

PENGOLAHAN AIR PAYAU MENGGUNAKAN TEKNOLOGI OSMOSA BALIK

Dalam Rangka Penyediaan Air Minum Di Tanjung Aru, Kalimantan Timur

Oleh : Wahyu Widayat dan Satmoko Yudo *)

Abstract

Tanjung Aru is a village located in cape of Tanjung Aru, East Kalimantan. The community living in Tanjung Aru use surface water from wells as the main clean water resource. The surface water is so influenced by the tide of sea water. The surface taste is very salty (DHL>1500 mMhos/cm). The water is not only salty but also the turbidity is much more than water quality standart. The use of rain water as the second alternative is very limited, it is only in rainy season.

To deal with the chronic problem, such as the lack of clean water supply, it needs an appropriate water treatment technology. The suitable water treatment system is a combination of conventional and advanced technology. Desalination, such as Reverse Osmosis must be involved to reduce salinity of the raw water. A complete process includes the pretreatment and advance treatment. The pretreatment are oxidation and some common filtrations. The advance treatment is a molecular filtration using a membran which the principal is reverse osmosis pressure. If the pilot water treatment plant is available in Tanjung Aru, the clean water supply will not be a serious problem. Generally, it can also play an important role to increase the social level of community in East Kalimantan.

Kata Kunci : Osmosa Balik, Pengolahan Air Payau, Air Siap diminum.

1. PENDAHULUAN

Desa Tanjung Aru berpenduduk sekitar 2.000 jiwa, tergolong desa tertinggal. Wilayah ini berada di kecamatan Kerang, Kabupaten Pasir, Kalimantan Timur. Daerah ini sangat datar dan hanya mempunyai perbedaan ketinggian sangat kecil dengan permukaan laut, sehingga daerah ini didominasi rawa-rawa dan sangat terpengaruh pasang surut air laut. Sumber air utama penduduk Tanjung aru pada waktu musim penghujan adalah air permukaan yang diambil dari sumur-sumur yang jaraknya \pm 5 km dari pemukiman dan pada waktu musim kemarau kebutuhan air dipenuhi dari daerah lain yang diangkut dengan kapal-kapal nelayan.

Upaya yang telah dilakukan oleh Pemerintah Daerah setempat terhambat oleh keterbatasan dana yang tersedia dan kualitas sumberdaya manusia. Suplai air bersih ke lokasi yang masih terpencil mengalami banyak hambatan, misalnya kondisi jalan yang rusak, adanya jembatan-jembatan yang terputus, sehingga hanya dapat ditempuh dengan jalur sungai. Pernah pula dikaji untuk membuat jaringan pipa transmisi dari desa kerang yang berjarak 26

km dari Tanjung Aru, tetapi karena kondisi alam yang sulit (berawa-rawa) dan banyaknya anak sungai, akan dibutuhkan biaya yang sangat besar untuk merealisasikannya.

Alternatif terbaik yang dapat ditempuh adalah pembangunan unit Instalasi Pengolahan Air yang sesuai dengan kondisi air baku. Berdasarkan data kualitas air baku, proses yang harus diterapkan meliputi oksidasi, filtrasi dan desalinasi dengan sistem **Osmosa Balik (Reverse Osmosis)**.

Instalasi Pengolahan Air dengan sistem reverse osmosis dirancang sesuai dengan tingkat sosial ekonomi serta kebutuhan air minum masyarakat setempat. Instalasi Pengolahan Air Payau dengan sistem osmosa balik tersebut merupakan rangkaian proses yang lengkap, namun dikemas dalam bentuk yang sederhana sehingga dapat dikembangkan untuk lokasi-lokasi lain yang mempunyai kualitas sumber air baku sama.

2. TUJUAN DAN SASARAN

Tujuan kegiatan ini adalah menerapkan teknologi pengolahan air yang sesuai dengan

*) *Peneliti Kelompok Teknologi Pengolahan Air Bersih & Limbah Cair, P3TL-TIEM, BPPT.*

kondisi sumber air baku dan sekaligus memasyarakatkan teknologi tersebut dalam rangka mengatasi masalah air bersih di daerah Tanjung Aru khususnya.

