

PENGARUH PENGGUNAAN PREHEATER PADA *BASIN TYPE SOLAR STILL* DENGAN TIPE KACA PENUTUP MIRING TERHADAP EFISIENSI

M. Syafwansyah Effendi, M. Khafiz Arifin, Muhammad Hasbi
Staf Pengajar Jurusan Mesin Politeknik Negeri Banjarmasin

ABSTRAK

Di Indonesia pada tahun 2009 jumlah penduduk telah mencapai lebih dari 250 juta jiwa. Jumlah penduduk yang terus bertambah dari tahun ke tahun berpengaruh pada semakin bertambah pula kebutuhan akan air bersih. Di sisi lain kebutuhan air bersih di Indonesia masih terdapat banyak kendala, salah satunya yaitu pemenuhan air bersih di daerah pesisir. Hal ini karena Indonesia merupakan negara maritim yang memiliki wilayah dengan luas daratan 1,9 juta km² dan lautan 5,8 juta km²

Salah satu solusi dari permasalahan ini adalah dengan memanfaatkan sumber daya alternatif energi solar untuk memproduksi air tawar menggunakan destilator tenaga surya. Dimana tenaga surya merupakan sebuah alat penyulingan sederhana, murah dan mudah dibuat. Teknologi distilator ini salah satunya adalah basin type solar still dimana hanya menggunakan bagian bawah kaca penutup sebagai media kondensasi. Padahal panas yang dilepas dari proses kondensasi ke lingkungan merupakan kerugian panas terbesar dalam sistem distilasi.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menguji penambahan preheater pada sebagai peningkatan temperatur awal pada basin type solar still dengan tipe penutup kolektor miring terhadap efektivitas peningkatan produktivitas kondensat serta efisiensi dari distilator. Diharapkan dengan penambahan preheater ini pada basin type solar still dengan tipe penutup kolektor plat permukaan miring akan terjadi peningkatan yang lebih besar produktivitas kondensat serta efisiensinya.

Kata Kunci: *Preheater* , Kolektor , Plat Datar, Bidang Miring.

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Jumlah populasi pendudukan di dunia terus bertambah, sehingga kebutuhan air bersih terus meningkat pula. Walaupun kita ketahui bahwa air menutupi sekitar tiga perempat permukaan bumi, dan hanya 3% yang merupakan air bersih dari berbagai sumber air, dan itupun tidak semua dari jumlah tersebut layak untuk diminum (Al-Kharabsheh S dan Yogi Goswami, 2003)

Di Indonesia pada tahun 2009 jumlah penduduk telah mencapai lebih dari 250 juta jiwa. Jumlah penduduk yang terus bertambah dari tahun ke tahun berpengaruh pada semakin bertambah pula kebutuhan akan air bersih. Di sisi lain kebutuhan air bersih di Indonesia masih terdapat banyak kendala, salah satunya yaitu pemenuhan air bersih di daerah pesisir. Hal ini karena Indonesia merupakan negara maritim yang memiliki wilayah dengan luas daratan 1,9 juta km² dan lautan 5,8 juta km² (Anonim,2008).

Untuk memenuhi kebutuhan air terutama di daerah pesisir tersebut berbagai teknik pengolahan air asin/payau telah dilakukan antara lain: *reverse osmosis(RO)*, *electrodialisis*, destilasi *transfer membrane*, *ion exchange*, dan penguapan/evaporasi. Akan tetapi teknik pengolahan air payau tersebut dari segi ekonomis masih terlalu mahal, karena masih menggunakan bahan bakar fosil, sementara ketersediaan bahan bakar tersebut semakin berkurang, maka dalam hal ini diperlukan sumber energi yang lain, salah satunya adalah pemurnian air laut solar power (tenaga matahari). (Karnaningroem, N. 1990)

Berkenaan dengan pemanfaatan sumber energi tersebut Hardjasoemantri, K.(2002) mengemukakan bahwa Undang Undang No 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan lingkungan Hidup (UUPLH) Pasal 4 UUPLH mempunyai arti yang sangat penting dalam kaitannya dengan

pemakaian sumberdaya tak terbarukan (*non renewable resource*), sehingga aspek-aspek seperti kehematan, daya guna serta hasil guna menjadi mutlak diperhatikan, disamping aspek daur ulang (*recycling*) yang senantiasa harus diusahakan dengan menggunakan bermacam-macam teknologi, baik teknologi maju maupun teknologi madya dan teknologi sederhana atau teknologi perdesaan (*rural technology*).

B. Tujuan Khusus

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menguji penambahan *preheater* sebagai pemanasan awal pada *basin type solat still* dengan tipe penutup kolektor satu bidang miring terhadap efektivitas peningkatan produktivitas kondensat serta efisiensi dari distilator. Diharapkan dengan penambahan *preheater* ini pada *basin type solar still* dengan tipe penutup kolektor plat datar tipe satu permukaan miring akan terjadi peningkatan yang lebih besar produktivitas kondensat serta efisiensinya.

C. Urgensi Penelitian

Kebutuhan air minum adalah mutlak bagi kehidupan masyarakat. Air adalah nutrisi paling utama bagi manusia. Sekitar 70% berat tubuh manusia sehat berupa air. Untuk bisa bertahan hidup, maka setiap manusia wajib mengonsumsi dua liter air minum setiap hari. Tubuh yang kekurangan cairan disebut dehidrasi dan bisa mengakibatkan kematian. Namun, seiring meningkatnya populasi, konsumsi air minum pun meningkat pula. Padahal, kuantitas air minum yang dikategorikan layak dikonsumsi manusia terbatas. Sekitar 99,3% air di dunia berupa air laut dan hanya 0,7% yang berupa air tawar. Bahkan, kuantitasnya tampak kian berkurang. Krisis air bersih kerap terjadi di berbagai tempat di Indonesia. Tidak hanya di daerah perkotaan, tetapi juga di daerah-daerah terpencil (Fadjar Adrianto dan Arif Hatta 2009).

