

**SEACELL (SEA WATER ELECTROCHEMICAL CELL)
PEMANFAATAN ELEKTROLIT AIR LAUT
MENJADI CADANGAN SUMBER ENERGI LISTRIK TERBARUKAN
SEBAGAI PENERANGAN PADA SAMPAN**

Siti Fariya¹, Sri Rejeki²

¹Program Pascasarjana, Fakultas Teknologi Kelautan ITS-Surabaya.

¹Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Mineral dan Kelautan ITATS-Surabaya

E-mail: siti.fariya@yahoo.com

²Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan ITS-Surabaya

E-mail: sri_rejeki@na.its.ac.id

Abstrak: Konsumsi Minyak cenderung meningkat dari tahun ke tahun. Dari ancaman ini, pakar energi memperkirakan, bahwa bahan bakar fosil yang dikonsumsi akan habis pada waktu tertentu. Bahan bakar diesel adalah bahan bakar yang digunakan oleh nelayan untuk menghidupkan genset di laut. Namun, kehadiran bahan bakar diesel saat ini terbatas dan mahal. Selain itu, bahan bakar diesel dapat menyebabkan emisi karbon, dan emisi yang dihasilkan termasuk SO_x, NO_x, CO, HC, dan debu partikulat. Pada saat ini, solusi untuk menggantikan diesel dengan biodiesel. Keberadaan biodiesel bukan merupakan solusi yang tepat karena harga tidak jauh berbeda dari matahari itu. Sehingga diperlukan solusi yang tepat untuk menggantikan bahan bakar minyak, seperti bahan bakar diesel. Di sisi lain, air laut merupakan campuran dari 96,5% air murni dan 3,5% material lainnya seperti garam dan gas-gas terlarut. Pada dasarnya, air laut mengandung senyawa NaCl tinggi dan oleh H₂O didekomposisi menjadi Na⁺ dan Cl⁻. Dengan keberadaan partikel bebas, dapat menghasilkan listrik. Munculnya arus listrik oleh muatan bebas dapat digunakan sebagai sumber energi listrik yang murah dan ramah lingkungan dengan sel metode volta. Sel volta dapat mengubah energi kimia yang timbul dari reaksi Na⁺ dan Cl⁻ menjadi energi listrik. Oleh karena itu penulis memberikan solusi yang bernama adalah "SEACELL (Sea Water Electro Chemical Cell): Pemanfaatan Elektrolit Air Laut Menjadi Sumber Terbarukan Energi Listrik sebagai perubahan Generator Set untuk pencahayaan di Sampan". Desain SEACELL dibuat dengan sistem terbuka untuk ion dari air laut terus mengalir selama operasi SEACELL. Cara kerja SEACELL adalah ketika air laut masuk dan mengalir ke SEACELL, ion dari garam NaCl terkandung dalam air laut terurai menjadi Na⁺ dan Cl⁻ sehingga dihasilkan anoda dan katoda reaksi. Ion negatif dari garam akan mengoksidasi Pb elektroda, menyebabkan perbedaan potensial antara elektroda Pb dengan larutan NaCl. Hal itulah yang menyebabkan arus listrik. Tegangan yang dihasilkan dari SEACELL secara teoritis mampu 15 volt per 1 kg air laut

Kata kunci: bahan bakar oli, bahan bakar diesel, air laut, sel voltaic

Abstract: The Petroleum consumption tends to increase from year to year. From this threat, energy experts estimate, that fossil fuels will run out at a certain time consumed. Diesel fuel is the fuel used by fishermen to turn on the generator set at sea. However, the presence of diesel fuel is currently limited and expensive. Besides that, diesel fuel can cause carbon emissions, and the resulting emissions include SO_x, NO_x, CO, HC, and particulate dust. For this time, the solution there is to replace diesel with biodiesel. The existence of biodiesel is not an appropriate solution because the prices are not much different from the solar. So that required an appropriate solution to replace fuel oil, like diesel fuel. On the other hand, sea water is a mixture of 96.5% pure water and 3.5% other materials such as salts and dissolved gases. Basically, the sea water contains a compound of high NaCl and by H₂O is decomposed into Na⁺ and Cl⁻. With the existence of free particles, it can generate electricity. The emergence of electric current by the free charge can be used as a

source of electrical energy that is cheap and environmentally friendly with method voltaic cells. Ties voltaic can convert chemical energy arising from the reaction of Na^+ and Cl^- into electrical energy. Therefore, the authors provide a solution that named is "SEACELL (Sea Water Electro Chemical Cell): Utilization of Electrolyte of Sea Water Being Renewable Sources of Energy Electrical as change Generator Set to Lighting on Sampan". Design SEACELL made with an open system for the ions of sea water keep flowing during operation SEACELL. How it works SEACELL is when the sea water entering and flowing into the SEACELL, ion of the salt NaCl terkandung in sea water breaks down into Na^+ and Cl^- so resulting the anode and cathode reaction. Negative ions from the salt will oxidize Pb electrode, causing a potential difference between electrode Pb with NaCl solution. That's the thing that causes an electrical current. Voltage generated from SEACELL theoretically capable of 15 volts per 1 kg of sea water.

Key words : fuel oil, diesel fuel, sea water, voltaic cell

PENDAHULUAN

Minyak bumi sangat dibutuhkan sebagai sumber energi dan pemanfaatannya dapat menyejahterakan kehidupan manusia. Umumnya minyak bumi digunakan dalam proses industri, listrik, dan transportasi. Salah satu sumber energi dari minyak bumi adalah solar. Pemakaian minyak bumi cenderung meningkat dari tahun ke tahun. Hal ini menyebabkan cadangan energi fosil semakin hari semakin berkurang. Karena kondisi itulah, pakar energi memperkirakan bahwa energi fosil pada waktu tertentu akan habis dikonsumsi. Perkiraan yang ekstrim menyebutkan bahwa minyak bumi akan habis jika dikonsumsi terus menerus selama 200 tahun. Peningkatan tertinggi justru terjadi pada konsumsi bahan bakar solar yang kebutuhan per harinya mencapai 460 ribu barel atau 73,14 juta liter per hari (Hamdi, 2005).

Solar merupakan bahan bakar yang digunakan oleh para nelayan untuk menghidupkan generator set (genset) pada saat melaut. Namun, keberadaan solar saat ini sangat terbatas sehingga menyebabkan harga solar mahal. Hal tersebut dapat merugikan para nelayan yang pendapatannya cukup rendah. Selain keberadaan solar yang semakin terbatas, bahan bakar solar yang digunakan pada generator set dapat menyebabkan emisi gas karbon. Emisi yang dikeluarkan dari gas buang genset

antara lain SO_x , NO_x , CO, HC, dan partikulat debu. Parameter pencemaran udara untuk gas CO dan NO_2 dianalisis karena gas ini memiliki prosentase yang cukup besar dalam pencemaran udara. Gas tersebut cukup berbahaya bagi kesehatan manusia bahkan dapat menyebabkan kematian apabila berada di atas standar baku mutu. Efeknya terhadap kesehatan yaitu CO mempunyai daya ikat yang tinggi terhadap Hb dalam aliran darah sehingga dapat menghalangi masuknya O_2 dalam darah. Konsentrasi gas NO_2 yang tinggi dapat menyebabkan gangguan pada sistem saraf yang mengakibatkan kejang-kejang. Bila keracunan ini terus berlanjut akan dapat menyebabkan kelumpuhan (Kris Tri Basuki, 2007). Hal ini sangat berbahaya apabila generator set digunakan secara terus menerus oleh nelayan.