Sasaran yang akan dicapai adalah penerapan Teknologi osmosa balik untuk pengolahan air payau dengan kapasitas 10 m³ per hari. Unit ini sebagai percontohan yang diharapkan dapat dikembangkan di daerah-daerah lain yang sesuai dengan kondisi sumber air bakunya dan secara langsung kegiatan ini mampu berperan penting dalam upaya mengentaskan kemiskinan.

3. RUANG LINGKUP

Lingkup kegiatan ini adalah, meliputi :

- Survei lokasi dan kualitas air yang akan digunakan sebagai air baku
- Penentuan lokasi penerapan teknologi pengolahan air payau sistem osmosa balik di desa Tanjung aru, kecamatan Kerang, Kabupaten Pasir, Propinsi Kalimantan Timur
- Rancang bangun instalasi pengolahan air payau dengan sistem osmosa balik.
- Pembangunan Instalasi pengolahan air payau sistem osmosa balik dengan kapasitas 10 m³ per hari.
- Uji coba pengoperasian instalasi pengolahan air payau sistem osmosa balik
- Pelatihan pengoperasian dan perawatan instalasi pengolahan air payau sistem osmosa balik

4. METODOLOGI PENELITIAN

Kegiatan ini dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu:

- **Survei Lapangan**
Survai lapangan dilakukan untuk mengetahui jumlah penduduk yang akan dilayani, kondisi sosial & ekonomi masyarakatnya serta kualitas air tanah. Data tersebut menjadi dasar pertimbangan penentuan lokasi dan sistem/ jenis proses serta kapasitas Instalasi Pengolahan Air.
- **Disain Konstruksi Sistem IPA**
Berdasarkan data kualitas sumber air baku di daerah Tanjung Aru dan jumlah penduduk yang akan dilayani dengan pertimbangan batasan kapasitas unit pengolahan yang akan diterapkan, Data kualitas air baku digunakan sebagai acuan penentuan jumlah bahan-bahan kimia yang digunakan dalam proses pengolahan air, sistem pengolahan pendahuluan yang akan digunakan, seperti oksidasi, netralisasi, klorinasi, flokulasi, koagulasi, sedimentasi dan filtrasi. Proses

pengolahan lanjutan untuk air payau/asin setelah pretreatment ialah proses desalinasi dengan prinsip osmosa balik.

- **Pembangunan IPA RO**

Pembangunan IPA RO di Tanjung Aru diawali dengan pembangunan bangunan pelindung peralatan dan pembangkit listrik. Konstruksi dan perakitan unit proses dalam Sistem IPA dapat dilaksanakan sebagian di Jakarta dan installing di lokasi penerapan. Setelah seluruh pekerjaan installing dilaksanakan, dilanjutkan pengujian karakteristik alat .

- **Pelatihan Sumberdaya Manusia**

Alih ilmu pengetahuan dan teknologi (khususnya tentang teknologi pengolahan air, pengoperasian dan perawatan IPA) ke masyarakat daerah disiapkan untuk dilaksanakan di lokasi penerapan. Beberapa instansi terkait harus dilibatkan secara aktif, baik dalam pengelolaan, maupun dalam pengoperasian IPA tersebut.

5. APLIKASI TEKNOLOGI DESALINASI

Secara umum metoda pengolahan air berdasarkan kadar salinitas dapat dilihat pada gambar-1. Desalinasi air payau/ asin adalah proses pemisahan air tawar dari air asin. Beberapa teknologi proses desalinasi yang telah banyak dikenal antara lain, yakni proses distilasi yang berdasarkan penguapan, proses filtrasi dengan menggunakan membran & proses pertukaran ion.

Dalam "Worldwide Desalting Plants Inventory Reports" yang diterbitkan oleh International Desalination Assosiation (IDA) secara berkala berisi daftar seluruh Instalasi desalinasi yang telah dibangun atau sedang dibangun di seluruh dunia berdasarkan sumber-sumber dari para pemasok alat atau sumber lainnya.

Berdasarkan data Mei 1994, instalasi desalinasi yang telah dibangun dapat dilihat pada tabel berikut dibawah ini. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa teknologi desalinasi yang banyak digunakan saat ini adalah proses distilasi dan proses osmosis balik.