Untuk pemenuhan keperluan air tawar / air minum pada daerah sulit air, saat ini telah banyak ditawarkan produk air minum dalam kemasan berupa air mineral atau air murni. Juga telah hadir teknologi RO (*reverse osmose*) yang mampu memproduksi air minum dari air kotor atau dari air laut. Namun demikian, masih dirasa terlalu mahal bagi sebagian orang untuk dapat memiliki ataupun memanfaatkannya. Oleh karena itu perlu dicari sebuah teknologi yang murah dan sederhana.

Berbagai teknologi penyulingan air untuk mendapatkan air tawar dari air kotor atau dari air laut telah lama dikenal. Intinya adalah dengan menguapkan air laut dengan cara dipanaskan, yang kemudian uap air tersebut diembunkan sehingga didapatkan air tawar. Sumber panas yang dipergunakan berasal dari energi yang beragam : minyak, gas, listrik, surya / matahari dan lainnya. Energi surya (*solar*) merupakan energi yang murah dan melimpah di daerah tropik seperti di Indonesia. Melimpahnya tenaga surya yang merata dan dapat ditangkap di seluruh kepulauan Indonesia hampir sepanjang tahun sebenarnya merupakan sumber energi yang sangat potensial. Sumber ini sebenarnya juga merupakan energi alternatif jika pada satu saat nanti krisis energi mulai melanda Indonesia.

Melimpah ruahnya tenaga matahari yang terus memancar di seluruh Indonesia tak perlu menimbulkan rasa khawatir bahwa Indonesia akan kehabisan energi dan harus mengimpor dari negara lain. Persediaan alamiah energi panas matahari yang *sustainable* telah lebih dari cukup jika dimanfaatkan secara maksimal (Sugeng Abdulah, 2005).

Hardjosoemantri, K.(2002) mengatakan bahwa pengendalian sumber daya secara bijaksana tidak hanya ditujukan kepada penghematana sumber daya tak terbarukan, akan tetapi juga kepada pencarian sumber daya alternatif lainnya guna memperoleh energi. Sumber daya lainnya dapat berupa biogas, biomassa, energi angin (*wind energy*), OTEC (*Ocean Thermal Energy Concersion*), energi nuklir, energi solar (*solar energy*), dan lain-lain.

Salah satu bentuk pemanfaatan sumber daya alternatif adalah upaya memanfaatkan energi solar untuk memproduksi air tawar menggunakan destilator tenaga surya. Destilator tenaga surya merupakan sebuah alat penyulingan sederhana, murah dan mudah dibuat. Tetapi informasi tentang efisiensi dan *performance* (unjuk kerja) alat ini nyaris tidak tersedia. Di beberapa tempat, destilator tenaga surya dapat menghasilkan air minum (*portable water*) dengan

biaya yang kompetitif dibanding dengan metode konvensional. Kemampuan destilator jenis ini dalam menghasilkan air minum banyak dipengaruhi oleh intensitas sinar matahari, temperatur, ukuran luas ruang pemanas dan model/ desain. (Brinkworth, 1976)

Wilayah Indonesia, secara rata-rata mendapatkan penyinaran matahari setara dengan 4,8 kWh per meter persegi. Dikatakan bahwa teknik penyulingan dengan menggunakan energi sinar matahari mengakibatkan tidak adanya biaya bahan bakar, tidak ada polusi, tidak bersuara, hanya menghasilkan kristal garam sebagai sisa proses, dan sekaligus ramah lingkungan. "Selain cocok untuk kepentingan air minum masyarakat pesisir atau pulau terpencil, teknologi ini juga menghasilkan air murni yang sangat dibutuhkan sebagai bahan baku industri. (Fadjar Adrianto dan Arif Hatta 2009)

Sudjito (1993) juga berpendapat bahwa salah satu alternatif pengadaan air bersih untuk air minum dari air laut adalah dengan menggunakan teknologi distilasi air laut. Teknologi distilasi memanfaatkan pemisahan komponen suatu bahan berdasarkan perbedaan titik didihnya dengan memanfaatkan energi panas. Daerah pesisir yang berlimpah energi radiasi matahari yang besar di musim kemarau dan air laut merupakan parameter yang dapat digabungkan untuk menjadi solusi dari permasalahan kelangkaan air bersih. Kebutuhan air bersih bagi daerah pesisir yang kekurangan air bersih pada musim kemarau, bertepatan dengan tersedianya intensitas radiasi matahari paling besar dalam satu tahun.

Penelitian yang dilakukan berkenaan dengan distilator surya yang dilakukan oleh Ketut Astawa (2008) mengembangkan *basin type solar still* dengan kaca penutup kolektor plat datar tipe satu permukaan miring dengan menambahkan pada *solar still* tersebut pipa kondensat dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi dari distilator tersebut. Dari hasil penelitiannya didapatkan bahwa terjadi peningkatan efisiensi sebesar 46,1%.

Selanjutnya dalam penelitian Mulayanet dkk (2006) pada distilator *basin type solar still* dengan tujuan untuk menentukan tipe kaca penutup kolektor yang sesuai untuk dipasang pada peralatan distilasi air laut jenis tersebut. Dari hasil penelitiannya didapatkan bahwa tipe penutup kolektor plat datar tipe dua permukaan miring menghasilkan kondensat terbanyak sebesar 255 ml/jam dengan intensitas surya tertinggi 757,37 W/m².

Berdasarkan kajian-kajian penelitian-penelitian yang berkaitan dengan pengembangan distilator *basin type solar still* cukup menarik untuk melanjutkan dan mengembangkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan pada distilator *basin type solar still* untuk melihat pengaruh penambahan pipa kondensat pada berbagai tipe penutup kolektor terhadap kondensat yang dihasilkan dan efisiensi dari distilator sendiri.

II. LANDASAN TEORI

A. Penelitian-penelitian sebelumnya

Jackson dan Van Bavel (1965) mengusulkan suatu peralatan penyulingan sederhana, terdiri dari rangka kayu segi empat yang bagian samping dan atasnya ditutup dengan kaca. Permukaan tanah merupakan dasar dari peralatan, dengan demikian peralatan dapat digunakan di atas tanah yang basah akibat hujan serta air buangan. Hasil maksimum yang didapat dari peralatan ini hanya 1,5 liter/m²/hari.

