

# SUPLAI AIR BERSIH YANG MURAH DAN BERKELANJUTAN (ECO EFFICIENT)

Maharani Hazar\*

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Bandung  
Jalan Ganesa No. 10, Bandung, Indonesia

\*Corresponding Author: [maharanihazar@students.itb.ac.id](mailto:maharanihazar@students.itb.ac.id)

## Abstrak

*Kebutuhan air saat ini terus meningkat seiring dengan tingginya populasi manusia, namun hal ini tidak seiring dengan jumlah air bersih yang ada. Jumlah air bersih yang tersedia semakin sedikit disebabkan kontaminasi air dengan bahan yang berbahaya bagi manusia. Kontaminasi diakibatkan oleh proses kehidupan manusia dan industri. Oleh sebab itu dibutuhkan teknologi pengolahan lebih lanjut untuk mendapatkan air bersih. Teknologi pengolahan air telah berkembang luas, dari proses yang sederhana yang digunakan pada zaman dahulu hingga teknologi yang kompleks. Teknologi pengolahan air disesuaikan dengan kondisi lingkungan dan sumber air yang akan diolah, serta dengan memperhatikan kelebihan dan kekurangan teknologi tersebut. Pengolahan air dengan metoda desalinasi hanya dapat dilakukan pada daerah pantai atau laut. Metoda riverbank filtration dan lakebank filtration dapat dilakukan pada daerah di tepi sungai dan danau. Pada daerah yang memiliki alat dan bahan terbatas dapat mengaplikasikan metoda sand filtration. Pengolahan air dengan membran, jenis daerah untuk mengaplikasikan metoda ini sangat luas, baik lautan (desalinasi) dan dataran (pengolahan air limbah). Artikel ini akan memaparkan teknologi pengolahan air yang mempertimbangkan aspek ekonomi, seperti biaya capital dan operasional untuk mendapatkan air bersih dengan teknologi yang murah dan berkelanjutan.*

**Kata kunci :** air bersih, murah, berkelanjutan, teknologi pengolahan air

## 1. Pendahuluan

Air selalu menjadi penting sebagai penopang hidup manusia dan kebutuhan esensial bagi seluruh organisme. Air bersih pada masa sekarang menjadi masalah utama setiap negara. Hal ini disebabkan pertumbuhan manusia yang seiring dengan kebutuhan air bersih yang menunjang kehidupan. Terlebih, semakin banyak sumber mata air rusak akibat proses kehidupan itu sendiri dan industrialisasi. Air tidak hilang, namun berubah bentuk dan berpindah tempat. Air terkontaminasi dengan komponen lain sehingga tidak bisa langsung digunakan kembali.

Berdasarkan laporan WHO, pada tahun 2008 lebih dari 2,6 triliun orang hidup tanpa akses fasilitas sanitasi dan hampir 900 miliar orang tidak mendapatkan air minum langsung dari sumber air. 3,3 miliar orang meninggal diakibatkan penyakit yang berhubungan dengan masalah air setiap tahun dan 46%

orang di dunia tidak memiliki saluran air di rumah [1].

*Public awareness* pada krisis air meningkat di seluruh dunia. Berikut adalah solusi berkelanjutan yang membutuhkan pengembangan inovasi untuk mengatasi *water shortage*:

- Air laut/ *brackish* dan air marginal sebagai sumber desalinasi
- Recovery dan reuse air limbah industri
- Penyuplaian air terbagi sesuai dengan kebutuhan dan batas kualitas yang dibutuhkan.

Dengan sistem produksi air terintegrasi, pemurnian, distribusi dan *reuse* diharapkan dapat memecahkan masalah dasar dari kualitas dan kuantitas air, perlindungan pada lingkungan dan reduksi konsumsi energi dan biaya pengelolaan air [2].

Salah satu solusi untuk mengatasi masalah "*sustain clean water*" adalah desalinasi. Kapasitas desalinasi air laut yang telah digunakan adalah 62,8 milliar

m<sup>3</sup>/hari. Masalah yang menjadi perhatian pada proses desalinasi adalah biaya yang tinggi, optimasi pre-treatment, dan dampak lingkungan pabrik akibat pembuangan limbah sering terjadi pada air tanah dan alir laut [2].

Solusi lain untuk masalah adalah dengan “*membrane engineering*”. Dengan *membrane engineering* target yang diinginkan adalah keuntungan pada manufacturing dan proses, ukuran alat yang lebih kecil dan *sustainable*, efisiensi plant, hemat energi, mengurangi *capital cost*, meminimalkan *impact* pada lingkungan, meningkatkan *safety*, dan automatisasi. Dengan teknologi membran diharapkan berpotensi menggantikan teknik pemisahan dengan konsumsi energi yang tinggi, seperti destilasi dan evaporasi. Selain desalinasi air laut, membran dapat diaplikasikan pada air limbah industri dan air payau untuk mendapatkan air bersih.