Tabel 1. Jenis Proses & Kapasitas Instalasi Desalinasi Air Asin/Laut

Jenis Proses	Kapasitas (M ³ /day)	Prosentase (%)
Distilasi (MSF+ME+VC)	11.084.908	59,2
Osmosis Balik	6.109.244	32,7
Elektrodialisa	1.070.005	5,7
Lain-lain	446.110	2,4
Total	18.710.267	100,0

6. DESALINASI AIR PAYAU DENGAN SISTEM OSMOSA BALIK

6.1. Prinsip Dasar Osmosis Balik

Apabila dua buah larutan dengan konsentrasi encer dan konsentrasi pekat dipisahkan oleh membran semi permeabel, maka larutan dengan konsentrasi yang encer akan terdifusi melalui membran semi permeabel tersebut dan masuk ke dalam larutan yang pekat sampai terjadi kesetimbangan konsentrasi. Phenomena tersebut dikenal sebagai proses osmosis. Sebagai contoh misalnya, jika air tawar dan air payau/ asin dipisahkan dengan membran semi permeabel, maka air tawar akan terdifusi ke dalam air asin melalui membran semi permeabel tersebut sampai terjadi kesetimbangan.

Daya penggerak yang menyebabkan terjadinya aliran/difusi air tawar ke dalam air asin melalui membran semi permeabel tersebut dinamakan tekanan osmosis. Besarnya tekanan osmosis tersebut dipengaruhi oleh karakteristik/ jenis membran, temperatur air, dan konsentarsi garam serta senyawa lain yang terlarut dalam air. Tekanan osmotik normal air-laut yang mengandung TDS ± 35.000 ppm pada suhu 25°C kira-kira $26,7 \text{ kg/cm}^2$, dan untuk air laut di daerah timur tengah atau laut Merah yang mengandung TDS ± 42.000 ppm, pada suhu 30°C , tekanan osmosis $\pm 32,7 \text{ kg/m}^2$.

Apabila pada suatu sistem osmosis tersebut, diberikan tekanan yang lebih besar dari tekanan osmosisnya, maka aliran air tawar akan berbalik yakni dari air asin ke air tawar melalui membran semi permeabel, sedangkan garamnya tetap tertinggal di dalam larutan garamnya sehingga menjadi lebih pekat. Proses tersebut dikenal dengan proses osmosa balik.

Prinsip dasar proses osmosa dan proses osmosa balik tersebut ditunjukkan seperti pada Gambar 2.

6.2. Proses Desalinasi Osmosa Balik

Pemisahan air dari pengotornya pada proses desalinasi dengan menggunakan membran, didasarkan pada proses penyaringan dengan skala molekul. Di dalam proses desalinasi air payau dengan sistem osmosa balik ini, tidak memungkinkan untuk memisahkan seluruh garam dari air payaunya, karena akan membutuhkan tekanan yang sangat tinggi. Untuk mengolah air payau menjadi air tawar, air baku yaitu air payau dipompa dengan tekanan tinggi ke dalam suatu modul membran osmosa balik yang mempunyai dua buah pipa keluaran, yakni pipa keluaran untuk air tawar

yang dihasilkan (*product*) dan pipa keluaran untuk air garam yang telah dipekatkan (*reject*).

Di dalam membran Osmosa Balik terjadi proses penyaringan dengan ukuran molekul, dimana partikel yang molekulnya lebih besar dari pada molekul air, seperti molekul garam dan lainnya, akan terpisah dan akan ikut ke dalam air buangan. Oleh karena itu untuk menjaga membran dari kebuntuan, air yang akan masuk ke dalam membran Osmosa Balik harus mempunyai persyaratan tertentu, misalnya kekeruhan harus nol, kadar besi dan mangan harus $< 0,1 \text{ mg/l}$, pH netral dan harus selalu dikontrol agar tidak terjadi pengerakan kalsium karbonat dan lainnya.

Pengolahan air payau dengan sistem osmosa balik terdiri dari dua bagian, yakni unit pengolahan awal (*Pretreatment*) dan unit pengolahan lanjutan (*Treatment*), yaitu unit osmosa balik. Air baku yakni air payau, terutama yang dekat dengan pantai masih mengandung partikel padatan tersuspensi, mineral, plankton dan lainnya, maka air baku tersebut perlu dilakukan pengolahan awal sebelum diproses di dalam unit osmosa balik.