Solusi selama ini dalam menghadapi permasalahan tersebut yaitu mengganti solar dengan biodiesel. Adanya biodiesel tidak memberikan solusi yang tepat bagi para nelayan karena harganya tidak jauh berbeda dengan solar yaitu sekitar Rp 5.000 per liter dan keberadaannya dikhususkan untuk kendaraan bermotor. Emisi gas karbon yang dihasilkan biodiesel hampir sama dengan solar sekitar 11 % dari total gas buang (Mangku Sitepoe, 2005). Terbatasnya keberadaan solar dan biodiesel menyebabkan nelayan menggunakan minyak tanah untuk menghidupkan genset. Pada hal, keberadaan minyak

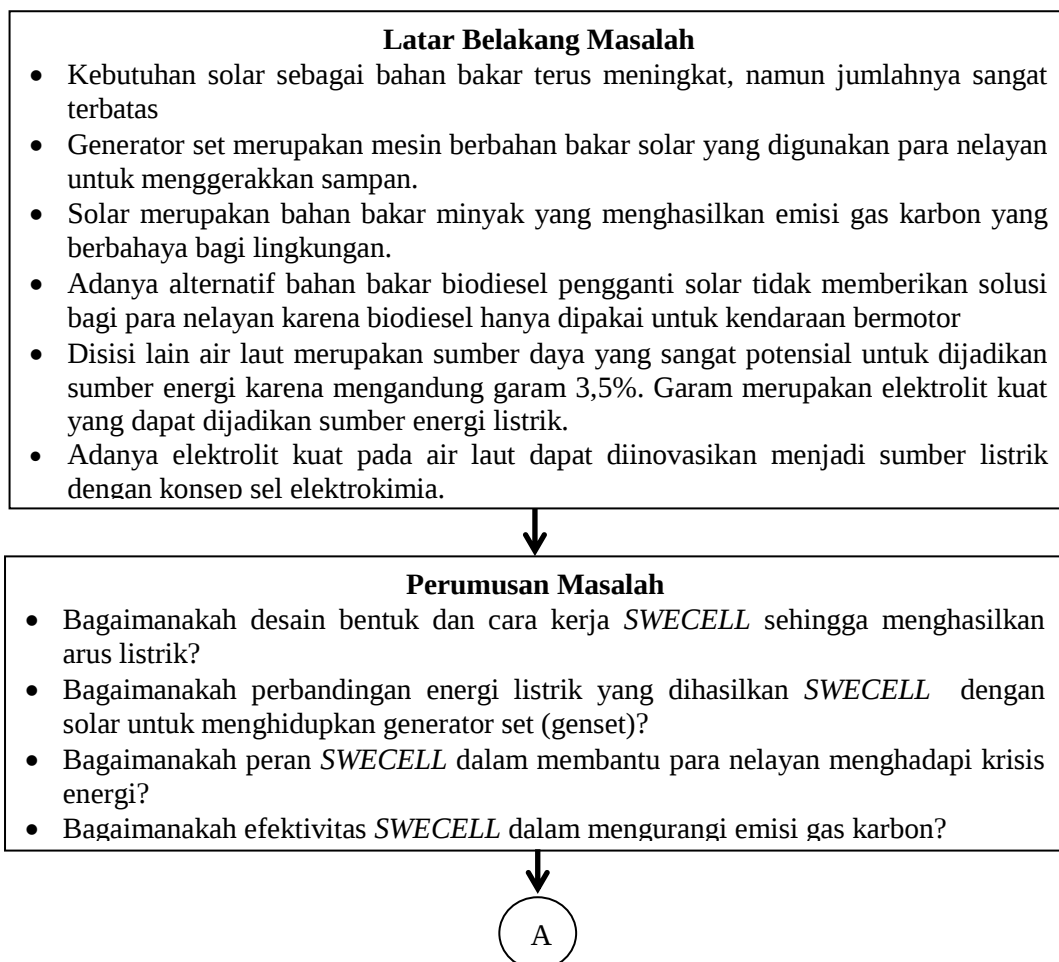
tanah sangat terbatas dan harganya relatif lebih mahal yaitu sekitar Rp 6.000,00 per liter (Darsono, 2009). Menurut Mangku Sitepoe (2005), emisi gas karbon yang dihasilkan oleh minyak tanah yaitu sekitar 75 % dari total gas buang. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan minyak tanah lebih berbahaya dibandingkan solar. Oleh karena itu, dibutuhkan solusi yang tepat dalam mengganti bahan bakar solar untuk menjalankan generator set (genset).

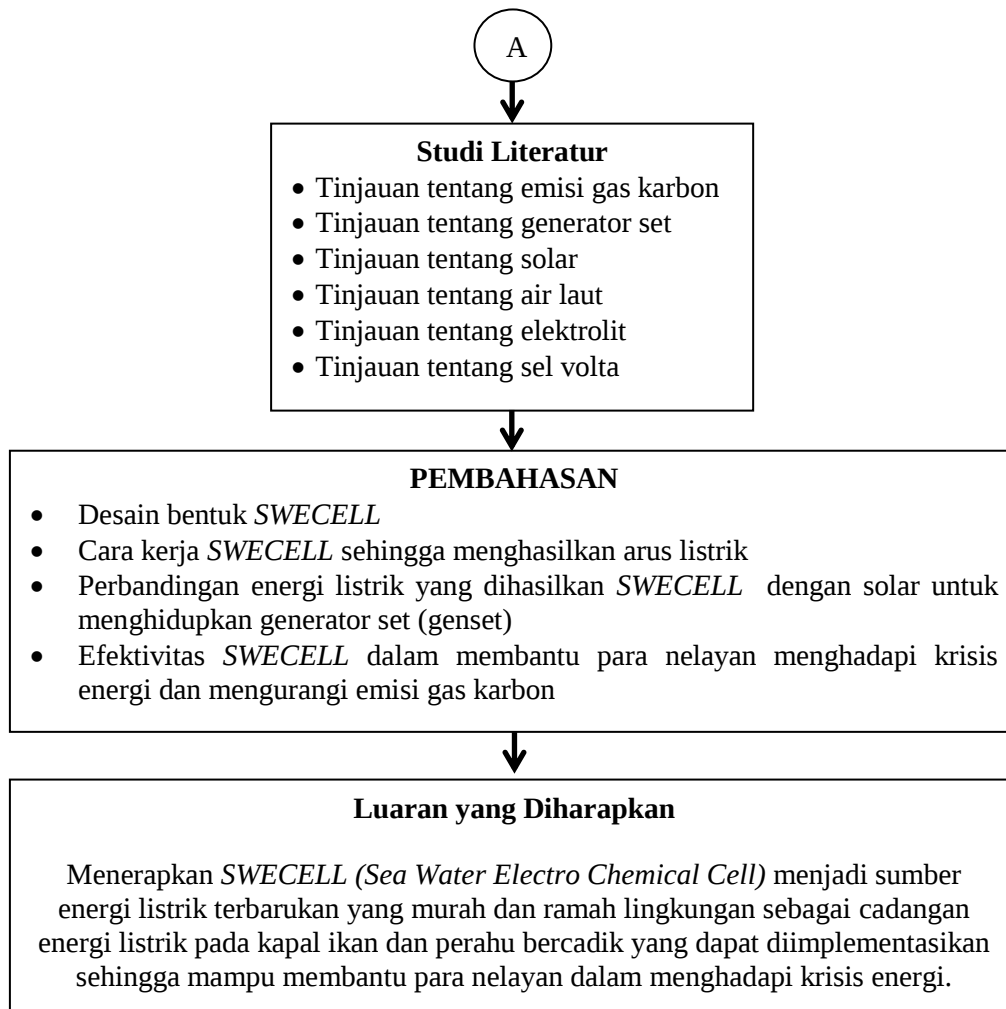
Di sisi lain, air laut merupakan sumber daya alam yang dapat dijadikan sumber energi terbarui. Laut adalah kumpulan air asin yang luas dan berhubungan dengan samudra. Air di laut merupakan campuran dari 96,5% air murni dan 3,5% material lainnya seperti garam-garaman, gas-gas terlarut, bahan-bahan organik dan partikel-partikel tak terlarut. Sifat-sifat