Pada makalah ini memaparkan mengenai teknologi dan sistem yang digunakan untuk mendapatkan suplai air bersih yang *sustainable* dengan biaya yang rendah dengan tidak melupakan aspek lingkungan (*eco efficient*). Biaya yang rendah pada *capital* dan *operational cost* dapat mempercepat perkembangan teknologi tersebut untuk diaplikasikan. Teknologi yang murah akan menghasilkan air bersih yang murah pula yang dapat dijangkau seluruh kalangan. Teknologi tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan, namun hal ini bergantung pada tempat kebutuhan air tersebut, seperti jenis dataran, populasi dan kondisi alam.

## 2. Sumber air

Permukaan bumi ditutupi oleh air hingga 70%, namun kebanyakan adalah air asin. Hanya 3% *fresh water* yang dapat dipergunakan oleh manusia, dan hanya 0.06 % yang dapat diakses. Dari jumlah persen tersebut tidak semua dapat digunakan sebagai air minum. Berikut

adalah sumber *fresh water* yang dapat diolah, sebagai berikut [3]:

- Air tanah  
Air yang berasal dari dalam tanah yang terkumpul dari hujan. Tanah dan batu sebagai filter alami dapat menjernihkan hingga tanpa perlu dilakukan treatment tambahan sebelum digunakan.
- Danau pada dataran tinggi dan waduk air: Terletak pada permukaan yang lebih tinggi dari habitat manusia dan biasanya terlindungi dari kontaminasi (bakteri patogen konsentrasi rendah). Sumber air ini biasanya memiliki pH yang rendah sehingga butuh treatment.
- Sungai, kanal dan waduk dataran rendah: mengandung beberapa jenis bakteri, alga, padatan terlarut.
- *Atmospheric water generation*: teknologi baru yang dapat menghasilkan air minum berkualitas tinggi dengan mengekstraksi air dari udara dengan pendinginan udara dan *condensing water vapor*.
- *Rainwater harvesting* atau *fog collection*: air didapatkan dari atmosfer yang dapat digunakan terutama pada daerah kering.
- Desalinasi air laut  
Prinsip desalinasi dapat dikategorikan menjadi dua metoda yaitu *thermal* dan membran. Desalinisasi dengan *termal* akan memisahkan garam dari air dengan evaporasi dan kondensasi. Proses pada membran, menggunakan sifat *semi-permeable* membran dan *driving force* seperti tekanan untuk memisahkan air dan garam.
- *Water supply network*: saluran air, sistem pengiriman air dari negara luar.

Perbandingan data operasi dari teknologi *thermal* dan membran yang berbasis desalinasi pada Tabel 1 [2]. Dari Tabel 1 dapat ketahui bahwa desalinasi dengan membran memiliki keuntungan dibanding metoda *termal* yaitu: *low capital* dan *operating cost*, konsumsi energi yang rendah dan *recovery factor* yang lebih tinggi.

Transportasi dan pengiriman paling efektif adalah dengan melalui pipa. *Plumbing* membutuhkan investasi yang

lebih signifikan karena sistem tersebut memerlukan biaya yang tinggi pada operasi dan maintenance. Disebabkan oleh biaya investasi awal yang tinggi maka banyak negara berkembang tidak dapat mendirikan infrastruktur yang sustain sehingga berdampak pada banyaknya masyarakat yang sulit mendapatkan air. [3]

**Tabel 1.** Perbandingan data operational teknologi desalinasi dengan metoda thermal dan membran [2].

Proses <i>Thermal Desalination</i>	Proses <i>Membran Desalinastion</i>
Konsentrasi garam pada air mentah = 30.000-10.000 ppm	Konsentrasi garam pada air mentah = 1000-10.000 ppm
Konsumsi energi termal =12 kWh/m <sup>3</sup>	Konsumsi energi termal =0
Konsumsi energi =17-18 kWh/m <sup>3</sup>	Konsumsi energi = 2.2-6.7 kWh/m <sup>3</sup>
<i>Recovery factor</i> = 40%	<i>Recovery factor</i> = 40-60%
<i>High capital cost</i>	<i>Low capital cost</i>
<i>High operating cost</i>	<i>Low operating cost</i>

### 3. Teknologi Pengolahan Air

Tantangan terbesar adalah mengembangkan teknologi yang cocok, relevant secara ekonomi dan *sustainable* dalam pengolahan air. Selain itu, pemisahan yang efektif akibat kontaminan, bahan kimia sintetis dan pestisida pada sumber air juga merupakan tantangan. Implementasi teknologi yang terbukti aman dan terjangkau dapat meningkatkan kondisi miliaran manusia diseluruh dunia.

Pada tulisan ini akan menjelaskan mengenai filtrasi secara alami, *riverbank filtration*, *sand filtration*, *membrane filtration*, *bio-sand filtration*, *solar distillation* dan sistem purifikasi lainnya.

#### 3.1 Filtrasi Alami

Filtrasi alami adalah pemurnian air yang terjadi pada alam dengan bantuan tanah sebagai filter. Untuk dapat

memahami filtrasi secara alami, hal yang harus dipahami adalah siklus air dari laut hingga atmosfer, dari daratan kembali ke laut dan storage pada beberapa reservoir. Laju rembesan yang terjadi pada natural filter, bergantung pada tipe tanah yang dilewati, tanah berpasir mudah menyerap air dibanding tanah liat. Tanaman juga dapat menghambat rembesan tersebut.