Unit pengolahan pendahuluan terdiri dari beberapa peralatan utama yakni pompa air baku, pompa dosing yang dilengkapi dengan tangki kimia, tangki reaktor (kontaktor), filter pasir, filter mangan zeolit, dan filter untuk penghilangan warna (*color removal*) filter karbon aktif, dan filter cartridge ukuran $0,5 \mu\text{m}$. Sedangkan unit pengolahan lanjutan terdiri dari pompa tekanan tinggi, membran osmosis balik, pompa dosing bahan anti kerak (*anti scalant*) dan anti jamur (*anti biofoaling*) yang dilengkapi dengan tangki kimia dan sterilisator ultra violet (UV).

7. PROSES PENGOLAHAN

Pengolahan air payau dengan sistem reverse osmosis ini terbagi dalam 2 unit proses yaitu pengolahan pendahuluan dan pengolahan lanjut.

7.1. Pengolahan Pendahuluan

Pengolahan pendahuluan diperlukan untuk memenuhi standar kualitas air baku yang akan diolah pada unit osmosa balik.

Tabel 2 : Standar Kualitas air baku

I.	PARAMETER	SATUAN	AIR BAKU (MAX)
1	Warna	Pt. Co Scale	100
2	Bau	-	Relatif
3	Kekeruhan	NTU	20

4	Besi	mg/liter	2,0
5	Mangan	mg/liter	1,3
6	Khlorida	mg/liter	4.000
7	Bahan Organik	mg/liter	40
8	TDS	mg/liter	12.000

Berdasarkan hasil analisa air baku pengolahan pendahuluan atau yang disebut dengan pretreatment terdiri dari beberapa unit proses, yaitu oksidasi dan filtrasi. Proses oksidasi menggunakan bahan oksidator $KMnO_4$ sedangkan proses filtrasi menggunakan filter pasir, filter manganese zeolit, filter karbon dan cartridge filter. Untuk mendapatkan air olahan (tawar) 10.000 liter/hari, maka kapasitas total unit sistem pengolahan pendahuluan dirancang tiga kali lipat kapasitas unit reverse osmosis, yaitu sebesar \pm 30.000 liter per hari.

Proses oksidasi dengan $KMnO_4$ dilakukan untuk menangkap kelebihan besi dan mangan atau logam-logam valensi dua. Pembubuhan $KMnO_4$ selain untuk oksidator juga sebagai bahan regenerasi media filter manganese zeolit (*greensand*).

Proses penyaringan cepat dengan menggunakan media pasir kuarsa/silika akan menahan endapan basa valensi. Apabila masih ada yang belum tertangkap pada saringan pasir cepat, akan disempurnakan pada penyaring berikutnya (manganese zeolit), dimana pengotor-pengotor logam tersebut akan terabsorpsi.

Proses penyaringan terakhir di dalam proses pendahuluan ini adalah penghilang bau dan warna. Dengan media penyaring karbon aktif, maka warna organik dapat teradsorpsi. Untuk penyempurnaan proses filtrasi ini, unit proses dilengkapi dengan cartridge filter dengan ukuran 0,5 μm , dengan demikian secara keseluruhan produk air dari unit pengolahan pendahuluan ini mempunyai kualitas yaitu, kekeruhan < 5 NTU, Fe, Mn $< 0,1$ ppm dan Chlorida juga $< 0,01$ ppm, sehingga air hasil saringan ini aman untuk penyaringan berikutnya, khususnya unit reverse osmosis. Proses pengoperasian unit penyaring karbon ini sama dengan kedua penyaring sebelumnya (penyaring pasir cepat dan penyaring manganese greensand), namun secara keseluruhan unit pengolahan pendahuluan ini belum dapat menghilangkan kadar garamnya.

7.2. Pengolahan Lanjutan

Sebelum air dari unit pengolahan pendahuluan disaring dengan membran reverse osmosis, terlebih dahulu disaring dengan saringan skala mikro yang mempunyai lubang perforasi sebesar 0,1 – 0,3 mikro meter. Dengan demikian

maka air yang akan disaring dengan membran reverse osmosis sudah tidak mengandung pengotor dan kekeruhan lagi.

Pada proses filtrasi dengan menggunakan membran, pemisahan air dari pengotornya didasarkan pada proses penyaringan dengan skala molekul. Di dalam proses desalinasi air payau dengan sistem osmosis balik (*reverse osmosis*), sangat sulit untuk memisahkan seluruh garam dari air garamnya, karena akan membutuhkan tekanan yang sangat tinggi. Pada kenyataannya untuk menghasilkan air tawar, air payau dipompa dengan tekanan tinggi ke dalam suatu modul membran osmosis balik yang mempunyai dua buah pipa keluaran, yakni pipa keluaran untuk air tawar yang dihasilkan dan pipa keluaran untuk air garam yang telah dipekatkan.

