dalam lingkungan tersebut.

2.3 Perancangan Susunan Seri dan Paralel Modul Surya

Penentuan jumlah modul solar panel yang disusun secara seri dan paralel dapat menggunakan persamaan dibawah ini.

- Minimum Seri = $V_{\min \text{ inverter}} / V_{\text{oc PV}}$ (4)

Minimum seri = susunan minimum modul secara seri

$V_{\min \text{ inverter}}$ = tegangan input minimum inverter

$V_{\text{oc PV}}$ = tegangan open circuit modul solar cell

- Maximum Seri = $V_{\max \text{ inverter}} / V_{\max \text{ PV}}$ (5)

Maximum Seri = maksimum susunan seri modul

$V_{\max \text{ inverter}}$ = tegangan maximum inverter

$V_{\max \text{ PV}}$ = tegangan maximum modul solar cell

- Maximum Paralel = $I_{\max \text{ inverter}} / I_{\max \text{ PV}}$ (6)

Maximum Paralel = maksimum susunan paralel

$I_{\max \text{ inverter}}$ = arus maximum input inverter

$I_{\max \text{ PV}}$ = arus maximum modul solar cell

2.3.1 Losses pada Sistem PLTS

Kerugian pada sistem PLTS terjadi ketika jumlah energi listrik yang dihasilkan oleh PLTS yang selanjutnya dialirkan tidak sebanding dengan jumlah energi yang diterima di sisi penerima [4]. Besarnya losses daya pada PLTS disajikan dalam tabel 4.

Tabel 4. Losses pada PLTS

Dengan mengacu informasi yang diberikan di atas, kita dapat menghitung total kerugian aktual daya PLTS yang akan dihasilkan.

$$P_{\text{actual}} = \{ (1-L1) \times (1-L2) \times (1-L3) \times \dots \times (1-Ln) \} \times P_{\max} \quad (7)$$

2.3.2 Perhitungan Modul Pembangkit Tenaga Surya

PLTS yang beroperasi menghasilkan energi listrik arus searah (direct current), mengambil manfaat dari radiasi foton yang berasal dari matahari. Dalam perancangan kapasitas yang dibutuhkan (W_p) panel surya, hal ini dapat ditentukan dengan mengetahui besarnya daya listrik yang diperlukan oleh beban serta intensitas radiasi matahari di lokasi pemasangan PLTS. Oleh karena itu, perhitungan jumlah modul sel surya yang diperlukan dapat dilakukan menggunakan rumus yang sesuai seperti dibawah ini

$$\text{Jumlah modul } (N_{\text{modul}}) = \text{Daya yang dibutuhkan beban } (P) / \text{Daya nominal modul surya } (P_{\text{mod}}) \quad (8)$$

N_{modul} = Jumlah modul

P = Daya yang dibutuhkan beban

P_{mod} = Daya nominal modul surya

2.3.2 Sudut Tangkap Pemasangan Modul Solar Cell

Solar cell dapat menghasilkan daya maksimum akan terjadi jika dipasang dengan sudut tegak lurus terhadap sudut datang radiasi matahari.

Kemiringan pemasangan modul surya dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\delta = 90^\circ + \text{lat} - \alpha \quad (9)$$

$$\beta = 90^\circ - \delta \quad (10)$$

dimana

δ = ketinggian sudut maksimum matahari

lat = garis lintang daerah pemasangan PLTS (lokasi) ($^\circ$)

α = sudut deklinasi matahari (23,45 $^\circ$)