fisis utama air laut ditentukan oleh 96,5% air murni. Pada dasarnya, air laut mengandung senyawa NaCl yang tinggi dan oleh H_2O diuraikan menjadi Na^+ dan Cl^- . Dengan adanya partikel muatan bebas itu, maka timbul arus listrik (Kuwahara, 2001). Timbulnya arus listrik oleh muatan bebas tersebut dapat dipakai sebagai sumber energi listrik yang murah dan ramah lingkungan dengan menggunakan metode sel volta. Sel volta dapat mengubah energi kimia yang timbul dari reaksi Na^+ dan Cl^- menjadi energi listrik. Melihat potensi yang dimiliki oleh air laut tersebut diharapkan dapat membantu kesulitan para nelayan dalam menghadapi krisis BBM.

Identifikasi Masalah

Identifikasi masalahnya bisa dilihat pada bagan berikut:





Rumusan masalah dari penelitian ini adalah: (a) Bagaimanakah desain bentuk dan cara kerja *SEACELL* sehingga menghasilkan arus listrik? (b) Bagaimanakah perbandingan energi listrik yang dihasilkan *SEACELL* dengan generator set (genset)? (c) Bagaimanakah peran *SEACELL* dalam membantu para nelayan menghadapi krisis energi? (d) Bagaimanakah efektivitas *SEACELL* dalam mengurangi emisi gas karbon?

Tujuan dari penelitian ini adalah: (a) Menganalisis desain bentuk dan cara kerja *SEACELL* sehingga menghasilkan arus listrik. (b) Membandingkan energi listrik yang dihasilkan oleh *SEACELL* dengan solar untuk menghidupkan generator set (genset). (c) Menganalisis peran *SEACELL* dalam membantu para nelayan

menghadapi krisis energi. (d) Menganalisis efektivitas *SEACELL* dalam mengurangi emisi gas karbon.

Manfaat dari penelitian ini adalah: (a) Memberikan alternatif sumber energi listrik terbarukan yang hemat biaya dan ramah lingkungan. (b) Memberikan alternatif solusi permasalahan krisis energi yang dialami para nelayan. (c) Mengurangi dampak pencemaran lingkungan akibat emisi gas karbon yang dapat ditimbulkan dari pembakaran BBM. (d) Sebagai bahan masukan bagi pemerintah untuk mengembangkan air laut agar dapat dimanfaatkan sebagai salah satu sumber energi listrik sebagai langkah antisipasi terhadap kelangkaan minyak solar dan penghematan energi.

METODE

Emisi Gas Karbon

Sumber Emisi gas karbon dari pembakaran BBM tidak hanya bersumber

edari kendaraan bermotor, tetapi juga bersumber dari proses industri. Berikut data mengenai distribusi emisi gas karbon berdasarkan sumber pembakaran ditampilkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Sumber emisi gas karbon

Sumber	Polusi (Juta Ton Per Tahun)				
	CO	SOX	HC	NOX	Total
Transparan	69,1	0,9	7,8	9,1	88,3
Pembakaran bahan bakar	2,1	19,0	0,2	10,6	33,3
Proses industri	5,8	3,8	10,8	0,7	24,8
Pembuangan limbah padat	2,2	0,0	0,6	0,1	3,3
Kebakaran hutan dan pertanian	6,2	0,0	2,4	0,2	9,7
Total	85,4	23,7	21,8	20,7	159,4

(Sumber: Howard S. Peavy, 2005)

Dari Tabel 1. terlihat sumber emisi gas karbon terbesar adalah transportasi. Hal ini diakibatkan oleh jumlah manusia yang semakin meningkat sehingga jumlah kendaraan bermotor juga semakin bertambah. Sedangkan penghasil emisi gas karbon ke-2 bersal dari pembakaran bahan bakar. Pembakaran bahan bakar ini bersumber dari penggunaan minyak tanah oleh rumah tangga dan penggunaan bahan bakar solar oleh nelayan.

Air Laut

Laut adalah kumpulan air asin yang luas dan berhubungan dengan samudra. Air di laut merupakan campuran dari 96,5% air murni dan 3,5% material lainnya seperti garam-garaman, gas-gas terlarut, bahan-bahan organik dan partikel-partikel tak terlarut. Sifat-sifat fisis utama air laut ditentukan oleh 96,5% air murni. Pada dasarnya, air laut mengandung senyawa NaCl yang tinggi dan oleh H₂O diuraikan menjadi Na⁺ dan Cl⁻ (Kuwahara, 2001).

Laut, menurut sejarahnya, terbentuk 4,4 milyar tahun yang lalu, dimana awalnya bersifat sangat asam dengan air yang mendidih (dengan suhu sekitar 100°C) karena panasnya bumi pada saat itu.

Asamnya air laut terjadi karena saat itu atmosfer bumi dipenuhi oleh karbon dioksida. Keasaman air inilah yang menyebabkan tingginya pelapukan yang terjadi yang menghasilkan garam-garaman yang menyebabkan air laut menjadi asin seperti sekarang ini (Kuwahara, 2001).

Secara perlahan-lahan, jumlah karbon dioksida yang ada di atmosfer mulai berkurang akibat terlarut dalam air laut dan bereaksi dengan ion karbonat membentuk kalsium karbonat. Akibatnya, langit mulai menjadi cerah sehingga sinar Matahari dapat kembali masuk menyinari bumi dan mengakibatkan terjadinya proses penguapan sehingga volume air laut di bumi juga mengalami pengurangan dan bagian-bagian di bumi yang awalnya terendam air mulai kering. Proses pelapukan batuan terus berlanjut akibat hujan yang terjadi dan terbawa ke lautan, menyebabkan air laut semakin asin (Kuwahara, 2001).