Di dalam membran Osmosis Balik tersebut terjadi proses penyaringan dengan ukuran molekul, yakni partikel yang molekulnya lebih besar dari pada molekul air, misalnya molekul garam dan lainnya, akan terpisah dan akan ikut ke dalam air buangan. Oleh karena itu air yang akan masuk ke dalam membran osmosis balik harus mempunyai persyaratan tertentu, misalnya kekeruhan harus nol, kadar besi harus $< 0,1$ mg/l, pH harus dikontrol agar tidak terjadi penggerakan kalsium karbonat dan lainnya.

Dalam pengoperasian penyaringan skala molekul ini dibantu oleh injeksi 3 jenis bahan kimia, yaitu anti scalant (anti penggerakan), anti biofouling (anti penyumbatan karena unsur biologis) dan bahan pengawet yang berfungsi untuk mengawetkan membran yang berupa *Thin Composite Film*.

Air hasil olahan mempunyai kualitas sebagai air siap minum, yaitu memenuhi standar kualitas air minum yang disyaratkan oleh WHO maupun Departemen Kesehatan RI. Kandungan jumlah padatan terlarut umumnya lebih kecil dari 150 ppm (mg per liter).

8. PERANGKAT IPA RO

8.1. Perangkat Utama

Perangkat utama dalam sistem pengolahan pendahuluan didisain sesuai dengan kualitas air baku yang terdiri dari 5 unit pemroses, yaitu unit Pencampur Statis (*static mixer*), unit Tangki Reaktor (*reactor tank*), Saringan Pasir Cepat (*rapid sand filter*), Saringan Mangan Zeolit (*Iron manganese greensand filter*) dan Saringan Karbon Aktif (*activated carbon filter*). Sedangkan perangkat utama pengolahan lanjutan adalah membran reverse osmosis.

8.2. Perangkat Penunjang

Perangkat penunjang dalam sistem pengolahan pendahuluan ini dipasang untuk mendukung operasi unit pretreatment yang terdiri dari 4 bagian, yaitu Pompa Air Baku untuk intake (*Raw Water Pump*), Pompa Dosing (*Dosing Pump*), Tangki Bahan Kimia (*Chemical Tank*), dan perpipaan serta kelengkapannya. Untuk perangkat penunjang

8.3. Kapasitas Pengolahan Pendahuluan

Spesifikasi dari setiap unit pemroses dalam sistem pengolahan pendahuluan didisain untuk mengolah air baku dengan kapasitas ± 3 kali lipat kapasitas sistem reverse osmosis, dimana sepertiganya akan diolah menjadi air tawar sisanya sebagai reject untuk membuang garamnya.

8.4. Kapasitas Pengolahan Lanjutan

Unit pengolah lanjutan merupakan peralatan utama dalam mengolah air payau. Sistem reverse osmosis yang diterapkan mempunyai kemampuan mengolah air baku 30.000 liter/hari dan mampu untuk memproduksi air hasil olahan (produk) 10.000 liter/hari dan sisanya sebagai buangan (asin). Untuk mendukung kerja alat pengolah air payau sistem reverse osmosis ini dilengkapi dengan beberapa alat ukur seperti: pengukur tekanan operasi (pressure meter), pengukur laju alir (flow meter) dan pengukur kandungan garam serta rangkaian elektrik untuk otomatisasi operasi sistem.

9. ANALISA EKONOMI

Untuk membangun satu unit instalasi pengolahan air payau dengan sistem reverse osmosis kapasitas 10.000 liter/hari ini diperlukan biaya sebesar 125 juta rupiah. Biaya operasional dan pemeliharaan alat termasuk honor pegawai setiap bulannya seperti terlihat pada Tabel 6. adalah sekitar Rp. 1.835.500. Biaya produksi air perliteranya adalah Rp. 18,36. Apabila air olahan tersebut dijual dengan sistem kemasan botol galon, maka biaya total produksi air perbotol galonnya adalah Rp. 800,55. Dari Tabel 7 analisa pendapatan dan keuntungan hasil penjualan air, terlihat bahwa apabila air tersebut dijual dengan harga minimal Rp. 2.500,00/botol galon (harga pasaran air kemasan botol galon komersil sekitar Rp. 6.000,00) dan bila air dapat terjual 25% saja atau 43 botol/perhari, maka diperoleh pendapatan setiap bulan sebesar Rp. 3.205.125,00. Pendapatan ini setelah dipotong biaya pengeluaran perbulan maka diperoleh keuntungan hasil penjualan air hasil olahan setiap bulannya

