

Desalinasi Air Payau Dengan Teknik Evaporasi Surya dan Biomassa

Aris Munandar Lubis¹, Munawar²

^{1,2}Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe

Jl. Banda Aceh-Medan Km. 280, Buketrata, Kota Lhokseumawe, Aceh 24301 INDONESIA

¹arismunandarlubis@gmail.com

²munawar_rusli@pnl.ac.id

Abstrak — Penelitian ini bertujuan mempelajari penggunaan metode evaporasi surya energi matahari dan biomassa dalam pengolahan air payau. Penelitian dilakukan dalam suatu sistem desalinasi hybrid yang terdiri dari evaporator, kondensor, dan tangki kondensat. Evaporator yang dikembangkan merupakan evaporator hybrid yang dioperasikan dengan kombinasi evaporasi surya dan biomassa. Variabel bebas penelitian adalah tekanan operasi (76 cmHg, -7,5 cmHg, -15 cmHg, -22,5 cmHg), serta waktu operasi antara jam 10:00 – 14.00 WIB. Sebagai variabel respon, secara rutin diukur volume dan kualitas kondensat yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju produksi air meningkat dengan makin rendahnya tekanan operasi. Laju produksi optimum air adalah 118,2 ml/jam, dicapai pada tekanan operasi -22,5 cmHg. Kebutuhan energi biomassa terendah untuk produksi air adalah 6416,3 kJ/kg produk. **Kata kunci** — Air payau, biomassa, desalinasi, evaporasi surya, serbuk kayu

Abstract — This research aims to study the use of solar energy and solar energy evaporation methods in brackish water treatment. The study was conducted in a hybrid desalination system consisting of an evaporator, condenser, and condensate tank. The developed evaporator is a hybrid evaporator that is operated with a combination of solar and biomass evaporation. The independent variables of the study were operating pressure (76 cmHg, -7.5 cmHg, -15 cmHg, -22.5 cmHg), and operating time between 10:00 - 14:00 WIB. As a response variable, volume and quality of condensate is routinely measured. The results showed that the rate of water production increased with lower operating pressure. The optimum water production rate is 118.2 ml / hr, achieved at an operating pressure of -22.5 cmHg. The lowest biomass energy requirement for water production is 6416.3 kJ / kg of product.

Keywords — Brackish water, biomass, desalination, solar evaporation, sawdust

I. PENDAHULUAN

Air merupakan sumber daya yang vital bagi kehidupan. Pada dasarnya air digunakan untuk kegiatan sehari-hari seperti minum, mandi, memasak, maupun mencuci. Dari seluruh total air yang ada di bumi hanya 1 % saja yang bisa dimanfaatkan untuk keperluan manusia. Kelangkaan air merupakan hal yang dialami banyak negara di dunia tak terkecuali Indonesia sebagai salah satu negara kepulauan terbesar di dunia yang luas lautannya yakni dua periga dari total luasnya.

Kebanyakan kelangkaan air bersih terjadi di area yang mempunyai kepadatan penduduk yang tinggi. Hal ini diakibatkan kurangnya sumber air dan tingginya tingkat kebutuhan dari penduduk. Akibatnya terdapat daerah yang tidak mendapat air bersih sehingga harus mencari air sendiri dengan berbagai cara. Cara yang paling praktis dan yang paling sering digunakan adalah pemboran air tanah. Namun tidak semua air tanah sehat untuk dikonsumsi, seperti misalnya air tanah disekitar area pantai yang terasa payau akibat intrusi air laut. Air payau mempunyai kadar garam yang tidak sehat bagi tubuh kita jika dikonsumsi karena kadar garamnya yang melewati standar kesehatan manusia. Tetapi karena kurangnya kesadaran, pendidikan, dan teknologi sebagian besar penduduk masih menggunakan air payau tersebut untuk kebutuhan aktivitas sehari-hari mereka.