Elektrolit

Elektrolit adalah suatu zat yang larut atau terurai ke dalam bentuk ion-ion dan selanjutnya larutan menjadi konduktor elektrik, ion-ion merupakan atom-atom bermuatan elektrik. Elektrolit bisa berupa

air, asam, basa atau berupa senyawa kimia lainnya. Elektrolit umumnya berbentuk asam, basa atau garam. Beberapa gas tertentu dapat berfungsi sebagai elektrolit pada kondisi tertentu misalnya pada suhu tinggi atau tekanan rendah. Elektrolit kuat identik dengan asam, basa, dan garam kuat. Elektrolit merupakan senyawa yang berikatan ion dan kovalen polar. Sebagian besar senyawa yang berikatan ion merupakan elektrolit sebagai contoh ikatan ion NaCl yang merupakan salah satu jenis garam yakni garam dapur. NaCl dapat menjadi elektrolit dalam bentuk larutan dan lelehan atau bentuk liquid dan aqueous. Sedangkan dalam bentuk solid atau padatan, senyawa ion tidak dapat berfungsi sebagai elektrolit (Underwood, 1999). Macam-macam elektrolit antara lain sebagai berikut:

Rendaman Asam Dengan Garam Sederhana

Biasanya rendaman selalu mengandung garam dari logam yang akan didapatkan/dilapiskan. Sebaiknya dipilih garam-garam yang mudah larut namun anion dari garam tersebut tidak mudah tereduksi. Walaupun anion tidak ikut secara langsung dalam proses terjadinya pelapisan, tetapi jika menempel pada permukaan katoda akan mengalami gangguan bagi struktur endapan. Aktivitas dari ion logam ditentukan oleh konsentrasi dari garam logamnya, derajat disosiasi, dan konsentrasi komponen lain yang ada di dalam rendaman. Jika konsentrasi logamnya tidak mencukupi untuk diendapkan, akan terbentuk endapan yang terbakar pada rapat arus yang relatif rendah (Underwood, 1999).

Adanya ion klorida di dalam rendaman yang bersifat asam mempunyai dua fungsi utama. Pertama, akan memudahkan terkorosinya anoda atau mencegah pasivasi anoda. Kedua, akan menaikkan koefisien difusi dari ion logamnya berarti

menaikkan batas rapat arus (*limiting current density*) (Underwood, 1999).

Rendaman yang Mengandung Garam Kompleks

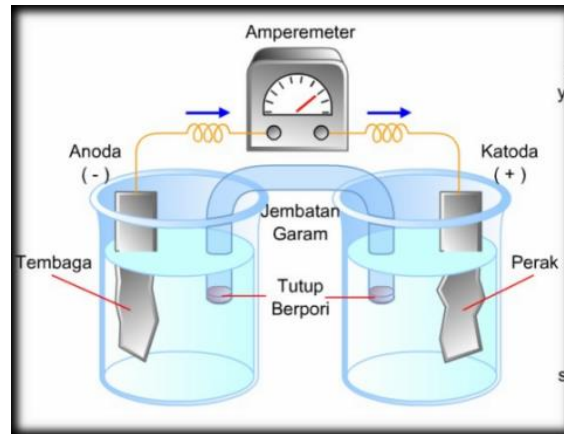
Garam kompleks yang sering digunakan dalam proses lapis listrik adalah sianida. Karena sianida kompleks terdekomposisi oleh asam, maka rendaman harus bersifat alkali (basa). Adanya natrium atau kalium hidroksida akan memperbaiki konduktivitas dan mencegah liberasi dari asam hidrosianat oleh CO₂ yang masuk ke dalam rendaman dari udara (Underwood, 1999).

Buffer (Penyangga) dan Komponen Lainnya

Di samping garam logamnya sebagai komponen utama, rendaman juga mengandung komponen lain, misalnya komponen yang berfungsi sebagai penyangga (mengatur pH); misal untuk rendaman nikel digunakan asam borat sebagai buffer 8,5. Sedangkan penambahan asam sulfat pada rendaman tertentu akan menaikkan konduktivitas dan mencegah hidrolisa (Underwood, 1999).

Sel Volta

Pada sel volta, reaksi kimia bersifat spontan dan menghasilkan arus listrik. Katode merupakan kutub positif dan anode merupakan kutub negatif. Contoh: penggunaan baterai dan aki. Penemuan bahwa reaksi kimia dapat menghasilkan energi listrik oleh Alessandro Volta (1745-1827) berdasarkan eksperimen Luigi Galvani (1737-1798). Rangkaian alat yang menghasilkan arus listrik dari reaksi kimia selanjutnya disebut sel Volta. Reaksi kimia tersebut hanya terjadi pada reaksi redoks yang berlangsung spontan. Sel Volta mempunyai elektrode logam yang dicelupkan ke dalam larutan garamnya.

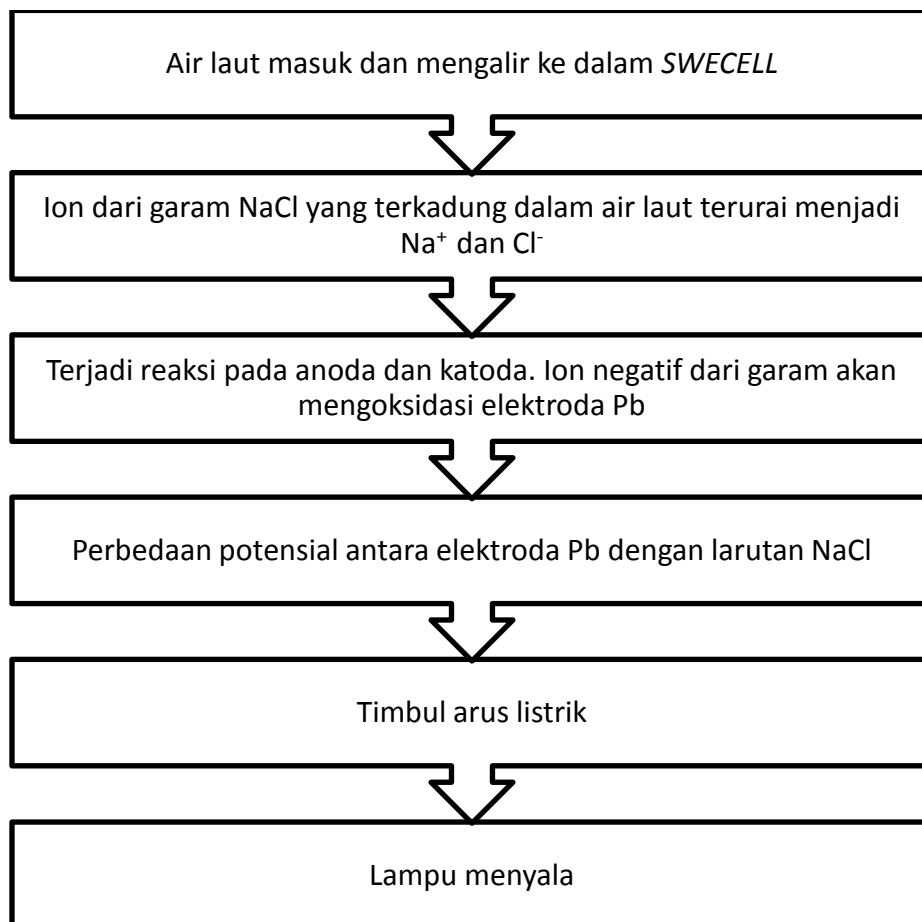


Gambar 1. Sel Volta

Cara Kerja SEACELL

Dalam sebuah *SEACELL* berlangsung proses elektrokimia yang reversibel (bolak-balik). Yang dimaksud dengan

proses elektrokimia reversibel yaitu di dalam *SEACELL* saat dipakai berlangsung proses pengubahan kimia menjadi tenaga listrik.