Purifikasi air secara alami bergantung pada *chemical absorption* dan *adsorption* oleh partikel tanah dan bahan organik, organisme yang mempengaruhi nutrisi dan proses dekomposisi pada tanah dan air pada lingkungan tersebut. Aktifitas manusia yang menyebabkan perubahan struktur tanah dan kontaminasi dengan polutan dapat merubah daya pemurnian air secara alami.

#### 3.2 Riverbank Filtration (RBF)

*Riverbank filtrasi* adalah teknologi treatment untuk produksi air minum. Prinsip dari riverbank filtration ini adalah sumur yang terletak dekat dengan sungai ditambahkan pompa, sehingga air pada sungai dapat tertarik melewati tanah (filtrasi). Air akan tersaring ketika melewati sediment *riverbed*, kebanyakan suspensi dan kontaminan termasuk bakteri patogen dan virus. Hal ini juga dapat dilakukan pada daerah danau (*Lakebank filtration*) [4].

Terdapat beberapa keuntungan pada *riverbank filtration* (RBF) yakni air yang terdapat di dalam tanah dapat menjadi penghalang ketika berjalan akibat beda konsentrasi sehingga menurunkan konsentrasi polutan pada setiap pergerakan alirannya. Selain itu temperatur tidak menjadi penghalang proses riverbank filtration, ketika musim salju dengan suhu udara rendah, filter yang terletak di dalam tanah lebih hangat dibanding permukaan air. Segitu pula sebaliknya ketika musim panas, filter akan lebih dingin dibanding permukaan air. Skema proses riverbank pada Gambar 1 [5].

Di Eropa teknologi riverbank telah dilakukan lebih dari 100 tahun. 80% air

minum di Switzerland menggunakan sumur RBF, di Prancis sebanyak 50%, Finlandia 48%, 40% di Hungaria, 16% di Jerman dan 7% di Belanda [6]. Jerman pada contohnya, 75% air di kota Berlin tergantung pada sumur RBF dimana telah digunakan sejak tahun 1870 sebagai sumber air minum [7]. Negara lain yang sudah menerapkan RBF well sebagai sumber air minum adalah India, China dan Korea Selatan [4],[8].

Menghilangkan komponen organik selama RBF tergantung dari beberapa faktor hingga polutan seperti sifat hidrofobik komponen, potensial degradasi biokimia, jumlah komponen organik di dalam air tanah, aktifitas mikroba, infiltration rate, sifat ke-biodegradable dan lainnya [6].

Keterbatasan dari efisiensi RBF adalah adanya penyumbatan pada bed and banks di sungai yang menurunkan *hydraulic conductivity* pada zona *hypothetic*. Penyumbatan ini diakibatkan oleh penyaringan pada sediment lunak, gas

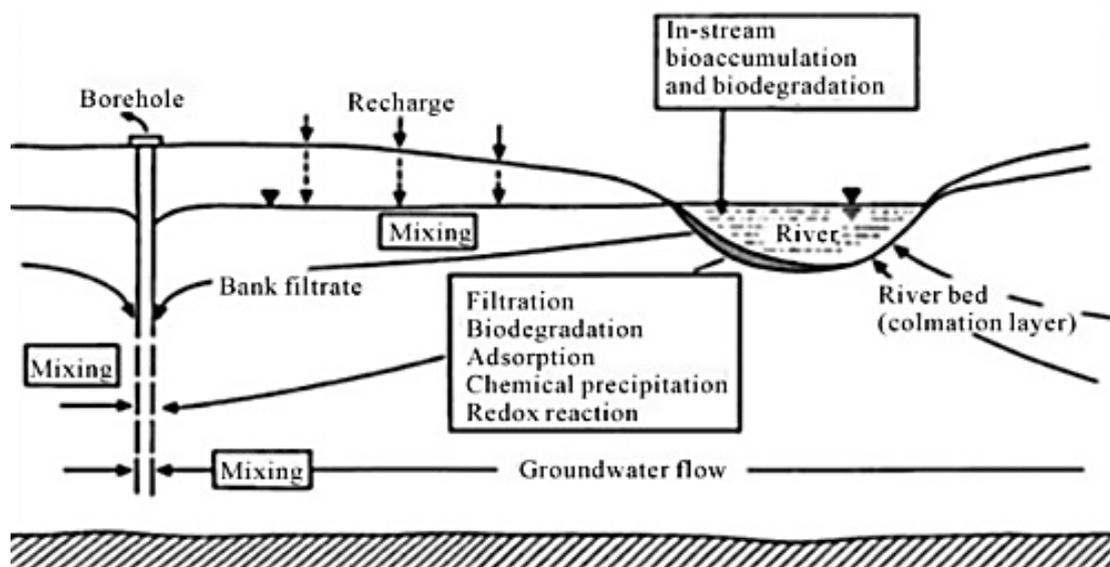
yang terperangkap, terbentuknya biofilm akibat aktifitas mikroorganisme dan pengendapan dari bahan anorganik. Pemahaman mengenai proses dan mekanisme teknologi RBF ini terus diamati. Penggunaan teknologi ini pada negara tropis hampir jarang digunakan walaupun kemungkinan potensi besar RBF dapat diaplikasikan pada negara berkembang.