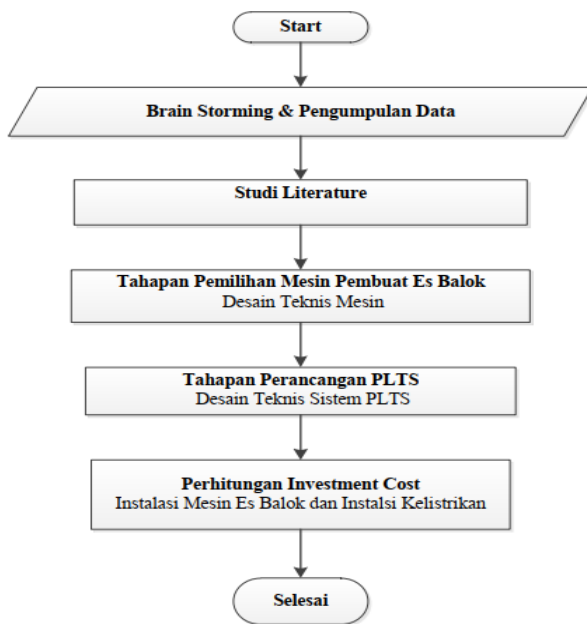
β = sudut kemiringan pemasangan panel surya ($^\circ$)

3. METODOLOGI PENELITIAN

Perancangan mesin pembuat es balok bersumber listrik tenaga matahari di area Desa Muntai Kecamatan Bantan Kabupaten Bengkalis Provinsi Riau dilaksanakan

No	Type Losses	Persentase
1	Losses Temperature (L1)	14 %
2	Mismatch (L2)	2 %
3	Losses Kabel (L3)	1,2 %
4	Inverter (L4)	3 %
5	Soiling (L5)	3 %
6	Kualitas Modul Solar Cell (L6)	1,5 %

sesuai alur berikut:



Gambar 3. Alur Metodologi Perancangan

Langkah-langkah Perancangan sistem ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Brain Storming Idea dan Pengumpulan Data

Pada tahap ini peneliti/perancang melakukan diskusi dengan pihak-pihak pemangku kepentingan seperti nelayan, perangkat desa dan melakukan pengamatan terhadap kehidupan dan perilaku nelayan dalam melakukan proses penyediaan es balok untuk penggunaan pengawetan ikan.

2. Studi Literatur

Tahap selanjutnya mengumpulkan dan memperoleh informasi melalui referensi-referensi tentang pemilihan mesin pembuat balok es dan pembangkit listrik tenaga surya.

3. Tahap Pemilihan Mesin Pembuat Es Balok

Tahap pemilihan mesin pembuat es balok, yaitu memilih mesin pembuat es balok yang tersedia di lapangan, mesin ini banyak tersedia di pasar dan dapat dengan mudah di install di lapangan dan dengan penambahan auxiliary equipment untuk mendukung pengoperasian mesin pembuat es balok.

4. Tahap Perancangan PLTS

Dilakukan tahap perancangan PLTS yang akan dibangun di areal persawahan

5. Perhitungan Biaya yang Dibutuhkan

Pada tahap ini dilakukan perhitungan perkiraan biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan sistem pengairan artificial tersebut. Perhitungan *cash flow* dan benefit tidak dilakukan, karena program ini adalah merupakan kegiatan untuk memberikan penghasilan pendapatan bagi masyarakat tersebut, untuk memenuhi kehidupan dasar masyarakat Desa Siraisan

6. Kesimpulan

Berdasarkan langkah-langkah kegiatan yang dilaksanakan diatas dapat ditarik kesimpulan dari sistem pompa air PLTS yang dirancang.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kebutuhan Balok ES

Berdasarkan Pengamatan dan diskusi dengan para nelayan di lapangan bahwa kebutuhan es balok yang dibutuhkan sekitar 3 ton perhari.

4.2 Pemilihan Mesin Refrigerant

Mesin balok es yang digunakan pada perancangan sistem ini yaitu mesin yang tersedia dipasaran, menggunakan listrik AC. Kebutuhan listrik mesin tersebut yaitu untuk :

1. Mesin produksi es balok berkapasitas 3 ton dengan daya listrik 13 kW.
2. Penerangan dan support lainnya sebesar 2 kW.

4.3 Perancangan PLTS

Panel solar cell yang dirangkai secara seri akan meningkatkan tegangan listrik sedangkan sel surya yang dirangkai secara paralel akan meningkatkan arus listrik. Matahari mulai bersinar pukul sekitar pukul 07 hingga pukul 17, dan paling efektif pukul 10 pagi hingga pukul 15 sore.