Gambar 2. Bagan cara kerja *SEACELL*

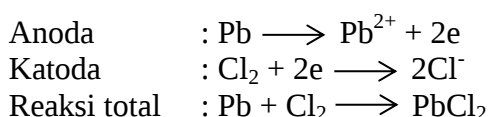
Secara fisik *SEACELL* ini terdiri dari dua kumpulan pelat yang dimasukkan pada larutan garam natrium klorida (NaCl) yang diambil dari air laut. Larutan elektrolit itu ditempatkan pada wadah atau gelas. Kedua belah pelat terbuat dari timbal (Pb), dan ketika pertama kali dimuati maka akan terbentuk lapisan timbal oksida (PbCl_2) pada pelat positif.

Letak pelat positif dan negatif sangat berdekatan tetapi dibuat untuk tidak saling menyentuh dengan adanya lapisan pemisah yang berfungsi sebagai isolator (bahan penyekat).

Reaksi Kimia

Pada saat *SEACELL* digunakan, tiap molekul natrium klorida (NaCl) pecah menjadi ion natrium yang bermuatan positif (Na^+) dan ion klorida yang bermuatan negatif (Cl^-). Tiap ion Cl^- yang berada dekat lempeng Pb akan bersatu dengan satu atom timbal murni (Pb) menjadi timbal II klorida (PbCl_2) sambil melepaskan dua elektron. Sedangkan ion natrium tidak mengalami reaksi karena termasuk golongan alkali I.

Dari proses ini terjadi pengambilan elektron dari PbCl_2 (sehingga menjadi positif) dan memberikan elektron itu pada timbal murni (sehingga menjadi negatif), yang mengakibatkan adanya beda potensial listrik di antara dua kutub tersebut. Proses tersebut terjadi secara simultan, reaksi secara kimia dinyatakan sebagai berikut.



Di atas ditunjukkan terbentuknya timbal klorida selama penggunaan. Sistem yang digunakan dalam proses ini adalah sistem kontinyu. Maksud dari sistem kontinyu adalah bahwa air yang digunakan dalam kondisi mengalir (ada yang masuk dan keluar).

Perbedaan potensial antara elektroda Pb dengan larutan NaCl dalam sel elektrokimia memberikan harga potensial sel. Pada rangkaian elektroda, elektron mengalir dari larutan NaCl menuju elektroda Pb. Kenyataan ini menunjukkan bahwa Pb mudah teroksidasi atau lebih mudah melepas elektron. Perbedaan kecenderungan teroksidasi ini akan menghasilkan perbedaan rapat muatan antara elektroda Pb dan larutan NaCl. Perbedaan rapat muatan ini menyebabkan beda potensial listrik antara Pb dan NaCl yang mendorong elektron mengalir sehingga menghasilkan arus listrik.

Konsep Penerapan *SEACELL*

Konsep Aplikasi *SEACELL* Pada Perahu Bercadik

SEACELL yang diaplikasikan pada perahu nelayan yang tergolong tradisional yaitu perahu bercadik. Perahu bercadik adalah perahu yang dilengkapi oleh cadik pada sisi kiri dan kanan perahu. Cadik biasanya terbuat dari bambu, atau bahan lainnya yang dalamnya memiliki rongga udara. Cadik merupakan alat keseimbangan yang dipasang pada perahu yang letaknya di sisi kiri dan kanan sehingga perahu tidak gampang terbalik. *SEACELL* akan ditempatkan di bawah cadik perahu sehingga bisa tercelup ke dalam air laut saat perahu dioperasikan.

Konsep Aplikasi *SEACELL* Pada Kapal Ikan

Pada umumnya setiap mesin utama pada kapal, selalu memiliki sistem pendingin yang digunakan untuk mendinginkan mesin ketika beroperasi. Dalam penerapannya, setiap mesin utama biasanya menggunakan air laut (*seawater cooling system*) maupun air tawar (*central cooling water system*) sebagai pendinginnya. Penggunaan air tawar sebagai pendingin mesin memang kini lebih sering digunakan, namun lebih banyak diterapkan

pada kapal-kapal besar yang sistemnya lebih kompleks. Salah satu penyebabnya adalah penggunaan pipa yang lebih mudah dan murah untuk mengalirkan air tawar dibandingkan dengan air laut (dilihat dari tingkat korosinya). Namun pada aplikasinya air laut tetap digunakan pada sistem pendingin air tawar, karena dibutuhkan untuk mendinginkan air tawar panas yang telah digunakan untuk mendinginkan mesin utama.

Di sisi lain penggunaan sepenuhnya air laut sebagai pendingin mesin utama, biasanya diterapkan pada kapal-kapal yang berukuran kecil, dimana sistem pendinginnya lebih sederhana. Hal ini tentu didasarkan atas ruangan mesin (*engine room*) yang tersedia dari kapal tersebut, sehingga sistem tidak bisa dibuat kompleks. Pada dasarnya kedua sistem tersebut dalam aplikasinya sama-sama menggunakan air laut, namun perbedaannya terletak pada objek yang akan didinginkan. Jika pada *central cooling water system*, air laut digunakan untuk mendinginkan air tawar yang telah digunakan mendinginkan mesin, sedangkan pada *seawater cooling system*, air laut secara langsung digunakan untuk mendinginkan mesin utama. *Output* dari hasil pendinginan tersebut, yaitu sama-sama berupa air laut yang panas. Namun air laut yang panas tersebut, tidak digunakan lagi sehingga dibuang begitu saja.

Berangkat dari hal itu, *SEACELL* (*Sea Water Electrochemical Cell*) yang pada aplikasinya dapat menghasilkan listrik dari perbedaan potensial antara air garam yang dialirkan (dalam hal ini dapat digunakan air laut) dengan sel volta, tentu dapat memanfaatkan air laut buangan pada kedua sistem pendingin kapal tersebut untuk menghasilkan listrik. Dalam hal ini suhu air laut yang panas pada reaksi kimianya juga sangat mendukung untuk mempercepat terjadinya energi listrik. Maka dari itu, pemanfaatan sistem pendingin kapal untuk menghasilkan

listrik sangat cocok diterapkan pada *SEACELL* ini.

Dalam hal ini, diambil salah satu sistem pendingin yaitu *seawater cooling system* untuk dibuat suatu konsep desain aliran air laut sehingga dapat menghasilkan listrik. Kapal ikan adalah salah satu jenis kapal yang menggunakan *seawater cooling system* tersebut pada operasinya. Jika pada kapal ikan ini dapat diaplikasikan *SEACELL* sebagai cadangan energi kapal ikan nelayan sehingga dapat meringankan beban para nelayan terutama dari sisi biaya, dan memaksimalkan keuntungannya. Adapun desain dari kapal ikan berikut dengan *arrangement SEACELL*-nya dapat dilihat pada lampiran 3.