Penyediaan air bersih bagi seluruh lapisan masyarakat masih merupakan satu masalah besar di Indonesia. Untuk mengatasi hal tersebut perlu dilakukan upaya untuk mendapatkan air jernih dari air keruh maupun air tawar dari air payau atau air laut. Kepulauan Indonesia berada di sekitar garis katulistiwa memiliki iklim tropis. Melimpahnya sinar matahari yang menyinari kepulauan Indonesia hampir sepanjang tahun dapat digunakan sebagai sumber energi. Energi matahari yang tersedia merupakan sumber energi yang murah dan dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif untuk pengolahan air [1,2,3].

Salah satu bentuk pemanfaatan sumber daya matahari adalah upaya memanfaatkan energi matahari untuk memproduksi air tawar dengan memanfaatkan energi panas dari matahari untuk penyulingan air laut atau air payau. Namun, metode desalinasi surya memiliki kelemahan mendasar, terutama dalam aspek kapasitas produksi yang tergolong rendah. Di sisi lain, berbagai teknik pengolahan air asin dan payau yang telah ada, seperti reverse osmosis (RO), elektrodialisis, destilasi, proses membrane, ion exchange, dan evaporasi, diketahui terlalu mahal untuk diterapkan dalam skala kecil dan daerah terpencil. Karena itu, diperlukan solusi alternatif yang lebih handal dari pada sistem desalinasi termal yang sudah ada tersebut.

Penelitian ini berupaya mengembangkan suatu sistem desalinasi hybrid yang menggabungkan sistem evaporasi surya dan evaporasi biomassa di dalam kondisi vakum, yang diprediksi akan dapat meningkatkan unjuk kerja sistem desalinasi secara keseluruhan. Pada sistem ini, pemanasan akan berlangsung dua arah, yaitu pemanasan oleh panas biomassa dari bawah dan pemanasan oleh panas surya dari bawah, sehingga pemanasan berlangsung lebih cepat. Di sisi lain, pengkondisian sistem pada keadaan vakum akan meningkatkan laju penguapan liquid, sehingga laju produksi uap dan kondensat dapat ditingkatkan dengan menunjukkan kinerja sistem desalinasi hybrid pada kondisi atmosfer dan kondisi vakum [4,2].

II. METODOLOGI PENELITIAN

Metode berisi prosedur kerja, bahan dan peralatan, dan metode analisis data. Rumus-rumus dan persamaan numeris yang digunakan dalam analisis data perlu ditampilkan di bagian. Demikian juga metode pengujian sampel perlu diuraikan dengan jelas di bagian, lengkap dengan referensinya.

Penelitian ini direncanakan akan dilakukan dalam 3 tahapan kegiatan, dimulai dengan preparasi dan karakterisasi biomassa, percobaan desalinasi hybrid pada kondisi atmosfer, serta percobaan desalinasi hybrid pada kondisi vakum. Penelitian

akan dilaksanakan pada Laboratorium Pengolahan Air dan Limbah Kimia Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe.

Air baku air payau yang digunakan di ambil dari sumur warga di kawasan pemukiman di sekitar areal tambak ikan Desa Alue Awe Kecamatan Blang Mangat Kota Lhokseumawe. Sebelum digunakan, terlebih dilakukan analisis kualitas awal air payau, meliputi salinitas, pH, kekeruhan, TDS, bahan organik dan warna.

Preparasi dan karakterisasi biomassa

Biomassa yang digunakan adalah serbuk kayu. Bahan baku dijemur hingga kering dibawah sinar matahari. Penyeragaman ukuran partikel dengan menggunakan ayakan 5/10 mesh. Biomassa tersebut kemudian dikarakterisasi dengan menggunakan bomb calorimeter.

Percobaan desalinasi

Percobaan desalinasi dilakukan dalam evaporator yang dimodifikasi. Evaporator ini dipanaskan dari dua arah, yaitu dari atas dengan menggunakan energi surya serta dari bawah dengan energi biomassa. Desalinasi hybrid dilakukan pada sistem tekanan atmosfer. Penggunaan biomassa 2 kg selama 5 jam dengan waktu pengambilan data awal anatar pukul 10:00 WIB sampai 14:00 WIB. Sampel diambil setiap interval waktu 1 jam dengan volume umpan 10 liter. Lalu diukur volume kondensat dan karakteristiknya.