### 3.3 Sand Filtration

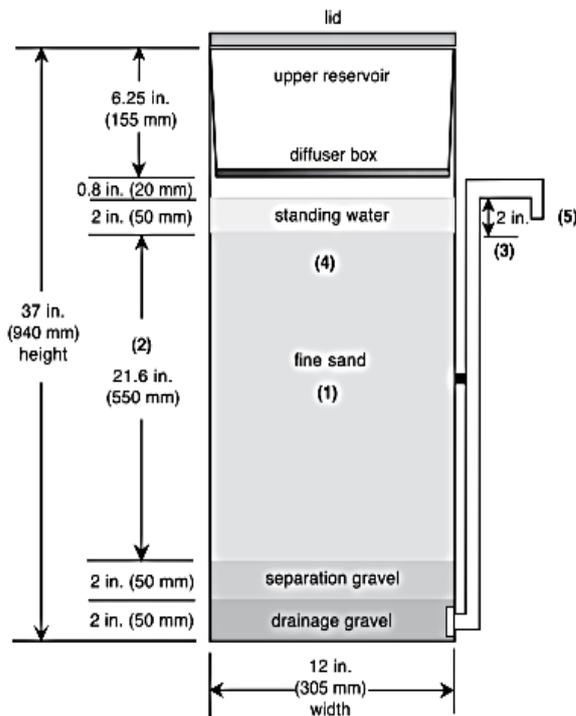
#### 3.3.1 Slow Sand Filter

Slow sand filter digunakan untuk menghilangkan partikulat yang tidak diinginkan pada dengan sistem multistage. Slow sand filter beroperasi sebagai *treatment trap* yang memiliki kombinasi penghilangan secara *biological* dan *physical* [9]. Tinggi dari *slow sand filter* adalah 1-2 meter, dapat berbentuk segi empat atau silinder.

Tidak seperti penyaringan lainnya, *slow sand filter* menggunakan proses secara biologi untuk mendapatkan air



**Gambar I.** Skema umum dan proses utama *riverbank filtration* [3]. Sumur dibangun di dekat sungai yang dilengkapi dengan filter. Dengan penggunaan air sumur secara terus menerus, air pada sekitar sumur akan turun. Kondisi ini akan merubah pola aliran pada sistem river aquifer. Tanah akan menjadi filter air sungai (bank filtrate) dan mengalir ke dalam sumur. Groundwater pada tanah dan bank filtrate akan bercampur dan masuk ke dalam sumur. Terjadi 5 proses penting pada perpindahan air hingga mendapatkan air bersih yakni, filtrasi, *biodegradation*, *adsorption*, *chemical precipitation* dan reaksi



**Gambar II.** Ilustrasi prinsip utama dan dimensi Slow Sand Filtration [10]. Wadah diisi oleh lapisan pasir halus, kerikil pemisah dan kerikil pembuangan. Pada bagian atas terdapat diffuser box, bagian inlet dan tutup wadah.

bersih dan tidak ada penggunaan tekanan pada sistem. Slow sand filter sering juga disebut sebagai *biosand* karena mikroorganisme membentuk zona purifikasi pada bagian atas. *Slow sand filter* tidak membutuhkan bahan kimia maupun elektrisitas untuk beroperasi. Teknologi ini cocok digunakan pada negara berkembang karena tidak membutuhkan energi yang besar dengan performansi yang kuat. Laju alir dari air yang dihasilkan dengan *slow sand filtration*, konstan dan lambat sehingga dibutuhkan bak penyimpanan. Sistem filtrasi ini tidak cocok digunakan pada kota besar atau dengan penduduk yang banyak karena kebutuhan akan air yang bersih tinggi [3], [10]. Pada Gambar II adalah parameter design dan ilustrasi dari *biosand filter*.