Lawrence dan Tiwari (1990) meneliti, ada faktor yang sangat berpengaruh pada jumlah intensitas radiasi matahari, yaitu letak geografis suatu tempat. Tidak semua tempat di suatu wilayah memiliki intensitas radiasi matahari yang sama.

Delyanis dan Belessiotis (2001) dan Kharabsheh dan Goswami (2003), mengemukakan salah satu alasan utama yang melatar belakangi rendahnya efisiensi *solar still* (peralatan pemurnian air tenaga surya) karena sekitar 30-40% adalah kehilangan panas laten kondensasi kelingkuangan dan panas laten yang terbuang oleh kondensat.

Sudjito (2002) meneliti pentingnya penggunaan *heat-absorber* (media penyerap dan penyimpan panas) radiasi matahari pada *solar still* yang berfungsi merubah energi gelombang elektromagnetik radiasi matahari menjadi energi panas untuk penguapan air laut.

Nita (2004) menambahkan bahan batu kerikil diameter 1 cm sebagai *heat absorber*, dari hasil pengamatan diperoleh bahwa adanya batu kerikil akan menambah luas permukaan

penguapan dan pemantulan radiasi matahari secara acak. Selain itu akan menambah volume penyimpanan energi panas oleh *solar still*.

Jaster (2002) melakukan suatu penelitian dengan mengkondisikan temperatur kaca penutup dengan cara mengalirkan air secara berkala dan kontinyu di permukaan kaca penutup sampai temperatur terendah yaitu 37°C dengan peningkatan efisiensi 68,66%.

Handoyo (2002), penelitian yang dilakukan adalah mengenai pengaruh jarak kaca dan *heat absorber* terhadap panas yang diterima *solar still*. Dalam penelitiannya ini, radiasi matahari terbesar yang mampu diteruskan adalah pada jarak kaca dengan *heat absorber* sejauh 20 cm.

Hirmawan dkk (2009) Melakukan penelitian guna memecahkan permasalahan penyediaan air tawar (air bersih) di kawasan pesisir, yang dalam penelitian ini lokasi dilakukan di kawasan Pantai Paranggupito Kabupaten Wonogiri, melalui proses destilasi air laut menjadi air tawar dengan menggunakan energi panas yang berasal dari energi surya dan pembakaran sekam padi. Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah kerikil, pasir laut dan arang, sementara peralatan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah distilator bersistem kolektor pelat datar dengan bahan kolektor divariasi dengan tiga material (kerikil, pasir laut, arang). Hasil penelitian menunjukkan bahwa desain distilator air laut terbaik sesuai hasil penelitian adalah distilator dengan kolektor panas terbuat dari arang dan dengan sistem 2 lapis kaca bertenaga surya, dimana dengan distilator ini dapat menghasilkan uap air 9,58 % sampai dengan 53,3 % dari air laut umpan dan mampu mengembunkan 16,3 % sampai dengan 42,1 % potensi uap air tersebut.

Taufik Akhirudin (2007) melakukan penelitian dengan tujuan mengetahui dan membandingkan produktivitas dari tiga desain alat distilator air laut berbasis tenaga surya, menentukan produktivitas terbaik dari tiga desain alat distilator berbasis tenaga surya, menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas alat, mengetahui kualitas air yang dihasilkan dari proses kerja alat destilasi air laut berbasis tenaga surya. Hasil yang didapatkan adalah Kualitas air yang dihasilkan memiliki salinitas nol, parameter warna 0,432-0,787 Unit PtCo, kekeruhan 0,4-2,0 NTU, nilai pH 7,8-8,2, rasa tawar (normal) dan bau normal (tidak berbau). Hasil uji kualitas air telah memenuhi syarat standar air minum menurut SNI 01-3553-1996.

Agus Mulyono (2006), melakukan penelitian tentang Karakteristik *Basin Still* dengan Penurunan Tekanan Ruang *Basin* pada Destilasi Air Laut Tenaga Matahari. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui produktivitas dan efisiensi *basin still* terhadap perubahan tekanan ruang basin dalam menghasilkan air bersih. Tiga *basin still* dengan dimensi dan kondisi yang sama, dengan tekanan pada ruang *basin still* adalah 1 bar, 0,9 bar dan 0,8 bar. *Basin still* mempunyai luasan sebesar 0,125 m², dengan penutup terbuat dari kaca bening dengan tebal 5 mm yang membentuk sudut 170 terhadap dasar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *basin still* yang mempunyai tekanan kurang dari 1 bar akan meningkatkan produksi air bersih. Untuk tekanan 1 bar menghasilkan air bersih 2384 mililiter/m² dengan efisiensi 33,91%, tekanan 0,9 bar menghasilkan air bersih 2592 mililiter/m² dengan efisiensi 39,72% dan tekanan 0,8 bar menghasilkan 2736 mililiter/m² dengan efisiensi 42,49%.

Muharsono (1992), melakukan penelitian tentang perbedaan Jenis Bahan Alat Destilasi Air Laut Terhadap Jumlah Air yang dihasilkan. Dalam hal ini menggunakan bahan alat yang berbeda yaitu bahan aluminium dan kaca, apakah ada perbedaan hasil antara dua jenis bahan tersebut untuk menghasilkan air tawar dari air laut. Lokasi penelitian di Kelurahan Tambakharjo kecamatan Semarang Barat. Hasil penelitian ternyata bahan baku alat destilasi berpengaruh terhadap hasil destilasi. Ada perbedaan hasil antara dua jenis bahan aluminium dan kaca, bahan dari aluminium menghasilkan air lebih banyak daripada kaca.

Mulayanet dkk (2006) melakukan penelitian pada distilator *basin type solar still* dengan tujuan untuk menentukan tipe kaca penutup kolektor yang sesuai untuk dipasang pada peralatan destilasi air laut jenis tersebut. Dari hasil penelitiannya didapatkan bahwa tipe penutup kolektor plat datar tipe dua permukaan miring menghasilkan kondensat terbanyak sebesar 255 ml/jam dengan intensitas surya tertinggi 757,37 W/m².