Efisiensi

Dalam penelitian ini efisiensi yang di hitung adalah perbandingan antara banyaknya air payau masukan dengan banyaknya air yang menguap, atau:

$$Efisiensi = \frac{jumlah\ produksi\ akumulatif}{volume\ umpan} \times 100\% \tag{1}$$

Konsumsi Biomassa

Dalam penelitian ini konsumsi biomassa yang dibutuhkan untuk menguapkan 1 kg produk dihitung sebagai:

$$konsumsi\ biomassa = \frac{massa\ biomassa}{massa\ produk} \times HHV\ biomassa \tag{2}$$

Laju Penguapan

Hasil dari proses desalinasi surya sangat bergantung pada panas matahari. Oleh sebab itu untuk menghitung besar dari laju desalinasi dipengaruhi oleh besarnya luasan dari tempat pemanasan air umpan, atau [5]:

$$laju\ penguapan = \frac{laju\ produksi\ (ml / jam)}{luas\ ruang\ pemanasan\ (m^2)} \tag{3}$$

Percobaan desalinasi kondisi vakum

Percobaan desalinasi hybrid pada sistem tekanan vakum. Variasi tekanan vakum yang digunakan adalah antara - 7,5 cmHg; -15 cmHg; -22,5 cmHg. Lalu dicatat volume kondensat dan diuji karakteristiknya.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan proses desalinasi dengan teknik evaporasi surya dan biomassa untuk mengetahui laju produksi yang dihasilkan dan karakteristik produk yang di

hasilkan. Sebelum dilakukan proses evaporasi, dilakukan pengambilan air payau dari sumur warga di kawasan pemukiman di sekitar areal tambak ikan Desa Alue Awe Kecamatan Blang Mangat Kota Lhokseumawe.

Desalinator

Evaporator merupakan salah satu bagian dari alat desalinasi (desalinator) yang memiliki peranan sebagai pemanas air laut yang nantinya menguapkan air dari air laut. Penelitian Sugeng [6] menemukan bahwa evaporator tenaga surya ukuran 1m² (dimensi ruang : 100 cm x 100 cm) mampu menghasilkan air tawar dari air laut sebanyak 3,942 L/m²/hari. Penelitian terdahulu oleh Goswami [7] mampu menghasilkan 0.19 liter/jam dengan dimensi evaporator 0.2 m² maka dapat dihitung rata-rata volume air tawar yang dihasilkan adalah 22.8 L/m²/hari. Selisih produksi air dari penelitian Goswami dengan penelitian yang telah dilakukan sangat jauh, hal tersebut dikarenakan bahwa penelitian Goswami menggunakan perlakuan pengaturan tekanan udara vakum sebesar -71.5 cmHg, sehingga air laut pada evaporator turun titik didihnya yang dapat mempercepat laju penguapan pada evaporator. Perbedaan yang paling terlihat adalah pada kondisi pengaturan tekanan udara vakum yang sangat tinggi pada penelitian sebelumnya penelitian yang dilakukan ini hanya menggunakan pengaturan tekanan vakum sampai -22,5 cmHg. sehingga dapat disimpulkan bahwa pemvakuman dapat mempercepat laju penguapan. Pada penelitian Tanusekar dkk [8] dengan ukuran evaporator 0.8 m² (dimensi ruang : 100 cm x 80 cm) mampu menghasilkan air 5.50368 L/hari maka dapat dihitung rata-rata volume air tawar yang dihasilkan adalah 7.2 L/m²/hari. Perbedaan pada penelitian Tanusekar adalah luas permukaan evaporator yang digunakan pada penelitian ini evaporator yang digunakan 0.2 m² yang dimodifikasi sehingga dapat menambahkan sumber energi biomassa sehingga dapat meningkatkan produksi dengan luas permukaan luas permukaan yang lebih kecil. Bentuk evaporator hybrid yang digunakan ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Evaporator hybrid