### 3.3.2 Rapid and Slow Sand Filtration

*Rapid sand filtration* biasanya dikombinasikan dengan metoda

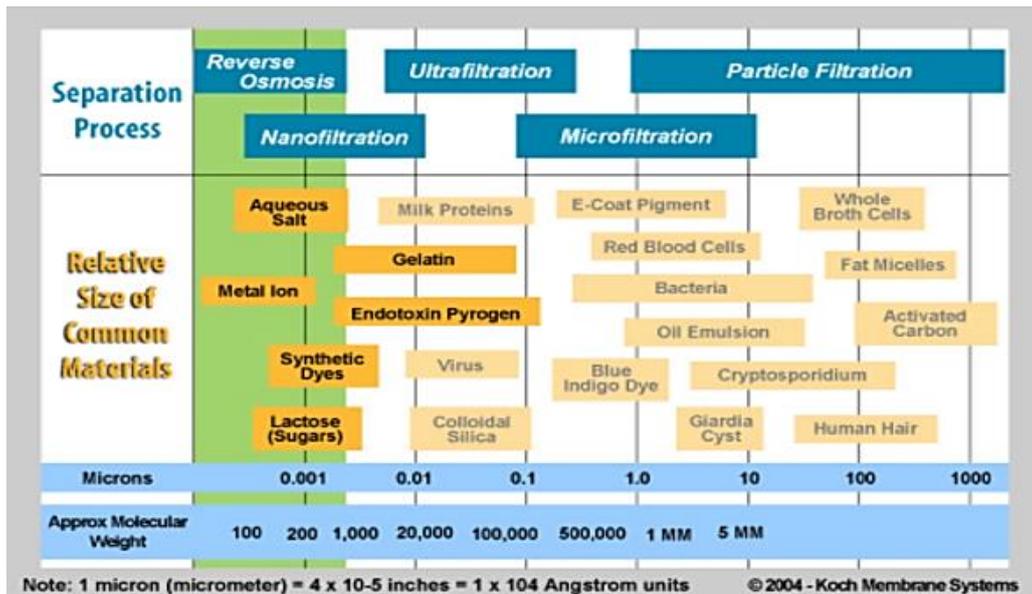
pemurnian air lainnya. Perbedaan antara *Rapid sand filtration* dibandingkan *slow sand filtration* adalah tidak adanya bagian penyaringan secara biologis. Rapid filtration digunakan untuk menghilangkan impurities dan sisa flokulan yang banyak di dalam plant *water treatment*. Proses *rapid (single process)* tidak seefektif *slow filtration* dalam produksi air minum. Secara umum, laju *slow sand filtration* adalah di atas 0,4 m/jam sedangkan laju filtrasi *rapid sand filtration* adalah 21 m/jam.

Dalam metoda *rapid filtration* biasanya dilakukan pretreatment seperti klorinasi dan fluktuasi sehingga aktifitas biologi menurun. *Rapid filtration* berupa *filter bed* yang menggunakan mekanisme *physical straining*. Partikel yang memiliki ukuran lebih besar dari poring yang dihasilkan bed akan terperangkap, sedangkan partikel kecil akan melewati filter. *Rapid sand filter* dicuci setiap hari dengan mekanisme *backwash*. Untuk membersihkan filter, alirkan air berlawanan arah dengan arah aliran filtrasi. *Rapid sand filter* dapat digunakan pada perkotaan besar dimana kelangkaan lahan kosong menjadi masalah, sedangkan *slow sand water* cocok untuk didaerah dengan lahan kosong yang luas (kebutuhan luas area permukaan untuk memproses air). *Slow sand filtration* lebih simpel dioperasikan dibanding *rapid filtration*, dimana *backwash* tidak digunakan dan pompa tidak selalu dibutuhkan.

### 3.4 Membran filtration

Teknologi *membran filtration* adalah penyaringan secara sederhana melewati saringan atau lapisan semi-permeable yang dilalui oleh molekul air. Teknologi membran yang paling efektif biasanya membutuhkan energi yang lebih besar dibandingkan sistem membran lainnya sehubungan dengan sistem elektrikal dan mekanikal yang dibutuhkan untuk menjaga tekanan.

Pori membran bisa secara signifikan lebih kecil, bergantung pada tingkat



**Gambar V.** Karakteristik Proses membran  
 Sumber : <http://www.kochmembrane.com>. Fig

impurities yang diinginkan. Prospek teknologi membran sebagai solusi untuk mendapatkan air bersih dengan biaya operasi murah adalah sebagai berikut [11]:

- Tidak melibatkan perubahan fasa dan tambahan bahan kimia dalam pemurnian
- Operasi sederhana
- Modular hingga mudah untuk scale-up
- Efisiensi tinggi pada bahan baku dan potensi daur ulang produk
- Ukuran alat dapat direduksi

Teknologi membran yang paling umum adalah Reverse Osmosis desalination yang juga diaplikasi untuk menyingkirkan bakteri dan protozoa. Selain RO membran filtration meliputi *Nano filtration* (NF), *ultra-filtration* (UF), mikro-filtration (MF) dan *elektrodialisis* [3]. Metoda filtrasi di atas berbasis gaya dorong tekanan, masing-masing proses dapat di kelompokkan berdasarkan ukuran pori seperti pada Gambar V [12].

Proses purifikasi air dengan membran telah dimulai sejak tahun 1960-an yakni aplikasi reverse osmosis untuk desalinasi air laut [13]. Namun menjadi perhatian lebih reverse osmosis membutuhkan tekanan tinggi untuk memproses air asin

tersebut. Hingga pada tahun 1985 membran bertekanan rendah mulai digunakan untuk purifikasi air. Membran bertekanan rendah yang digunakan pada proses ini adalah *microfiltration* dan *ultrafiltration*.