Ketut Astawa (2008) mengembangkan *basin type solar still* dengan kaca penutup kolektor plat datar tipe satu permukaan miring dengan menambahkan pada *solar still* tersebut pipa kondensat dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi dari distilator tersebut. Dari hasil penelitiannya didapatkan bahwa terjadi peningkatan efisiensi sebesar 46,1%.

B. Pengertian tentang destilasi

Destilasi merupakan istilah lain dari penyulingan. Menurut kamus besar bahasa Indonesia edisi II (1995) penyulingan diartikan sebagai "proses mendidihkan zat cair dan mengembunkan uap serta menampung embun didalam wadah yang lain". Shadily Hassan (1984) memberikan pengertian tentang destilasi sebagai "proses pemanasan suatu bahan pada pelbagai temperatur, tanpa kontak dengan udara luar, untuk memperoleh hasil tertentu". *Oxford Dictionary* (2003) menyebutkan bahwa : "*distill is change a liquid to gas by heating it, and then cool the gas and collect the drop of liquid*" (penyulingan adalah perubahan dari cair ke bentuk gas melalui proses pemanasan cairan tersebut, dan kemudian mendinginkan gas hasil pemanasan, dan selanjutnya mengumpulkan tetesan cairan yang mengembun).

Jenis dan macam distilator sangat bervariasi, tetapi menurut Meyers, R.A. (1992) distilator yang lazim digunakan dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis. Adapun jenis-jenis distilator dimaksud yaitu *flash distilator*, *batch distilator* dan *extractive & azeotropic distilator*. *Flash distilator* adalah jenis distilator yang bahan bakunya dimasukkan secara terus-menerus, sehingga kontinuitas bahan baku dan produksinya akan terus mengalir sepanjang waktu. *Batch distilator* merupakan jenis distilator dimana bahan baku yang dimasukkan diproses sampai dengan habis teruapkan. Setelah habis teruapkan, bahan baku berikut dimasukkan kembali. *Batch distilator* sering juga disebut sebagai distilator tipe curah. *Extractive & azeotropic distilator* pada dasarnya sama dengan *flash* atau *batch*, yang membedakannya adalah bahwa pada jenis *extractive & azeotropic* distilator ini, bahan yang akan disuling dicampur dengan bahan pelarut tertentu (*solvent*). *Solvent* ini berfungsi untuk dapat dengan cepat memisahkan cairan atau minyak yang diinginkan (ekstraksi), bar kemudian diuapkan. Selanjutnya uap diembunkan dan ditampung, sebagai hasil dari proses destilasi.

Salvato (1972) mengemukakan bahwa destilasi sangat berguna untuk konversi air laut menjadi air tawar. Konversi air laut menjadi air tawar dapat dilakukan dengan teknik destilasi panas buatan, solar distillation (destilasi tenaga surya), elektrodialisis, osmosis, gas hydration, *freezing*, dan lain-lain. Vulkan & Verlag (1978) mengingatkan bahwa untuk pembuatan instalasi distilator yang terpenting harus tidak korosif, murah, praktis dan awet.

C. Tenaga surya (*solar energy*)

Tenaga surya (*solar energy*) adalah merupakan energi yang bersumber dari sinar matahari. Menurut Herman Johannes (Hardjosoemantri, K.(2002)) pemanfaatan energi surya dikelompokkan menjadi 2 (dua) kategori, yakni pemanfaatan energi surya secara langsung dan tidak langsung. Pemanfaatan energi surya secara tidak langsung adalah berupa pemanfaatan biomassa untuk sumber energi. Lakitan, B. (2004) mengatakan bahwa energi surya yang sampai ke bumi, sebagian kecil akan dikonversi menjadi energi kimia oleh tumbuhan melalui proses fotosintesis yang kompleks. Produk akhir dari fotosintesis adalah biomassa. Dengan demikian biomassa merupakan energi surya tak langsung.

Pemanfaatan energi surya secara langsung adalah dengan menggunakan sinar matahari sebagai sumber energi utama secara langsung. Pemanfaatan energi surya harus mempertimbangkan sifat-sifat fisika dari sinar matahari. Lakitan, B. (2002) mengatakan bahwa untuk mengkaji tentang aspek fisika cahaya ada beberapa hal yang harus diperhatikan diantaranya : porsi serapan cahaya (*absorbitivity*), porsi pantulan (*reflectivity*), porsi terusan (*transmissivity*), daya pancar (*emisivity*), aliran energi cahaya (*radian flux*), kerapatan aliran energi cahaya (*radiant flux density*), intensitas terpaan (*irradiance*) dan intensitas pancaran cahaya (*emmitance*). Tenaga surya pada dasarnya adalah sinar matahari yang merupakan radiasi elektromagnetik pada panjang gelombang yang tampak dan yang tidak tampak, yakni mencakup

spektrum cahaya inframerah sampai dengan cahaya ultraviolet. Masing-masing spektrum cahaya matahari memiliki panjang gelombang, frekuensi dan energi yang berbeda.

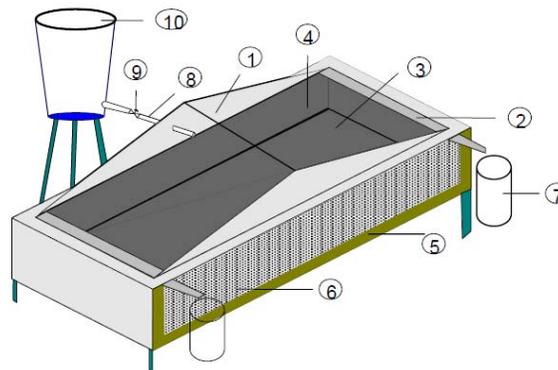
D. Distilator Surya

Distilator surya dibuat dengan bentuk tadahan-tadahan air sebagai tempat menuangkan air yang akan didistilasi. Tadahan-tadahan tersebut berhubungan melalui pipa penghubung dan disusun sedemikian rupa sehingga saling bersambung dan saling membawahi sehingga membentuk sudut kemiringan 30° . Hal ini menyebabkan air bisa mengalir dari penadah atas ke bawah akibat gaya gravitasi. Pada bagian atas, susunan tadahan tersebut ditutup dengan penutup transparan (Kaca, mika, akrilik, plastik). Dengan demikian, cahaya matahari dapat masuk memansakan air, sehingga menyebabkan terjadinya penguapan air. Uap air yang terbentuk naik ke atas, dan akibat terhalang oleh permukaan bawah/dalam penutup yang memiliki temperatur yang lebih rendah, berakibat uap air terkondensasi membentuk butir-butir air (kondensat). Karena posisi pemasangan penutup dibuat miring, butir-butir kondensat tersebut mengalir sepanjang penutup dan jatuh di bagian ujung untuk selanjutnya ditampung. (M Roil Bilad, 2009)