Tungku Biomassa

Tungku biomassa yang digunakan 2 unit yang terbuat dari tahan liat sehingga meminimalisir kehilangan panas yang terjadi. Tungku di buat portable dengan dimensi tungku biomassa 20x50x20 cm dan luas permukaan penghantar panas 0,064 m² per unit dengan total luas penghantar panas

keseluruhan 0,128 m². Tungku biomassa yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Tungku Biomassa

Kondensor

Kondensor merupakan bagian dari alat desalinasi yang berperan sebagai mesin penukar panas yang berfungsi mengkondensasikan uap air yang berasal dari ruang evaporator. Kondensor memiliki tinggi 70 cm dengan diameter 30 cm dengan dengan tinggi spiral tube 60 cm dan diameter 20 cm gulungan pipa stainless 1/2 in. Kondensor yang telah dibuat dipilih kondensor jenis vertical watercooled condensor yaitu kondensor yang didinginkan oleh air dibantu dengan pompa dengan aliran bahan dari atas ke bawah atau dari bawah ke atas. air pendingin masuk melalui bawah dan melalui ruang dalam kondensor kemudian keluar melalui atas kondensor. Uap air masuk melalui bagian atas kondensor dan air pendingin masuk melalui bagian bawah ini dilakukan untuk mempercepat laju penampungan produk dengan tinggi 40 cm dan diameter 30 cm. Kondensor dan tangki penampungan produk yang digunakan ditampilkan pada Gambar 3.

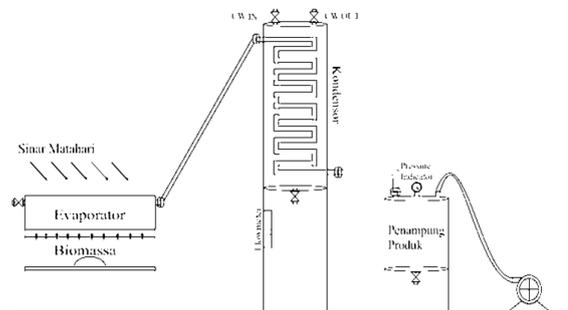


Gambar 3. Kondensor dan Tangki Penampungan Produk

Rangkaian Peralatan

Operasi dalam proses desalinasi meliputi peristiwa penyerapan energi panas dari sinar matahari yang menembus kaca evaporator oleh air laut yang ada dalam evaporator. Energi panas dari sinar matahari berasal dari sinar ultra violet yang merupakan salah satu komponen sinar matahari. Wisnubroto (2004), mengatakan bahwa sinar matahari memiliki panjang gelombang (λ) antara 0.15 – 4 μm , dan hanya panjang

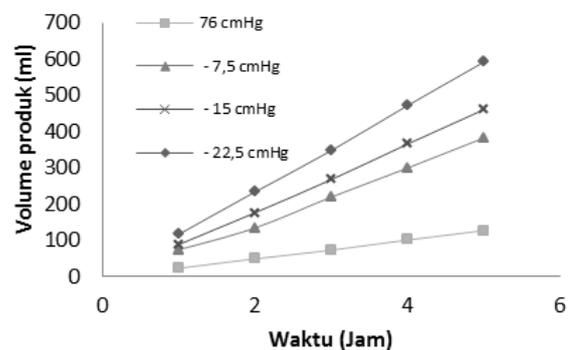
gelombang antara 0.32 – 2 μm yang mampu menembus kaca transparan. Sifat sinar dengan panjang gelombang mampu menembus kaca transparan dengan membawa energi panas. Rangkaian Sistemguna desalinasi yang disajikan ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian Peralatan