Alur Aliran Air Laut Melalui SEACELL

Seperti yang terlihat pada lampiran 2 dan 3 yaitu mengenai aplikasi *SEACELL* pada kapal ikan dan perahu bercadik, terdapat suatu alur aliran air laut sehingga menghasilkan arus listrik. Pada kapal ikan, sistem aliran air laut sebagai pendingin dapat dibuat sedemikian rupa sehingga dapat menghasilkan listrik. Adapun perjalanan atau langkah dari tiap aliran pada pipa sistem pendingin air laut tersebut, yaitu: (a) Air laut masuk melalui *sea chest* (merupakan tempat masuknya air laut pada kapal) dengan menggunakan pompa langsung yang berada pada mesin utama. (b) Air laut yang telah masuk melalui *sea chest* dialirkan dengan pompa mesin tersebut untuk langsung digunakan sebagai pendingin mesin. (c) Air laut yang telah digunakan untuk mendinginkan mesin yaitu berupa air laut yang panas. (d) Air laut yang panas tersebut dimanfaatkan oleh *SEACELL* untuk menghasilkan listrik. Dimana listrik yang dihasilkan pada reaksi kimia tersebut akan dibawa ke “aki” terlebih dahulu untuk disimpan dan setelah itu dapat digunakan untuk kegiatan-kegiatan pada kapal yang menggunakan energi listrik (contoh:

penerangan). (e) Ketika *SEACELL* diberhentikan atau pada saat maintenance, valve (katup) yang digunakan untuk mengalirkan air laut tersebut ditutup, kemudian valve dari pipa cabang tersebut dibuka sehingga air laut hasil pendinginan tetap mengalir walaupun ketika *SEACELL* tidak difungsikan. Begitupula sebaliknya, ketika *SEACELL* difungsikan valve pada pipa cabang ini ditutup agar air laut tidak mengalir melalui pipa cabang tersebut. (f) Air laut telah digunakan oleh *SEACELL* maupun yang langsung dari mesin, dikeluarkan melalui *sea outlet*.

Sementara pada perahu nelayan bercadik, alur aliran air laut yang melalui *SEACELL* pada prinsipnya sama, bedanya hanya tidak ada *seawater cooling system*. Ketika perahu bercadik berada dilaut dalam kondisi bergerak, maka air laut akan melewati *SEACELL* yang diletakkan dibawah cadik perahu. Air laut tersebut dimanfaatkan oleh *SEACELL* untuk menghasilkan listrik. Dimana listrik yang dihasilkan pada reaksi kimia tersebut akan dibawa ke “aki” terlebih dahulu untuk disimpan dan setelah itu dapat digunakan sebagai penggerak/penerangan dengan dengan pengalirkannya ke motor listrik. Pada kapal ikan maupun perahu bercadik, sistem aliran sama-sama dibuat kontinyu sehingga air laut selalu mengalir *SEA-*

CELL dan ion-ion elektrolit tergantikan dengan yang baru.

Perbandingan Energi Listrik yang Dihasilkan *SEACELL* Dengan Generator Set (Genset)

Energi Listrik yang Dihasilkan Genset

Sistem pada generator set menggunakan motor DC dengan suplay listrik dari baterai/accu 12 atau 24 volt untuk menstart diesel. Saat start, motor DC mendapat suplay listrik dari baterai atau accu. Dan menghasilkan torsi yang dipakai untuk menggerakkan diesel sampai mencapai putaran tertentu. Baterai atau accu yang dipakai harus dapat dipakai untuk menstart sebanyak 6 kali tanpa diisi kembali, karena arus start yang dibutuhkan motor DC cukup besar maka juga dipakai dinamo yang berfungsi sebagai generator DC (Sandya Khaerun Nugraha, 2007).

Energi Listrik yang Dihasilkan *SEACELL*

Berdasarkan teori

Disebutkan bahwa air laut mengandung komponen 96,5% air murni dan kurang lebih 3,5% garam NaCl. Untuk perhitungan konsentrasi NaCl diambil basis sebesar 100 kg air laut. Jadi, perhitungannya adalah sebagai berikut.

Tabel 2. Perhitungan komponen H₂O dan NaCl dalam air laut Basis = 100 g air laut

Komponen	Fraaksi Massa	Massa (g)	BM (Berat Molekul)	Mol
H ₂ O	96,5%	96,5	18	5,361
NaCl	3,5%	3,5	58,5	0,0598

Spesific gravity NaCl = 2,163

= 2,163 g/ml

Spesific gravity H₂O = 1

$$\rho_{\text{NaCl}} = \frac{\text{Spesific gravity NaCl}}{\text{Spesific gravity H}_2\text{O}}$$

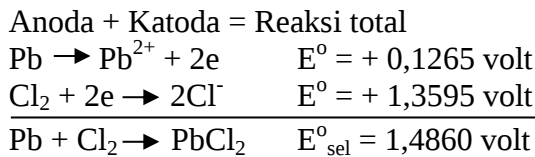
$$= \frac{2,163}{1}$$

$$\rho_{\text{NaCl}} = \frac{m}{V}$$

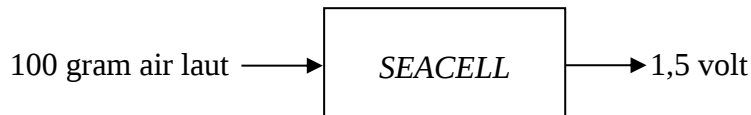
$$V = \frac{m}{\rho_{\text{NaCl}}}$$

$$= \frac{3,5}{2,163} = 1,618 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned}\text{Konsentrasi (M) NaCl} &= \text{mol} / \text{volume} \\ &= 0,0598 / 1,618 \\ &= 0,03696 \text{ M}\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\varepsilon_{\text{sel}} &= \varepsilon^{\circ}_{\text{sel}} - (0,0591/n) \log Q \\ &= 1,4860 - (0,0591/2) \log 0,03696 \\ &= 1,4860 + 0,04232 \\ &= 1,5283 \text{ volt}\end{aligned}$$



Gambar 3. Blok diagram proses alir laut menjadi voltase pada *SEACELL*

Berdasarkan perhitungan tersebut diperoleh hasil bahwa *SEACELL* menghasilkan potensial sebesar 1,5283 volt per 100 gram air laut. Jadi, dengan 100 gram air laut dapat menghidupkan lampu

sebesar 1,5 volt melalui alat *SEACELL* ini. Jika 100 gram air laut bisa menghidupkan lampu sebesar 1,5 volt, maka dengan 1000 gram atau 1 kg air laut bisa menghidupkan lampu dengan voltase 10 kali lipat.