Peningkatan penggunaan membran tekanan rendah ini semakin meningkat seiring dengan peningkatan kebutuhan manusia, kelangkaan air akibat kontaminasi dengan komponen berbahaya serta penurunan harga membran yang signifikan. Penurunan harga membran dari tahun ke tahun terjadi pada dua produsen membran yakni Memcor dan Zenon. Dengan demikian keuntungan yang diperoleh oleh produsen produk air



**Gambar IV.** IGW Pump untuk reklamasi air dengan prinsip *ultrafiltration* [15]

berkualitas tinggi dengan penggunaan membran sebagai pemurniannya. Hal ini akan berdampak pada harga air bersih yang dapat lebih murah dan terjangkau oleh masyarakat [13][14]. Salah satu inovasi pemurnian air dengan penggunaan membran dengan biaya yang murah dan sustainable adalah IGW Pump. IGW pump merupakan alat pemurnian air dengan teknologi *ultrafiltration*. Alat ini dapat menghasilkan air berkualitas baik tanpa ada penambahan kimia dan mudah dioperasikan. Dibandingkan dengan teknologi konvensional yang membutuhkan konsumsi energi, IGW pump dioperasikan tanpa ada listrik seperti yang tertera pada Gambar IV [15]. Alat ini portable, cocok digunakan pada daerah terjadi bencana atau aktifitas di luar ruangan. Kapasitas IGW pump adalah 250 mL/pompaan serta dapat di-*backwash* [16].

Pada alat filtrasi air portable menggunakan 3 tahap filtrasi, yakni [16] :

- Karbon aktif  
Mengurangi bau tidak sedap, senyawa organik dan residu klorin
- Membran hollow fiber  
Komponen utama yang dapat menghilangkan hampir 100% koloid, bakteri, virus dan seluruh partikulat turbiditas.
- Biokeramik  
Agen alkalinitas. Meningkatkan kualitas anti oksidan dan kesegaran air minum

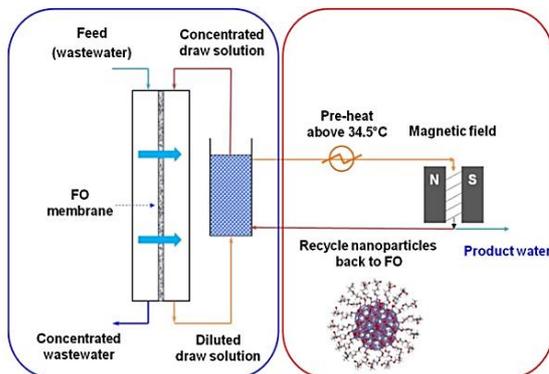
Sistem *ultrafiltrasi* beroperasi pada tekanan rendah yakni 0,5-5 bar. Membran *ultrafiltrasi* dapat disintesis dari polimer organik dan polimer anorganik (keramik). Pemilihan polimer sebagai sumber pembuatan membran harus memperhatikan sifat spesifik dari polimer tersebut, seperti: interaksi rantai, fleksibilitas rantai, dan berat molekul [15]. Proses pemisahan dengan *ultrafiltration* sudah diaplikasikan pada skala industri hingga medis yakni membran *ultrafiltration* untuk ginjal buatan. Selain itu membran *ultrafiltration* juga

diaplikasikan pada sektor pangan yakni proses klarifikasi wine, whey keju, kaldu fermentasi hingga cat *electrophoresis* [17].

Kekurangan dari membran UF adalah fenomena penurunan fluks yang biasanya dihubungkan dengan fenomena *fouling*. Hal ini merupakan tantangan dalam pengoperasian membran dengan sistem UF, karena mempengaruhi aspek ekonomi. Masalah ini dapat diatasi dengan pencucian membran untuk menghilangkan material asing dari permukaan struktur yang telah menumpuk selama pemakaian. Pencucian berkala mempengaruhi usia pakai membran sehingga berdampak pada aspek ekonomi. Terdapat 4 metoda pencucian membran yakni: [15]

- Pencucian hidraulik, meliputi *backflushing*, *pressurize-depressurize* tekanan dan perubahan aliran pada frekuensi tertentu.
- Pencucian mekanis, hanya dapat digunakan pada sistem modul tubular dengan metoda ultrasonik.
- Pencucian kimiawi. Metoda ini penting dalam mereduksi *fouling*. Hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan bahan kimia ini adalah ketahanan dari membran terhadap bahan kimia, sehingga konsentrasi dan waktu pencucian harus tepat dilakukan.
- Pencucian elektrik, menggunakan arus listrik agar molekul yang tidak diinginkan dapat berpindah sesuai dengan arah arus listrik. Pencucian ini dapat berlangsung selama proses purifikasi dengan interval waktu tertentu.

Selain dengan pencucian membran, untuk mengatasi masalah yang sering ditemui pada proses membran adalah dengan pre-treatment air. Tujuan pre-treatment ini adalah untuk menghilangkan padatan terlarut, koloid, mikroba, material organik, H<sub>2</sub>S dan oksigen terlarut. Terdapat 3 metoda *pre-treatment* air sebelum penggunaan membran yakni, filtrasi media granular, koagulasi/flokulasi dan sedimentasi [12].



Gambar V. Skema unit forward osmosis [18]

Artikel yang dikemukakan J.Su dkk (2012), Teknologi membran dengan reverse osmosis, nanofiltration, ultrafiltration, dan microfiltration memiliki kelemahan pada tingginya biaya konsumsi bahan kimia dan biaya konsumsi energi untuk pencucian membran akibat fouling. *Forward osmosis*, (FO), pemanfaatan fenomena alam osmosis, adalah proses pada membran yang muncul oleh gradien tekanan osmosis yang membentuk sepanjang membran semi permeable dengan diikuti dua stream dengan variasi konsentrasi. Energi yang dibutuhkan untuk perpindahan air sepanjang membran dapat diabaikan. Dengan FO masalah fouling dan pencucian lebih

menurun. Skema unit forward osmosis dapat dilihat pada Gambar V [18].