sebesar Rp. 1.369.625,00, dengan demikian diperkirakan investasi alat kembali pada tahun ke tujuh. Dengan asumsi air hasil olahan terjual 50 % biaya investasi alat diharapkan akan kembali pada tahun ke dua.

10. KESIMPULAN

Kesimpulan dari kegiatan pembangunan alat pengolahan air payau dengan sistem reverse osmosis ini adalah alat ini mampu memproduksi air siap minum 10 m³ per hari, proses pengolahan dibagi menjadi 2 (dua) bagian utama, yaitu Unit Pengolahan Pendahuluan dan Unit Pengolahan Lanjutan.

Manfaat secara langsung penerapan teknologi pengolahan air payau sistem reverse osmosis ini adalah masyarakat setempat dapat memperoleh air minum yang sehat dan memenuhi persyaratan sebagai air minum dengan harga yang jauh lebih murah dari pada air minum dalam kemasan (air mineral yang dijual secara komersil). Air hasil pengolahan dari IPA RO ini langsung dapat diminum tanpa perlu dimasak terlebih dahulu, dengan biaya pengolahan per liter air minum dari air baku adalah Rp. 18,36 dimana air minum dalam kemasan saat ini mencapai Rp. 1.500 per liter.

Manfaat secara tidak langsung penerapan teknologi pengolahan air payau sistem reverse osmosis ini adalah merupakan unit percontohan penerapan teknologi tinggi yang dikemas sangat sederhana sehingga dapat dan mudah diterapkan pada daerah lain. Manfaat umum lain yang terlihat adalah adanya peningkatan taraf kehidupan masyarakat, karena dengan mengkonsumsi air yang sehat dan bersih berarti masyarakat juga terhindar dari kemungkinan menderita sakit (muntaber, disentri atau thypus) dan dengan demikian kesejahteraan juga pasti meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

1. Arie, H, Dharmawan dan Komariah, 1988, *Studi Pengkajian Teknologi Reverse osmosis Sistem X Flow RO-01*, Direktorat Pengkajian Sistem, Deputi Bidang Analisis Sistem, BPPT, Jakarta.
2. Arie, H, 1989, *Teknologi Pengolah Air Asin Reverse Osmosis dan prospeknya di Indonesia*, Proceeding Seminar Teknologi Pengolahan Air, Krakatau Steel, Cilegon.
3. Benefield, L.D., Judkins, J.F., and Weand, B.L., "*Process Chemistry For Water And Waste Treatment*", Prentice-Hall, Inc., Englewood, 1982

4. Bunce, N.J., 1993, *Introduction to Environmental Chemistry*, Wuerz Publishing Ltd, Winnipeg, Canada.
5. Fair, G.M., Geyer, J.C., AND Okun, D.A., *"Element Of Water Supply And Waste Water Disposal"*, Second Edition, John Wiley And Sons, New York, 1971.
6. Hamer, M. J., *"Water And Waste water Technology "*, Second Edition, John Wiley And Sons, New York, 1986.
7. Nusa, I.D., Arie, H., Nugro, R., dan Haryoto, I., 1996, *Studi Kelayakan Teknis dan Ekonomis Unit Pengolah Air Sistem Reverse Osmosis Kapasitas 500 m3/hari Untuk perusahaan minyak lepas pantai*, P.T. Paramita Binasarana, Jakarta.
8. Peavy, H.S., Rowe, D.R, and Tchobanoglous, S.G., *"Environmental Engineering"*, McGraw-Hill Book Company, Singapore, 1986
9. Sasakura, 1995, *Desalination Technology and Its Application*, P.T. Sasakura Indonesia, Jakarta.
10. Tatsumi Iwao, *"Water Work Engineering (JOSUI KOGAKU)"*, Japanese Edition, Tokyo, 1971