Tabel 3. Perbandingan energi listrik antara genset dan *SEACELL*

Pembanding	Genset	<i>SEACELL</i>
Energi Listrik	12 volt	15 volt / 1 kg air laut

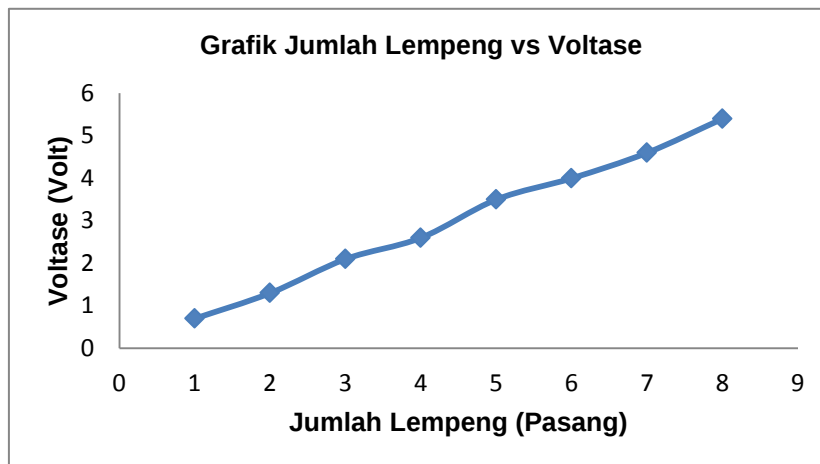
Jika dibandingkan, energi listrik yang dihasilkan genset dan *SEACELL* tidak jauh berbeda. Pada genset dihasilkan energi listrik sebesar 12 volt sementara pada *SEACELL* dihasilkan energi listrik sebesar 15 volt per 1 kg air laut.

Berdasarkan riset Hasil riset untuk voltase

Hasil dari perhitungan diatas yang didapatkan hanyalah berdasarkan teori. Namun sebenarnya dari hasil riset yang telah dilakukan, bahwa 1 pasang atau sepasang lempengan yang dicelupkan pada air laut akan menghasilkan voltase sebesar 0.7 ~ 0.8 volt. Dan dari penelitian ini, air laut sesungguhnya tidak mempengaruhi besarnya voltase seperti yang diperhitungkan diatas, melainkan rangkaian yang dibuat secara seri pada susunan lempenganlah yang dapat mem-

perbesar voltase *SEACELL*. Sehingga untuk menyalakan lampu sebesar 1.5 volt dibutuhkan 2 pasang lempengan yang disusun secara seri agar dapat mengimbangi kebutuhan tersebut.

Hal yang digarisbawahi dalam pembesaran voltase ini adalah voltase tidak terpengaruh dari luas lempengan beserta banyaknya air laut. Sehingga jika *SEACELL* ini diperlukan untuk menyalakan alat – alat yang notabene hanya membutuhkan voltase tanpa arus listrik yang besar, maka ukuran *SEACELL* inipun dapat dibuat seefisien mungkin (ukurannya tidaklah besar), karena lempengan beserta wadahnya dapat dibuat dengan ukuran yang kecil. Salah satu hasilnya dapat dilihat pada lampiran 4, dimana *SEACELL* telah mampu menyalakan lampu LED yang berukuran 3 volt.

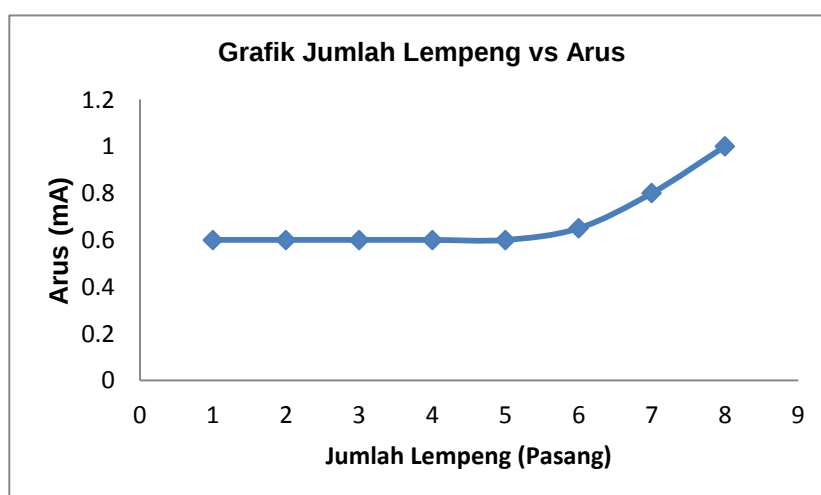


Gambar 4. Grafik hubungan jumlah pasang lempeng terhadap kenaikan voltase

Hasil riset untuk arus

Berbeda halnya dengan voltase, arus listrik sangatlah dipengaruhi oleh luasnya lempengan elektroda. Dimana semakin luasnya lempengan, maka semakin besar arusnya. Disamping itu arus listrik juga sangat dipengaruhi oleh rangkaian yang dibuat secara paralel, sehingga sama halnya dengan rangkaian seri di atas untuk memperbesar arus tinggal mengakumulatifkan jumlah pasangan lempengan yang dirangkai paralel.

Dari hasil riset yang telah dilakukan sementara ini, dimana satu pasang lempengan yang berukuran panjang 30 cm dan lebar 5 cm telah menghasilkan arus listrik sebesar 50 mA (miliampere). Arus listrik yang telah dihasilkan dari riset sementara tersebut masih sangatlah kecil. Namun tidak menutup kemungkinan arus listrik bisa diperbesar dengan ukuran yang sama, karena riset ini masih dalam progress yang salah satunya bertujuan untuk memperbesar arus listrik.



Gambar 5. Grafik hubungan jumlah pasang lempeng terhadap kenaikan arus listrik

Efektivitas *SEACELL* Dalam Membantu Para Nelayan Menghadapi Krisis Energi dan Mengurangi Emisi Gas Karbon

Pada umumnya para nelayan menggunakan genset untuk membantu penerangan ketika melakukan penangkapan ikan. Genset ini menggunakan bahan bakar solar. Untuk mengetahui keefektifitasan penerapan *SEACELL* sebagai pengganti genset pada perahu nelayan, maka perlu adanya perbandingan antara keduanya. Perbandingan tersebut ditinjau dari dua hal yaitu ditinjau dari segi bahan bakar yang digunakan, dan lingkungan.

Berdasarkan Bahan Bakar

Berdasarkan literatur dan hasil analisa terdapat perbedaan biaya yang dikeluarkan untuk membeli bahan bakar antara genset dan *SEACELL*. Dalam satu minggu, nelayan membutuhkan 7 liter solar untuk menghidupkan genset. Sehingga, biaya total yang dikeluarkan oleh nelayan dalam satu minggu yaitu sebesar Rp 31.500. Jika menggunakan *SEACELL* biaya yang dikeluarkan Rp 0 karena sumber energi yang digunakan berasal dari elektrolit air laut.

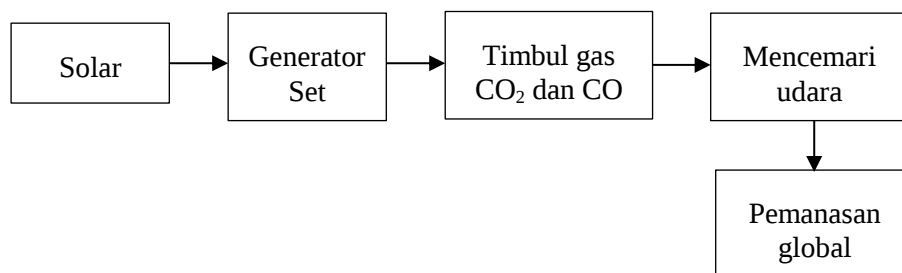
Tabel 4. Perbandingan biaya bahan bakar genset dan *SEACELL*