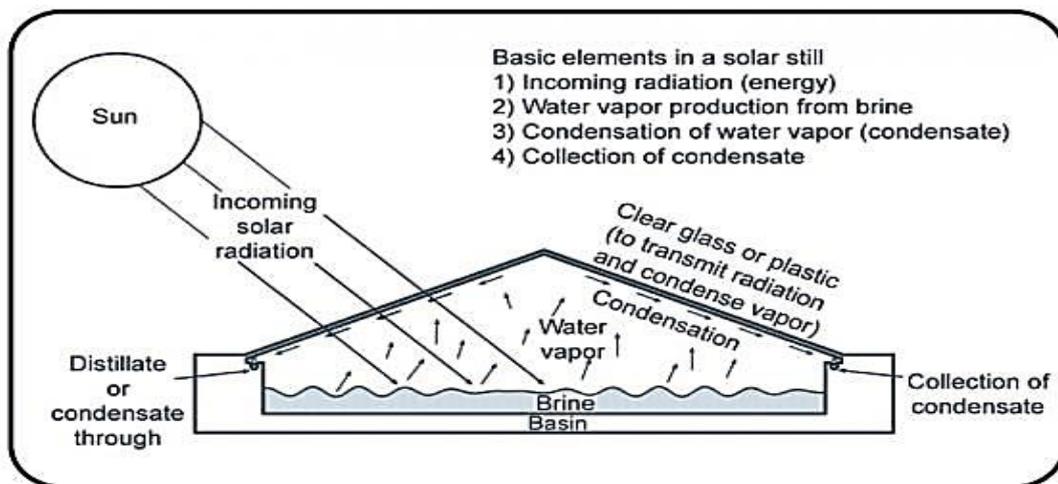
Saat ini Forward osmosis telah diaplikasikan pada berbagai bidang, seperti:

- Desalinasi air laut
- Penanganan limbah industri (*bench-scale*)
- Penanganan makanan berbentuk cairan pada industri makanan (*bench scale*)
- Reklamasi air limbah untuk penggunaan kembali (Skala demonstrasi)
- Pemurnian air pada situasi darurat
- Pengontrol pelepasan obat di dalam tubuh.

### 3.5 Solar Distillation

Konsep dasar menggunakan energi matahari untuk mendapatkan air minum dari air asin, air payau atau air terkontaminasi. *Solar Distillation* menggunakan energi matahari untuk menguapkan air dan mengumpulkan kondensat pada sistem tertutup. Walaupun ukuran, dimensi, material dan konfigurasi berbeda pada "*houses process*" (alat) namun prinsip dari proses ini sederhana [19].

Laju penguapan dapat diakselerasi dengan meningkatkan temperatur air dan



Gambar VI. Skema proses solar distillation [20]. Proses evaporasi air dengan menggunakan tenaga matahari ini menggunakan alat berbentuk rumah. *Brine* (air asin) menguap akibat panas dari cahaya matahari. Uap tersebut akan terkondensasi pada bagian atap yang berbahan kaca atau plastik transparan. Destilat atau kondensat tersebut akan mengalir mengikuti kemiringan atap dan terkumpul pada sisi luar alat tersebut.

area dimana air kontak dengan udara. Wadah dicat hitam atau dengan warna gelap untuk memaksimalkan energi matahari yang diabsorpsi. Skema proses dari *solar distillation* pada Gambar VI. Harga air dengan proses solar distilled lebih murah dibanding air kemasan botol oleh karena itu teknologi ini seharusnya bisa diaplikasikan skala rumah tangga pada negara berkembang. Faktor penting dalam aplikasi teknologi adalah kondisi daerah yakni iklim. Iklim yang cocok adalah tropis atau sub-tropis [19].

### 3.6 Kesimpulan

Air seharusnya adalah barang termurah di dunia. 70% komposisi permukaan bumi adalah air. Namun pada masa ini, air bersih menjadi langka diakibatkan oleh kontaminasi komponen berbahaya sehingga butuh pengelolaan kembali. Harga air bersih tergantung pada biaya proses dan konsumen yang dituju. Biaya pada proses desalinasi berdasarkan beberapa faktor, seperti: lokasi plant, kapasitas, keasinan dan kualitas feed water yang available dan pertimbangan biaya energi.

Teknologi baru yang mendukung saat ini dikembangkan dengan tujuan pemurnian air adalah *fullerene*, *nanotube*, *graphene*, *new-protein* berbasis membran dan *aquaporin channels*. Penelitian terakhir mengenai  $C_{60}$  karbon *Fullerene* atau “*buckyballs*” menunjukkan kemampuan untuk menghilangkan kemampuan dari bakteri atau mikroorganisme lainnya terakumulasi di dalam membran yang digunakan pada *water treatment plant*. Peneliti pada research ini berasumsi bahwa dengan melapisi pipa dan membran dengan nanopartikel ini merupakan strategi yang efektif untuk mengatasi masalah biaya pada *water treatment plant* [21].