Solar Panel yang dipilih dengan spesifikasi yang tersedia di pasaran. Berikut type *photo cell* yang dipilih [6].

Tabel 5. Type Photo Cell [6]

No	Uraian	Nilai	Satuan
1	Maximun Power	260	Watt
2	Voltage at Pmax	30,7	Volt

3	Current at Pmax	8,47	Ampere
4	Open Circuit Voltage	37,7	Volt
5	Shor-Circuit Current	8,8	Ampere
6	Operating Temperature	-40 - 85	derajat Celcius
7	Maximum system voltage	1000	VDC
8	Cells	Mono Cristalline	
9	Power Tolerance	+ - 3	%

Sedangkan inverter yang dipilih dengan daya listrik sebesar minimal 13 KW berdasarkan kebutuhan tersebut maka dicari inverter yang tersedia dipasaran dan dipilih three phase on-grid solar inverter dengan type JO-15K-T2 dengan rated output 15 KW, diproduksi Jhonray [6].

Tabel 6. Spesifikasi Inverter

Input Data (DC)		
Max DC Power	19,2	Kilo Watt
Max. DC Volatge	1100	Volt
Rated DC Volatge	200-1000	Volt
Number of MPPT / Strings per MPPT:	2 / 1+2	Volt
Max. Current per MPPT:	14 A / 28 A	Ampe re
Max. Short Circuit Current per MPPT:	18 A / 36 A	Volt
Output Data (AC)		
Max AC Power	16,5	Kilo Watt
Rated AC Power	15	Kilo Watt
Rated AC Volatge	380/400 V / ±20%	Volt
Max. AC Current	21	Ampe re
Rated. AC Current	22	Ampe re
Max. AC Current	24	Ampe re

Frequency	50/60 Hz / ±5Hz	Hertz
Power Factor (cos phi)	-0.8~+0.8 (adjustable)	
Distortion (THD)	<3 (Nominal Output)	%
Max Efficiency	98,2	%

4.3.1 Perancangan Susunan Seri dan Paralel Modul PLTS

- Minimum Seri = $V_{\min \text{ inverter}} / V_{\text{oc PV}}$
 Minimum seri = $200 / 37,7 = 6$ unit
- Maximum Seri = $V_{\max \text{ inverter}} / V_{\max \text{ PV}}$
 Maximum Seri = $1100 / 30,7 = 36$ unit
- Maximum Paralel = $I_{\max \text{ inverter}} / I_{\max \text{ PV}}$
 Maximum Paralel = $24 / 8,47 = 3$ unit

4.3.2 Losses pada sistem PLTS

Rugi-rugi (losses) PLTS = $\{(1-0,14) \times (1-0,02) \times (1-0,012) \times (1-0,03) \times (1-0,03) \times (1-0,015)\}$
 $= 0,771$
 Sehingga $P_{\text{actual}} = 0,771 \times 260 = 200,6 \text{ Wp}$

4.3.3 Perhitungan Modul Pembangkit Tenaga Surya

Jumlah modul (N_{modul}) = Daya yang dibutuhkan beban (P) / Daya nominal modul surya (P_{mod})
 $N_{\text{modul}} = 15000 / 200,6 = 75$
 Jumlah modul solar cell yang dibutuhkan 75 Modul, karena terdapat 3 string paralel, maka satu stringnya 25 modul cell, sehingga jumlah modul cell sebanyak 75 unit.