Produksi Air terhadap Waktu

Laju penguapan meningkat seiring dengan perlakuan tekanan selama penelitian dapat dilihat pada gambar dibawah ini, ini di sebabkan karena tekanan yang semakin rendah akan menurunkan titik didih air laut sehingga laju penguapan air laut semakin cepat. Grafik kuantitas produksi terhadap waktu disajikan pada gambar dapat dilihat volume produksi air akumulatif pada jam ke 5 pada kondisi atmosfer terlihat volume produk yang diperoleh sebanyak 127 mL dengan laju penguapan 24 mL/jam dan volume terbanyak pada tekanan -22,5 cmHg yaitu 591 mL dengan rata-rata laju penguapan 118,2 mL/jam, turun pada tekanan -15 cmHg yaitu 460 mL dengan laju penguapan 92 mL/jam, dan pada tekanan -7,5 cmHg yaitu 382 dengan laju penguapan 71,4 ml/jam.kondisi pemvakuman sangat sangat jauh meningkatkan produksi dibandingkan dengan keadaan atmosfer dikarenakan pada kondisi vakum menurunkan titik didih umpan sehingga mempercepat penguapan dan kondisi pada juga dapat diperlancar laju alir uap pada unit desalinasi hybrid sehingga uap akan banyak masuk ke kondesor hingga dikondensasikan menjadi produk dialirkan ke tangki penampungan produk.

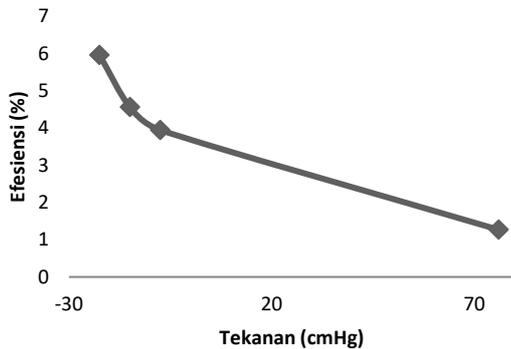


Gambar 5. Volume produksi terhadap waktu

Efisiensi Desalinasi Hybrid

Dalam penelitian ini efisiensi yang di hitung adalah perbandingan antara banyaknya volume umpan dengan banyaknya air yang menguap. Dengan volulme umpan 10 L efisiensi penguapan selama penelitian ditunjukkan pada gambar grafik terlihat bahwa efisiensi desalinasi hybrid pada kondisi atmosfer 1.27%, pada perlakuan tekanan -7.5 cmHg naik menjadi 3,95% setelah itu tetap untuk perlakuan -15 cmHg

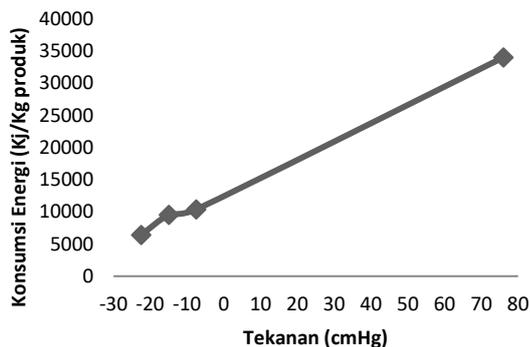
menjadi 4,57% , dan pada perlakuan -22,5 cmHg di dapatkan efisiensi terbesar adalah 5,97%. Diperkirakan, hal ini dicapai karena pada waktu penelitian untuk semua perlakuan cuaca pada saat perlakuan tidak berawan dan panas dari pembakaran biomassa yang merata, sehingga meningkatkan efisiensi sistem.



Gambar 6. Efisiensi desalinasi

Konsumsi Energi

Konsumsi energi merupakan jumlah energi yang dibutuhkan untuk menguapkan sejumlah air. Energi yang digunakan pada proses desalinasi air payau ini digunakan sumber energi biomassa dan energi surya. Pada gambar Gambar 6 dapat dilihat bahwa kebutuhan energi biomassa pada proses evaporasi hybrid. Kebutuhan energi terbesar biomassa pada kondisi atmosfer yaitu 33982,52kJ/kg, produk sedangkan kebutuhan energi terkecil pada tekanan vakum -22,5 cmHg adalah 6416,311 kJ/kg produk. Besar kebutuhan energi pada keadaan atmosfer karena sedikitnya uap air yang dapat masuk ke kondensator dikarenakan laju air uap yang pelan sehingga uap yang terbentuk sebagian besar terkondensasi pada penutup evaporator dan hanya sedikit yang berhasil masuk kedalam kondensator sehingga sangat mengurangi efisiensi peralatan. Sebagai perbandingan, untuk kebutuhan energi desalinasi air payau dengan metode evaporasi biomassa pada keadaan atmosfer dengan volume umpan 500 ml dibutuhkan energi 15984,1 kJ/kg produk [9]. Dibandingkan dengan penelitian yang telah dilakukan, sistem ini terbukti dapat mengurangi kebutuhan energi biomassa dengan adanya penambahan energi surya dan variasi tekanan vakum.