Membran *nanotube* memiliki lubang yang 50000 lebih tipis daripada rambut manusia. Miliaran *tube* bertindak sebagai pori pada membran. Bagian dalam *nanotube* yang super halus mempercepat

cairan dan gas mengalir, dan dengan pori yang kecil dapat memblok molekul yang lebih besar. Pori yang sangat kecil hanya dapat dilewati oleh 6 molekul air. Water flux yang terukur 100-10000 kali lebih cepat daripada model lama [22].

Aquaporin channel adalah membran yang terinspirasi secara bioteknologi yang meniru cara alami dalam menghilangkan garam pada air. Contohnya pada hutan mangrove atau ginjal. Perusahaan yang mengembangkan teknologi ini adalah Aquaporin dan Danfoss AquaZ.

### Daftar Pustaka

- [1] WHO, “GLAAS 2010,” in *UN-water global annual assessment of sanitation and drinking-water (GLAAS) 2010*, 2010.
- [2] F. Macedonio, E. Drioli, A. A. Gusev, A. Bardow, R. Semiat, and M. Kurihara, “Efficient technologies for worldwide clean water supply,” *Chem. Eng. Process. Process Intensif.*, vol. 51, pp. 2–17, Jan. 2012.
- [3] S. Zaman, S. Yeasmin, Y. Inatsu, C. Ananchaipattana, and M. L. Bari, “Low-cost sustainable technologies for the production of clean drinking water — a review,” *J. Environ. Prot. (Irvine, Calif.)*, vol. 5, no. January, pp. 42–53, 2014.
- [4] C. Ray, “Worldwide potential of riverbank filtration,” *Clean Technol. Environ. Policy*, vol. 10, no. 3, pp. 223–225, 2008.
- [5] K. M. Hiscock and T. Grischek, “Attenuation of groundwater pollution by bank filtration,” *J. Hydrol.*, vol. 266, no. 3–4, pp. 139–144, Sep. 2002.
- [6] N. Tufenkji, J. N. Ryan, and M. Elimelech, “The promise of bank filtration,” *Environ. Sci. Technol.*, vol. 36, p. 422A–428A, 2002.
- [7] J. Schubert, “Hydraulic aspects of riverbank filtration—field studies,” *J. Hydrol.*, vol. 266, no. 3–4, pp. 145–161, Sep. 2002.
- [8] C. Sandhu, T. Grischek, P. Kumar, and C. Ray, “Potential for Riverbank

- filtration in India,” *Clean Technol. Environ. Policy*, vol. 13, pp. 295–316, 2011.
- [9] T. Clasen, P. Health, and E. Water, “Scaling Up Household Water Treatment Among Low-Income Populations,” *World Heal. Organ.*, no. Public Health and Environment Water, Sanitation, Hygiene and Health, p. 84, 2009.
- [10] M. Lea, “Biological Sand Filters: Low-Cost Bioremediation Technique for Production of Clean Drinking Water,” *Curr. Protoc. Microbiol.*, no. May, pp. 1G.1.1–1G.1.26, 2014.
- [11] I. G. Wenten, “Teknologi Membran: Prospek dan Tantanganya,” Teknik Kimia Institut Teknologi Bandung, 2015.
- [12] I. G. Wenten, “Pengantar Teknologi Membran,” Teknik Kimia Institut Teknologi Bandung, 2010.
- [13] A. G. Fane, “Membranes and the water cycle : challenges and opportunities,” pp. 3–9, 2011.
- [14] I. G. Wenten, P. T. . Aryanti, and A. . Hakim, “Teknologi Membran dalam Pengolahan Air,” Teknik Kimia Institut Teknologi Bandung, 2014.
- [15] I. G. Wenten, “Teknologi membran dalam pengolahan air dan limbah,” Teknik Kimia Institut Teknologi Bandung, 2005.
- [16] I. G. Wenten, “Teknologi Membran dan Aplikasinya Di Indonesia,” Teknik Kimia Institut Teknologi Bandung, 2010.
- [17] I. G. Wenten and P. T. . Aryanti, “Ultrafiltrasi dan aplikasinya,” Teknik Kimia Institut Teknologi Bandung, 2014.
- [18] J. Su, S. Zhang, M. M. Ling, and T.-S. Chung, “Forward osmosis: an emerging technology for sustainable supply of clean water,” *Clean Technol. Environ. Policy*, vol. 14, no. 4, pp. 507–511, 2012.
- [19] R. C. and J. Ravi, *Drinking Water Treatment*. Springer.
- [20] Mechell and Lesikar, “Desalination,” 2010. [Online]. Available: <http://www.sswm.info/>.
- [21] R. Merritt, Buckyballs could keep water systems flowing, March 5, 2009. Available from: <http://www.eurekalert.org/pubreleases/2009-03/du-bck030209.php>. [Access : 12 Nov 2015]
- [22] Making High-Flux Membranes with Carbon Nanotubes, Science, May 19, 2006. Available from: <https://publicaffairs.llnl.gov/news/newsreleases/2006/NR-06-05-06.html>. [Access : 12 Nov 2015]