4.3.4 Sudut Tangkap Pemasangan Modul Solar Cell

Kemiringan pemasangan modul surya dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

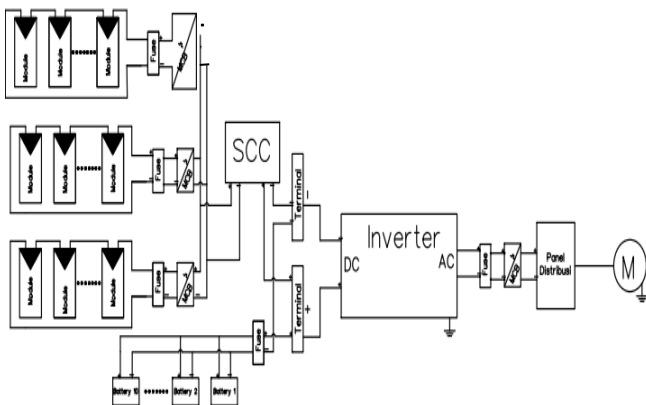
$$\begin{aligned} \alpha &= 90^\circ + \text{lat} - \delta \\ \beta &= 90^\circ - \alpha \\ \alpha &= 90^\circ + \text{lat} - \delta \\ &= 90 + 1,52^\circ - 23,45^\circ \\ &= 68,07 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta &= 90^\circ - \alpha \\ &= 90 - 68,07 \\ &= 21,93^\circ \end{aligned}$$

Kemiringan optimal panel surya yang dipasang Di Desa Muntai Kecamatan Bantan Kabupaten Bengkalis adalah sebesar 21,93°.

4.4 Rangkaian Listrik PLTS

Design rangkaian komponen PLTS sebagai power supplai mesin balok es di areal nelayan Desa Muntai, dapat dijelaskan sebagai berikut, modul surya disusun menjadi tiga string, setiap string terdiri atas 22 modul, modul surya pada setiap string disusun secara seri. Ketiga string tersebut kemudian diaparalel untuk mendapatkan tegangan dan arus yang dipersyaratkan untuk mendapatkan daya yang dibutuhkan menjalankan mesin pembuat balok es, sehingga total modul surya yang digunakan sebanyak 66 modul. Selanjutnya rangkaian yang keluar dari modul surya masuk ke solar change controller. Selanjutnya daya DC yang dihasilkan akan masuk ke inverter untuk diubah menjadi daya AC. Listrik dengan daya yang cukup dan tegangan AC sudah dapat digunakan oleh motor-motor untuk dapat menggerakkan equipment mesin pembuat balok es jika mesin balok es sudah selesai beroperasi maka listrik yang dihasilkan oleh modul solar cell dapat disimpan pada batterai atau listrik AC nya dapat digunakan untuk menggerakkan peralatan listrik lainnya. Detail rangkaian peralatan PLTS dapat dilihat seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 4. Rangkaian Peralatan PLTS

4.4 Mesin Pembuat Balok Es

Mesin balok es dipilih dengan kapasitas 3 Ton yang ada dipasaran, salah satunya yitu mesin yang diproduksi oleh PT. Koller Indonesia seperti berikut [8],



Gambar 5. Mesin es balok kapasitas 3 ton perhari

dengan kebutuhan sebesar 13 kW dengan tegangan 380 VAC.

4.5 Kebutuhan Biaya yang Dibutuhkan

Harga satuan perancangan ini diperoleh melalui aplikasi Tokopedia, yang bisa diakses secara umum, berdasarkan spesifikasi dan kebutuhan equipment maka dapat dilakukan perkiraan biaya yang dibutuhkan untuk mengimplementasikan perancangan ini. Perkiraan kebutuhan biaya seperti pada tabel dibawah ini

Tabel 7. Kebutuhan Biaya

No	Uraian Equipment	Jlh.	Sat.	Harga (Rp)	Total (Rp)
A	Material				
1	Mesin pembuat balok es	1	unit	421.800.000	421.800.000
2	Sistem Pemipaan				
3	Pipa PVC 4 inchi 315 meter	315	meter	36.000	11.340.000
4	Pipa PVC 4 inchi 30 meter	20	meter	84.500	1.690.000
5	Filter inlet	1	pc	265.000	265.000
6	Valve Inlet 4 inch	1	pc	472.500	472.500
7	Check Valve 4 inchi	1	pc	530.000	530.000
8	T Connection 4 inch			250.000	250.000
9	Modul Solar Cell 260 Wp			2.600.000	195.000.00
	Inverter Jhonray 15 kW 380 Volt	1	unit	6.700.000	6.700.000