Selanjutnya M. Roil Bilan (2009) menerangkan dalam artikelnya bahwa *flux energy* surya yang sampai ke permukaan atmosfer bumi rata-rata adalah 1.4 kW/m^2 . Namun demikian karena berbagai faktor, hanya kurang dari 1 kW/m^2 yang benar-benar sampai ke permukaan tanah pada siang hari. Jumlah flux energy yang diterima oleh distilator surya tergantung pada kemiringan, kondisi cuaca, lokasi, dan lain-lain. Flux maksimum energy yang bisa diterima oleh distilator surya kira-kira $8 \text{ kW jam/m}^2/\text{hari}$. Namun demikian, pada banyak distilator surya satu yang telah dibuat, paling banyak menerima $6 \text{ kW/m}^2/\text{hari}$ (perkiraan di Indonesia, di USA hanya $5 \text{ kW/m}^2/\text{hari}$). Energy ini cukup besar untuk digunakan menguapkan air. Untuk menguapkan air diperlukan energi sebesar 540 kalori/gram. Jadi untuk menguapkan 1 liter air diperlukan energi sebesar $0,628 \text{ kW jam/m}^2/\text{day}$ pada temperatur konstan. Jadi jika $6 \text{ kW jam/m}^2/\text{hari}$ digunakan untuk distilasi, maka diperoleh 9,6 liter/m²/hari. Dari perhitungan ini dapat dihitung luas distilator surya yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan air sehari-hari.

E. Distilasi Surya tipe Basin

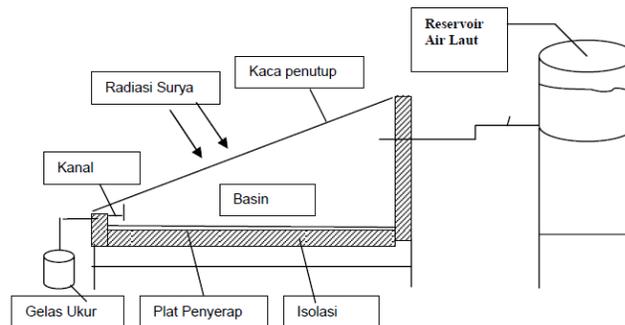
Prinsip kerja distilasi surya tipe *basin* diperlihatkan pada Gambar 1 Radiasi surya menembus kaca penutup dan mengenai permukaan dari plat penyerap, maka plat penyerap akan panas, dan energi panas dari plat penyerap akan memanasi air laut yang ada didalam baskom (*basin*). Air akan menguap dan berkumpul dibawah permukaan kaca penutup. Oleh karena temperatur udara di dalam basin lebih tinggi dari pada temperatur lingkungan, maka terjadi kondensasi yaitu uap berubah menjadi cair dan melekat pada kaca penutup bagian dalam. Cairan (air bersih) akan mengalir mengikuti kemiringan kaca penutup dan masuk kedalam kanal, terus mengalir ke tempat penampungan air bersih. Sedangkan garam akan tinggal diatas plat penyerap karena adanya perbedaan massa jenis (Mulayanet dkk, 2006)



Keterangan gambar:

1. Kaca penutup
2. Kanal
3. Plat penyerap
4. Basin
5. Isolasi
6. Rangka
7. Tabung, tempat air bersih
8. Pipa
9. Katup
10. Reservoir air laut

Gambar 1. Destilasi Surya Tipe Dua Permukaan Kaca Miring
(Dikutip dari Mulayanet dkk, 2006)



Gambar 2. Destilasi Surya Tipe Satu Permukaan Kaca Miring
(Dikutip dari Mulayanet dkk, 2006)

F. Tinjauan Thermal Pada Sistem Distilator Surya

Dalam distilator surya akan terjadi perpindahan panas yang terdiri dari :

1. Konduksi
Panas mengalir secara konduksi dari daerah yang bertemperatur tinggi ke daerah yang bertemperatur rendah. Laju perpindahan panas dinyatakan dengan hukum Fourier berikut:

$$q = k.A.dT/dx$$

K = konduktivitas termal (W/m.°K)

A = luas penampang tegak lurus terhadap arah aliran panas

dT/dx = gradien temperatur dalam arah aliran panas (°K/m)

(Holman. JP, 1993)

2. Konveksi

Udara yang mengalir diatas suatu permukaan panas, misalnya dalam saluran baja sebuah alat pemanas udara surya dipanasi secara konveksi. Apabila aliran udara disebabkan oleh sebuah blower, kita menyebutnya sebagai konveksi paksa dan apabila disebabkan oleh gradien massa jenis, maka disebut konveksi alamiah.

Pada umumnya, perpindahan panas konveksi dapat dinyatakan dengan hukum pendinginan Newton sebagai berikut :

$$q = h.A.(T_w - T) \text{ (watt)}$$

Dimana :

h = koefisien konveksi (W/m².°K)

A = luas permukaan (m²)

T_w = temperatur dinding (°K)

T = temperatur fluida (°K)

Umumnya koefisien konveksi (h) dinyatakan dengan parameter tanpa dimensi yang disebut bilangan Nusselt (menurut nama dari Wilhelm Nusselt), $Nu = h \cdot d/k$, dimana (k) adalah konduktivitas termal (Holman. JP, 1993).