Genset	<i>SEACELL</i>
Bahan bakar solar	Tanpa bahan bakar, tapi menggunakan air laut
Harga solar = Rp 4.500 per liter	Harga air laut = Rp 0
Kebutuhan nelayan dalam 1 minggu = 7 liter solar	Kebutuhan nelayan terhadap air laut = tak terbatas
Total biaya = Rp 31.500 per minggu	Total biaya = Rp 0 per minggu

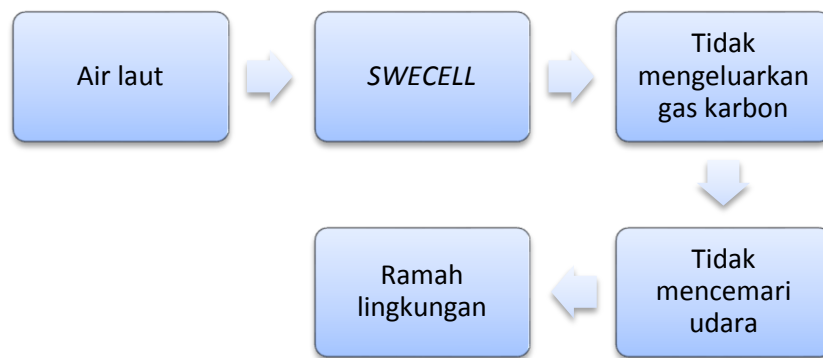
Berdasarkan Lingkungan

Berdasarkan Gambar 4 dan 5, apabila dibandingkan antara generator set dan *SEACELL* mempunyai dampak yang signifikan terhadap lingkungan. Pada generator set, sumber bahan bakar yang digunakan adalah solar sehingga menghasilkan gas CO₂ dan CO yang dapat mencemari lingkungan. Dampak dari

pencemaran ini akan berakibat pada pemanasan global. Sementara pada *SEACELL*, tanpa menggunakan bahan bakar, tetapi dengan memanfaatkan elektrolit air laut sehingga tidak menimbulkan gas karbon yang dapat mencemari lingkungan. Jadi, bisa dikatakan bahwa *SEACELL* ini sangat ramah lingkungan.



Gambar 6. Bagan dampak penggunaan genset berbahan bakar solar terhadap lingkungan



Gambar 7. Bagan dampak penggunaan *SEACELL* terhadap lingkungan

Potensi yang sangat besar dari air laut jika diterapkan untuk pada *SEACELL* pada seluruh perahu nelayan Indonesia, akan memberikan penghematan yang cukup besar pada penggunaan bahan bakar solar yang biasa digunakan para nelayan serta akan berdampak baik dalam rangka mengurangi emisi gas karbon yang berdampak ke pemanasan global.

Dengan adanya inovasi *SEACELL* sebagai pengganti genset yang memanfaatkan air NaCl dari air laut, tentunya akan mengurangi subsidi BBM solar pemerintah kepada para nelayan. Menurut data Pertamina, subsidi yang harus dikeluarkan oleh pemerintah terhadap bahan bakar solar pada tahun 2006 adalah sebesar 14 juta liter atau sebanding dengan 1,6 triliun.

Dari faktor-faktor diatas, yakni pengurangan subsidi BBM terhadap solar, pengurangan anggaran dana untuk permasalahan lingkungan, dan hasil keuntungan produksi *SEACELL* terlihat bahwa penerapannya akan memberikan keuntungan yang cukup besar terhadap pemerintah Indonesia terutama dalam mengatasi krisis energi yang akan terjadi.

Adanya implementasi dari inovasi ini, juga akan meningkatkan taraf hidup para nelayan yang sebagian besar termasuk ekonomi menengah ke bawah. Dengan menggunakan *SEACELL* sebagai cadangan energi kapal ikan nelayan, maka para nelayan bisa memenuhi energi yang dibutuhkan dan melakukan penghematan

penggunaan bahan bakar solar yang hasil pembakarannya akan menimbulkan polusi, tetapi para nelayan cukup menggunakan air laut dengan memanfaatkan kandungan garam NaCl-nya. Para nelayan akan melakukan penghematan yang besar karena suplay energi listrik kapal bisa diperoleh dari *SEACELL*. Jadi, penggunaan *SEACELL* ini sangat efektif jika diterapkan pada perahu nelayan.

SIMPULAN

Berdasarkan analisis data serta pembahasan di atas, maka bisa diambil kesimpulan yang berkaitan permasalahan yang dibicarakan. Kesimpulannya yang telah diperoleh yaitu:

Berdasarkan lampiran 2, desain bentuk *SEACELL* dibuat proposional dengan bentuk perahu nelayan bertujuan agar menghambat saat perahu digunakan. Selain itu, desain *SEACELL* dibuat dengan sistem terbuka agar ion-ion air laut tetap mengalir saat *SEACELL* beroperasi.

Cara kerja *SEACELL* yaitu ketika air laut masuk dan mengalir di dalam *SEACELL*, ion dari garam NaCl yang terkandung dalam air laut terurai menjadi Na^+ dan Cl^- sehingga terjadi reaksi pada anoda dan katoda. Ion negatif dari garam akan mengoksidasi elektroda Pb sehingga terjadi perbedaan potensial antara elektroda Pb dengan larutan NaCl. Itulah

yang menyebabkan timbulnya arus listrik dan lampu pun menyala.

Berdasarkan literatur dan hasil analisis, energi listrik yang dihasilkan *SEACELL* dapat menghemat penggunaan genset.

Dari sisi efektifitas, dilihat dari segi bahan bakar, genset membutuhkan biaya Rp 29.500 per minggu untuk 5 liter solar sedangkan *SEACELL* tidak mengeluarkan biaya karena tidak memakai bahan bakar. Dilihat dari segi lingkungan, genset menghasilkan gas karbon yang dapat menyebabkan pemanasan global sedangkan *SEACELL* tidak menghasilkan gas karbon sehingga ramah lingkungan.

Proyeksi dana pembuatan *SEACELL* secara kasaran untuk menyalakan lampu LED yang biasa digunakan nelayan pada saat melaut adalah berkisar Rp.103.500.

DAFTAR RUJUKAN

- Arismunandar. 2002. Motor Diesel Putaran Tinggi. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Badan Pusat Statistik. 2007. *Handbook Statistik Ekonomi Energi Indonesia 2007*. Jakarta: Tim Statistik Ekonomi Energi.
- Basuki, Kris T. 2007. Penurunan Konsentrasi CO dan NO₂ pada Eemisi GasBuang Menggunakan Aarang Tempurung Kelapa, Yogyakarta: BATAN.
- Darsono, Valentino. 2009. Pengantar Ilmu Lingkungan. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Hamdi A. 2005. Strategi Energi Hijau, Artikel www.jarakpagar.com.
- Haryanto, Bode. 2002. Bahan Bakar Alternatif Biodisel. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Koichi T. 2002. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel. Semarang: UNNES.
- Kuwahara. 2001. Geologi Laut. Jakarta: Erlangga.
- Maron SH, Lando JB. 1998. *Fundamentals of Phisical Chemistry*. New York: Mac Millan Publishing Co. Inc.
- Nugraha, Sandya K. 2007. Studi Perbandingan Efisiensi Penggunaan Energi Listrik Antara Suplay Listrik PLN dan Generator Set Di PT Dupantex, UNS, Semarang.
- Peavy, Howard S. 2005. *Environmental Engineering*. New York: Megraw – Hill Book Co.