11	Solar Charge Controller-15000W 380 V	1	Unit	21.000.000	21.000.000
12	Cable 4 mm	100	meter	7.500	750.000
13	MCB 16 A	2	unit	50.000	100.000
14	MCB 40 A	1	unit	502.000	502.000
15	Fuse	5	pc	25.000	125.000
16	Battery 12 V DC 65 AH	10	unit	650.000	6.500.000
17	Consumable material elektrik (socket, isolasi, paku dan lain-lain)	1	Lot	2.000.000	2.000.000
18	Consumable material Mekanik(Lem Pipa, perekat connector dll)	1	lot	2.000.000	2.000.000
B Jasa					
1	Biaya Instalasi Mesin pencetak balok es	1	Lot	6.500.000	6.500.000
2	Biaya Instalasi PLTS dan elektrikal system	1	Lot	5.000.000	5.000.000
3	Biaya Transportasi dan Penyimpanan Peralatan	1	Lot	2.500.000	2.500.000
4	Management Fee dan Lainnya	1	lot	65.000.000	65.000.000
C Jumlah					750.497.000
D PPN11 %					82.554.670
E Total					833.051.670

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Perancangan mesin balok es dan PLTS yang akan dipasang di areal Desa muntai Kecamatan Bantan Kabupaten Bengkalis Provinsi Riau dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Mesin balok es yang dirancang yaitu mesin balok es berkapasitas 3 ton perhari , berdaya listrik 13 000 watt tiga phase tegangan 380 V AC
2. PLTS yang diperlukan untuk dapat menggerakkan pompa dengan spesifikasi, jumlah modul solar cell yang dibutuhkan sebanyak 66 unit, dan terdapat 3 string yang

diparalel, setiap string berisi 22 modul solar cell yang diseri.

3. Kebutuhan biaya untuk pembagunan pompa beserta PLTS sebesar Rp 833.051.670,00.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] <https://www.siloamhospitals.com/informasi-siloam/artikel/mengenal-fungsi-protein>
- [2] Permenkes RI No 28 tahun 2019
- [3] KABUPATEN BENGKALIS DALAM ANGKA 2022, Badan Pusat Statistik Kabupaten Bengkalis, KATALOG/CATALOG: 1102001.1408
- [4] Ogik Azis Bukhori, I Nyoman Setiawan, I Wayan Arta Wijaya, " Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Suplai Daya Pompa Air Submersible Inoto 2 Hp Di Dusun Leran" Jurnal SPEKTRUM Vol. 8, No. 4 Desember 2021
- [5] Amrullah, Zuryati Djafar, Wahyu H. Piarah (September 2017), Analisa kinerja mesin refrigerasi rumah tangga dengan variasi refrigeran, Jurnal Teknologi Terapan | Volume 3, Nomor 2, September 2017, <https://jurnal.polindra.ac.id/index.php/jtt/article/viewFile/55/23>
- [6] www.jarwinn.com
- [7] www.tokopedia.com
- [8] www.indotrading.com
- [9] <https://id.aliexpress.com/item/4000147879949.html>
- [10] <https://www.johnrayenergy.com/products/21>
- [11] Sastradiangga, I.M.A, Giriantari, I.A.D, Sukerayasa, I.W. 2020. "Solar PV Plant as a Replacement for Power Supply of Irrigation Water Pump". International Journal of Engineering and Emerging Technology Vol. 5, No.2
- [12] Larasakti, A. A., Himran, S., & Syamsul, A., " Pembuatan dan Pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Turbin Banki Daya 200 Watt", Jurnal Mekanikal, Vol. 3 No. 1, pp 245-253, 2012
- [13] PT. Teach Integration, Siklus Refrigerasi, <https://teachintegration.wordpress.com/hvac-forum/basic/siklus-refrigerasi/>
- [14] I Made Suradita, Achmad Wibolo, I Dewa Made Susila, "Pengembangan rancangan mesin es balok kristal dengan bantalan bio-PCM", Politeknik Negeri Bali, September 2022