3. Radiasi

Berlainan dengan mekanisme konduksi dan konveksi dimana perpindahan energi terjadi melalui perantara, kalor juga dapat berpindah melalui daerah– daerah hampa. Mekanismenya disini adalah sinaran atau radiasi Elektromagnetik. Penukaran panas netto secara radiasi antara dua badan ideal (hitam) adalah :

$$q = \epsilon \cdot A \cdot \sigma \cdot (T_s^4 - T_{sur}^4) \text{ (watt)}$$

Dimana :

σ = konstanta Stefan-Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{°K}$)

A = luas bidang (m^2)

(Holman. JP, 1993).

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium & Bengkel Teknik Mesin Politeknik Negeri Banjarmasin. Dimensi dan bahan yang digunakan pada kedua *basin type solar still* adalah:

1. Penutup bagian atas solar still terbuat dari kaca transparan dengan tebal 5mm.
2. Dinding dan alas terbuat dari kaca dengan tebal 8 mm
3. Dimensi dan solar still, panjang 50 cm, lebar 25 cm tinggi bagian tengah 32 cm dan bagian samping 16 cm.
4. *Heat absorber* menggunakan pelat aluminium dengan ketebalan 0,8 mm, luas 0,125 m^2 (panjang 50 cm dan lebar 25 cm) dan dilubangi dengan jarak 2 cm dengan diameter lobang 2 mm. Permukaan atas heat absorber ditutup dengan batu kerikil berdiameter 1 cm, sedang bagian bawah diisolasi.
5. Pipa kondensat terbuat dari pipa tembaga berdiameter luar 1,9 cm tebal 0,8 mm dengan panjang efektif 1,8 m dan dibentuk *zig-zag*.
6. Gelas ukur, untuk tempat air bersih hasil kondensasi.
7. *Styrofoam*, untuk isolasi dinding dan alar dengan tebal 2 cm

Pelaksanaan pengujian dilakukan pukul 07.00 sampai dengan 17.00 WITA, pengambilan waktu pengujian ini untuk mengetahui pengaruh intensitas radiasi matahari dalam satu hari terhadap unjuk kerja *solar still*, sehingga hasilnya dalam bentuk grafik akan dapat diketahui bagaimana solar still dapat bekerja dengan maksimal berdasarkan intensitas radiasi matahari saat itu. Pengujian dilakukan secara bersamaan antara *basin still* yang menggunakan pipa kondensat dengan yang tidak menggunakan pipa kondensat, hal ini bertujuan untuk membandingkan secara langsung pada kondisi yang sama terhadap efisiensi dan hasil produksi air bersih yang dihasilkan oleh masing-masing *solar still*. Sedangkan produk air bersih yang dihasilkan oleh masing-masing alat juga diukur pada keesokan pagi karena pada saat malam hari proses pengembunan masih terjadi.

Setelah semua peralatan terpasang dan diuji, maka langkah pertama adalah memeriksa ketinggian volume air laut dalam basing dengan melihat ketinggian air laut dari masing-masing *solar still*.

B. Cara Pengoperasian Alat

Preheater diletakan di bagian samping bak destilator dengan permukaan lebih tinggi dari bak *destilator*, *preheater* terbuat dari pipa tembaga berdiameter 9,52 mm yang dibentuk melingkar dan dilapisi dengan pelat aluminium. *Preheater* berfungsi untuk meningkatkan suhu air baku sebelum di alirkan kedalam bak *destilator*. Suhu Air yang keluar dari *Preheater* setelah dijemur sebesar 32 °C. Bak destilator diletakan di atas meja dengan diberi penyekat *sterofoam* dengan tebal 20 mm sebagai isolator panas. Meja atau panggung digunakan untuk

memudahkan penampungan air hasil destilat, juga kemudahan saat penyetelan permukaan air baku agar permukaan air rata, serta menjaga keamanan rumah kaca. Ketinggian meja sekitar 60 cm di atas permukaan tanah. Posisi meja diletakkan pada daerah terbuka yang bebas dari keteduhan sejak pukul 09.00 hingga pukul 16.00. Bak penguap diisi air baku yaitu air laut yang sudah dinaikkan suhunya terlebih dahulu dengan cara dijemur dalam *preheater* dari pukul 09.00 – 10.00 dan kemudian permukaan air di atur hingga sejajar dengan dasar bak.

Di sekeliling bak dipasang *sterofoam* setebal 20 mm yang dilapisi dengan *aluminium foil* dan plat aluminium yang berfungsi sebagai isolator panas. Pipa tembaga (*kondensat*) yang di bentuk zig zag di bagian dasar *destilator* merupakan salah satu elemen penting yang berguna menyerap panas secara optimal dari matahari .

Setelah selesai pasang atap kaca (ditutupkan) dengan posisi atap kaca yang miring sebagai bentuk Segitiga siku - siku sebelah utara dan selatan. Untuk menampung air hasil destilat, pada talang *Outlet* dipasang pipa tembaga dan dihubungkan ke botol penampungan melalui selang plastik. Botol penampungan produk diletakkan di bagian bawah dari bak penampung dan di tempatkan di tempat yang teduh untuk menghindari adanya kemungkinan terjadinya penguapan. Rangkain *destilator* ini telah selesai sebelum pukul 09.00. Kemudian produk (hasil penguapan) di ukur volumenya setiap satu jam dengan menggunakan botol ukur. Pengujian dilakukan pada kondisi cuaca sepenuhnya tidak berawan (terik dan cerah).

Secara teoritis, produk destilasi yang dihasilkan masih memiliki zat organik yang bernama ammonia. Ammonia adalah penyebab iritasi dan korosi, meningkatkan pertumbuhan mikroorganisme, dan mengganggu proses desinfeksi dengan khlor.