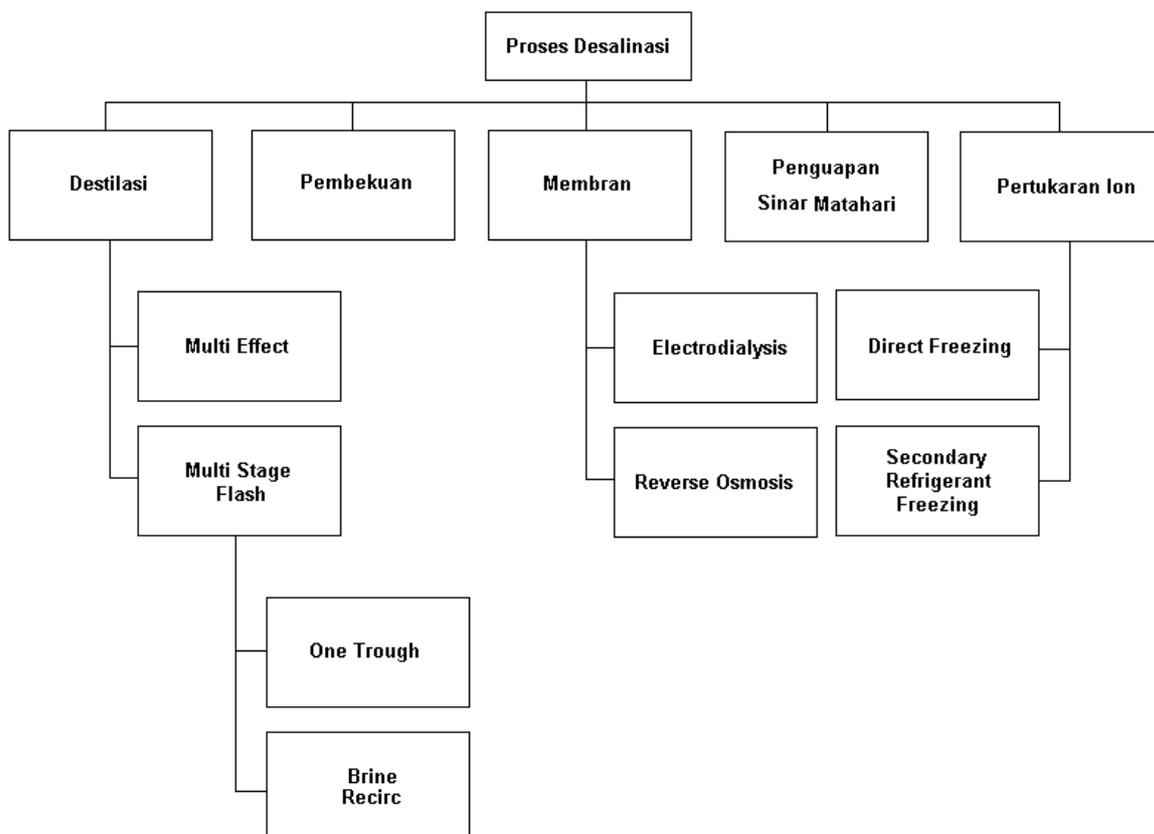
11. Viessman W,JR., "Water Supply And Pollution Control", fourth edition, Harper and Row Publisher, New york, 1985.

RIWAYAT PENULIS

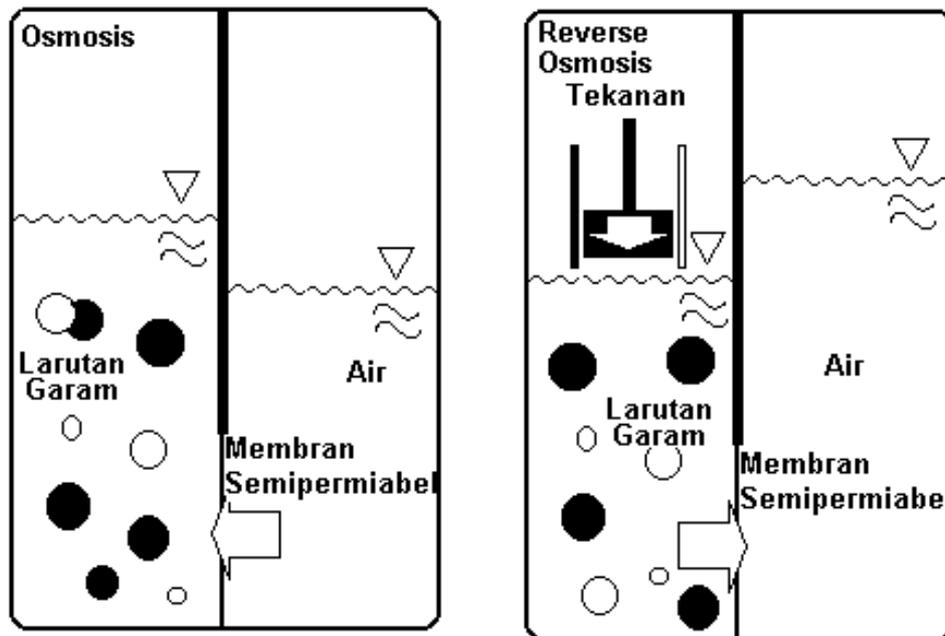
Wahyu Widayat, lahir di Semarang, 2 Juli 1967, menyelesaikan pendidikan sarjana Teknik Kimia ITS, tahun 1993. Sejak tahun 1994 sampai sekarang bekerja sebagai peneliti di Kelompok Pengelolaan Air Bersih dan Limbah Cair, Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan, BPP Teknologi.