Gambar 7. Konsumsi Energi Biomassa

Karakteristik Produk

Proses desalinasi dengan metode penguapan atau evaporasi adalah proses pemisahan uap air dalam bentuk murni dari suatu larutan berupa air payau. Karakteristik produk pada sistem desalinasi tergolong sangat baik, di mana semua parameter uji telah memenuhi Permenkes No. 492 tahun 2010 (Tabel 1).

Tabel 1. Kualitas produk desalinasi evaporasi hybrid

Parameter	Umpan	Produk	Efisiensi Penyisihan (%)	Permenkes No. 492/2010 [10]
Salinitas (ppt)	20	0	100	0
TDS (ppm)	8230	25,25	99,69	500
Bahan organik (mg/l)	16,24	9,22	43,23	10
Kekeruhan (NTU)	23,26	5,25	77,43	5
pH	7	7	-	6,5 - 8,6
Warna (TCU)	137,94	126,69	8,16	15

IV. KESIMPULAN

Sistem desalinasi hybrid berbasis energi biomassa dan energi surya yang dikembangkan mampu meningkatkan unjuk kerja sistem secara keseluruhan. Makin rendah tekanan sistem, makin tinggi laju produksi air. Efisiensi penyisihan parameter kualitas air tergolong cukup tinggi, yaitu antara 8,16-100%, dengan karakteristik produk telah memenuhi Permenkes No. 492 tahun 2010 untuk semua parameter uji. Laju penguapan 118,4 ml/jam dan kapasitas 14,18 liter/hari/m².

REFERENSI

- [1] Titis Rosari. 2014. Desalinasi Air Payau Menggunakan Energi Solar Dengan Parabolic Trough.
- [2] Riana Ayu Kusumadewi. 2014. Saline Water Desalination With Distillation Process Using Solar Energy In Vacuum Condition.
- [3] Darpito H. dkk. 1996. Kualitas dan Penanganan Penyediaan Air Bersih di Desa-desa Pantai di Indonesia. "Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Air di Indonesia 1996". ITB. Bandung.
- [4] Munawar dan Majuar, E. (2019). The Biomass-based Desalinator Performance in a Vacuum System. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 536, No. 1, p. 012112). IOP Publishing.
- [5] Abdu Fadli Assomadi., & Lathif, F. N. (2008). *Model Alat Desalinasi dengan Evaporasi dan Kondensasi Menjadi Satu Sistem Ruang* (Doctoral dissertation, Tesis. Program Magister Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Surabaya, Indonesia).
- [6] Sugeng, Abdullah. (2005). Pemanfaatan Destilator Tenaga Surya (Solar Energy) untuk Memproduksi air tawar dari air laut. *Laporan Penelitian Universitas Gadjah Mada Yogyakarta*
- [7] Goswami D Y, and Al-Kharabsheh S. 2004. *Theoretical Analysis of a Water Desalination System Using Low Grade Solar Heat*. Vol.126:774-780
- [8] Hangga Hiranandani Tanusekar, dkk. 2014 Rancang Bangun dan Uji Kinerja Alat Desalinasi Sistem Penyulingan menggunakan Panas Matahari dengan Pengaturan Tekanan Udara.
- [9] Munawar, M., & Almira, E. D. (2019). Kajian Penggunaan Biomassa Tempurung Kelapa dalam Sistem Desalinasi Air. In *Prosiding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe* (Vol. 2, No. 1).
- [10] Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.492/2010. Persyaratan Kualitas Air Minum. Jakarta.