Proses produksi destilat air laut menggunakan tenaga surya sangat dipengaruhi beberapa factor, antara lain :

- Intensitas dan arah matahari, material plat penyerap dan isolasi agar terjadi perpindahan panas yang optimal dan kerugian panas yang sedikit.
- Material isolasi harus mampu menahan panas konduksi ke udara luar, sehingga kerugian panas akibat konduksi dapat diperkecil.
- Radiasi matahari juga merupakan factor yang mempengaruhi besarnya produksi destilat, artinya radiasi matahari besar akan memberikan temperatur yang besar.
- Luas penampang atap kaca merupakan parameter pertama yang menentukan besar kecilnya produksi destilat.
- Volume atau ketebalan air baku yang ada dalam bak destilat juga mempengaruhi jumlah produk. Karena semakin banyak
- volume air di dalam bak maka semakin lama proses penguapannya,
- Sudut atap rumah kaca juga berpengaruh terhadap hasil produk, karena jika sudut terlalu rendah menyebabkan uap air sukar untuk mengalir ketalang.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 Produksi Destilat tiap Jam

jam	Rata - rata Temperatur Destilator 54 °C			Rata-rata
	28-06-2011	29-06-2011	30-06-2011	
09.00 - 10.00	11 ml	13 ml	13 ml	12,3 ml
10.00 - 11.00	27 ml	29 ml	30 ml	28,6 ml
11.00 - 12.00	32 ml	35 ml	33 ml	33,3 ml
12.00 - 13.00	46 ml	47 ml	45 ml	46 ml
13.00 - 14.00	69 ml	73 ml	70 ml	72,6 ml
14.00 - 15.00	84 ml	86 ml	84 ml	84,6 ml
15.00 - 16.00	105 ml	108 ml	101 ml	104,6 ml
Jumlah Produksi	374 ml	391 ml	376 ml	380,3 ml

A. Volume Destilator

$$\begin{aligned}
 V &= V_{\text{prisma}} + V_{\text{balok}} \\
 &= . a . t . (t) + p.l.t \\
 &= . 50 . 50 . (100) + 100 . 50 . 25 \\
 &= 125000 + 125000 \\
 &= 250000 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

B. Laju Destilasi

$$L_v = \text{Error! No bookmark name given.} = 0,1086 \text{ l/m}^2 \cdot \text{jam}$$

C. Perpindahan Kalor Secara Radiasi

Radiasi adalah proses dimana kalor mengalir dari benda bersuhu tinggi menuju ke suatu benda yang bersuhu lebih rendah, bila benda-benda itu terpisah dalam ruangan dan bahkan bila terdapat ruang hampa di antara benda-benda tersebut. Untuk menghitung laju pancaran radiasi pada suatu permukaan dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

$$q = \epsilon \cdot A \cdot \sigma \cdot (T_s^4 - T_{\text{sur}}^4)$$

(sumber : J.P Holman perpindahan kalor, 1997, hal. 14)

Perhitungan radiasi alat :

1. Pada kaca

$$\begin{aligned}
 q &= 0,8 \cdot (5,67 \times 10^{-8}) \cdot 0,7 \cdot (328^4 - 300^4) \\
 &= 110,31 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

2. Pada alumunium yang terdapat didalam bak

$$\begin{aligned}
 q &= 0,1 \cdot (5,67 \times 10^{-8}) \cdot 0,485 \cdot (328^4 - 300^4) \\
 &= 9,55 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

3. Pada tembaga (pipa kondensat)

$$\begin{aligned}
 q &= 0,1 \cdot (5,67 \times 10^{-8}) \cdot 0,97 \cdot (353^4 - 300^4) \\
 &= 19,1 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

Jadi rata – rata radiasi alat adalah : $\frac{110,31+9,55+19,1}{3} = 46,32 \text{ watt}$

3

D. Energi dan Efisiensi Alat

1. Energi radiasi yang diserap oleh plat penyerap

$$\begin{aligned}
 Q_{in} &= \alpha \cdot I_T \cdot A_c \\
 &= 0,15 \cdot 1020 \cdot 0,485 \\
 &= 74,205 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

2. Energi yang hilang dari kolektor

$$\begin{aligned}
 Q_{Losses} &= U_L \cdot A_c \cdot (T_p - T_a) \\
 &= 0,7 \cdot 0,485 \cdot 28 \\
 &= 9,5 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

3. Energi yang berguna pada destilasi air laut

$$\begin{aligned}
 Q_u &= A_c (I_T \cdot \alpha) - U_{Losses} (T_p - T_a) \\
 &= 0,485 \cdot (1020 \cdot 0,15) - 0,7 \cdot 28 \\
 &= 54,2 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

4. Efisiensi kolektor
 $0,735\% = 73,5$

5. Efisiensi Destilator
 $1,677\% = 167,7$

E. Kapasitas Produk

KP 0,054 kg/jam

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. *Preheater* berfungsi untuk meningkatkan suhu air baku sebelum di alirkan ke dalam bak *destilator*
2. Laju Destilasi 0,1086 l/m².jam, Efisiensi produk 0,0190%, Radiasi kaca 110,31 watt,
3. Radiasi alumunium yang terdapat didalam bak 9,55 watt, Pada pipa tembaga 19,1 watt, Energi yang di serap plat 74,205 watt, energi yang di serap kolektor 9,5 watt, energy yang berguna 55,2 watt, efisiensi kolektor 0,743%
4. Efisiensi destilator 1,677%, kalor uap zat 1,99 kkal/jam . kg, kapasitas Produk 0,054 kg/jam.

Saran

1. Penggunaan pipa tembaga yang lebih besar agar panasnya lebih tinggi.
2. Luas alat yang lebih besar untuk mendapatkan hasil yang lebih besar.
3. Untuk mempercepat proses *distilator* digunakan bak penampung yang tingginya 10 cm dengan atap kaca
4. Perlu juga diteliti lagi efek gabungan dengan penambahan *preheater* dan *Heat recovery pipe* terhadap peningkatan efisiensi.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Al-Kharabsheh S. D., Yogi Goswami, 2003, *Analysis of an Inovative Water Desalination System Using Low-Grade Solar Heat, Solar Energy and Conversion Laboratory*, Mechanical and Aerospace Engineering Dapartment, University of Florida.
- [2] Agus Mulyono, 2006 , Karakteristik Basin Still Dengan Penurunan Tekanan Ruang Basin Pada Destilasi Air Laut Tenaga Matahari, Universitas Brawijaya, Malang
- [3] Anonim , 2003, *Oxford Dictionary*, New Edition, Oxford University Press.
- [4] Anonim. 2008. Desalinasi: Menguapkan Air Laut Menjadi Air Bersih.<URL: http://digilibampl.net/detail/detail.php?row=0&tp=artikel&ktg=airlimbah&kd_link=&kode=1576>, Feb,25,2010
- [5] Brinkworth, BJ , 1976, *Solar energy for man*, Comton Press

- [6] Beckman, W.A., and Duffie, J.A., 1991, *Solar Engineering of Thermal Processes*, John Wiley and Son, New York.
- [7] Delyanis, E dan Belessiotis V., 2001, *Solar Energy and Desalination, Advances in Solar Energy, An Annual Review of Research and Depolepment*. D.Y. Goswami, Ed., Vol 14, Amerecan Solar Energy Society, Boulder Clorado
- [8] Fadjar Adrianto dan Arif Hatta, 2009,. Alat Destilasi Air Laut: Mengolah Air Laut Menjadi Air Minum <http://www.wartaekonomi.co.id>, Maret, 25, 2010
- [9] Handoyo A.E., 2002, Pengaruh Jarak Kaca ke Heat Absorber Terhadap Panas yang diterima Suatu Heat Absorber, *Jurnal Teknik Mesin Universita Kristen Petra*, Vol 4, No.1.
- [10] Holman, J.P., 1993, *Perpindahan Kalor*, Terjemahan Jasjfi E, Erlangga Jakarta
- [11] Himawan, Dwi Aries, Supriyadi, 2009, Destilasi air laut menjadi air tawaar dengan memanfaatkan energi surya dan pembakaran sekam padi di Paranggupito Kabupaten Wonogiri. <http://www.lppm.uns.ac.id>,Feb, 25,2010
- [12] Harja Soemantri, K (2002), *Hukum Tata Lingkungan*, Edisi VII, Gadjah Mada Uninersity Press, Yogyakarta
- [13] Jackson R.R., Van Bavel C.H.M., 1965, Solar Distillation of Water from Soil and Plant Material, *a Simple Desert Survival Tecnique Science*, 149, Holand
- [14] Jaster B.H., 2002, Analisis dan Riset Optimasi Temperatur Kaca Penutup Solar Still, *Jurnal Ilmu-ilmu Teknik Universitas Brawijaya Malang*.
- [15] Ketut Astawa, 2008, Pengaruh Penggunaan Pipa Kondensat Sebagai Heat Recorvery Pada Basin Type Solar Still Terhadap Efisiensi, *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakram*, Vol 2, No.1, 34-41
- [16] Karnaningroem, N. 1990. *Efisiensi Evaporsi Sebagai Metoda Penyediaan Air Minum Dari Sumber Air Payau*. FTSP. Puslit-ITS
- [17] Lawrence S.A., Tiwari, GN,. 1990, *Theorical Evaluation of Solar Distillation Under Natural Circulation with Heat Exchanger*, Energy Conv. Management America
- [18] Lempoy K. A., Sudjito, R. Soenoko, 2003, Riset Pilot Proyek Basin Tipe Solar Still di Pesisir Probolinggo, *Jurnal Ilmu-ilmu Teknik Universitas Brawijaya* , Vol X, No.3, 198-201
- [19] Lakitan, B. (2004), *Dasar-dasar klimatologi*, PT Raja Grafindo Persada, Jakarta
- [20] M. Roil Bilad, 2009, **Teknologi Distilator Surya Untuk Produksi Air Bersih** [file:///E:/Download/788-teknologi-distilator-surya-untuk-produksi-air bersih.html](file:///E:/Download/788-teknologi-distilator-surya-untuk-produksi-air%20bersih.html), Juni, 1, 2010
- [21] Muharsono, 1992 , Perbedaan Jenis Bahan Alat Destilasi Air Laut Terhadap Jumlah Air yang dihasilkan. Undergraduate thesis, Diponegoro University, <file:///E:/Download/Perbedaan%20jenis%20bahan%20undip.htm>, Juni, 1, 2010

- [22] Mulyanet, dkk Sistem Distilasi Air Laut Tenaga Surya Menggunakan Kolektor Plat Datar Dengan Tipe Kaca Penutup Miring, 2006 http://noviwidi.blog.uns.ac.id/files/2010/05/sistem_distilasi_air_laut_tenaga_surya_menggunakan_kolektor_plat_.pdf, Mei, 15,2010.
- [23] Meyers, R.A. (1992), *Encyclopedia of physical science and technology*, 2nd edition Volume 5, Academic press, New York
- [24] Nita C.V., Sudjito, 2004, Usaha-usaha Untuk Meningkatkan Efisiensi dan Produktivitas Solar Still, *Jurnal Publikasi Ilmiah Program Pascasarjana Universitas Brawijaya Malang*
- [25] Sudjito, 2002, Penelitian Penyerap Radiasi Matahari Untuk Peralatan Distilasi Air Laut Jenis Solar Still, *Jurnal Ilmu-ilmu Teknik Universitas Brawijaya*, Vol 14, No.2, 147-153
- [26] Sudjito dan P. Rahardja. 1993. Prospek aplikasi teknologi distilasi air laut tenaga matahari. *Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik (Engineering)*. Vol. 13, No. 2, 150-155.
- [27] Shadily, Hasan (1984), *Ensiklopedia Indonesia*, Ikhtiar Baru – Van Hoeve, Jakarta
- [28] Salvato, JA (1972), *Environmental Engineering and Sanitation*, John Willy & Sons, New York
- [29] Sugeng Abdullah, 2005, *Pemanfaatan Distilator Tenaga Surya (Solar Energy) Untuk Memproduksi Air Laut*. Program Studi Ilmu Lingkungan Pascasarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [30] Taufik Akhirudin , 2007, Desain Alat Destilasi Air Laut Berbasis Tenaga Surya Sebagai Alternatif Penyediaan Air Bersih, <ile:///E:/Download/desain-alat-destilasi-air-laut-berbasis.html>, Mei,27,2010
- [31] Vulkan & Verlag Essen (1978), *Sea Water and Sea Water Destilation*, Homig, HE.