Satmoko Yudo, lahir di Bandung 1 Nopember 1958, lulus tahun 1984 dari UNPAD, Bandung, jurusan Matematika. Melanjutkan pendidikan S2 ke Yamanashi University, Jepang, jurusan Sain Komputer tahun 1992. Saat ini bekerja di Kelompok Pengelolaan Air Bersih dan Limbah Cair, Direktorat Teknologi Lingkungan, Deputi Bidang TIEML.

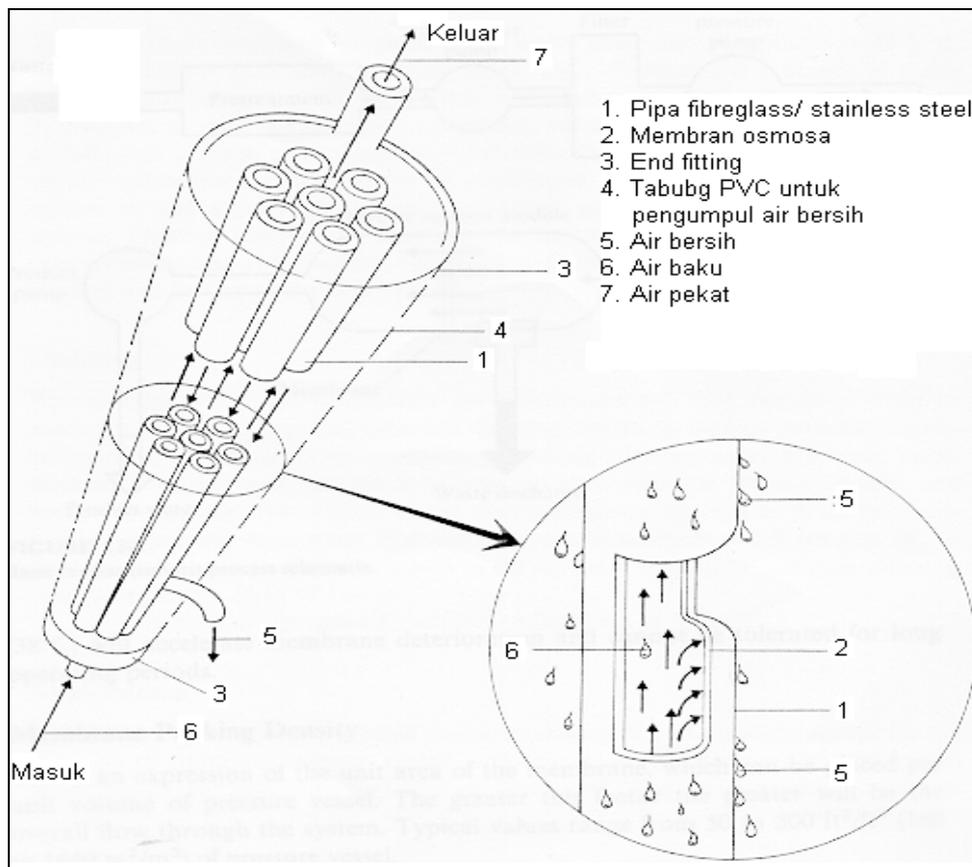
LAMPIRAN



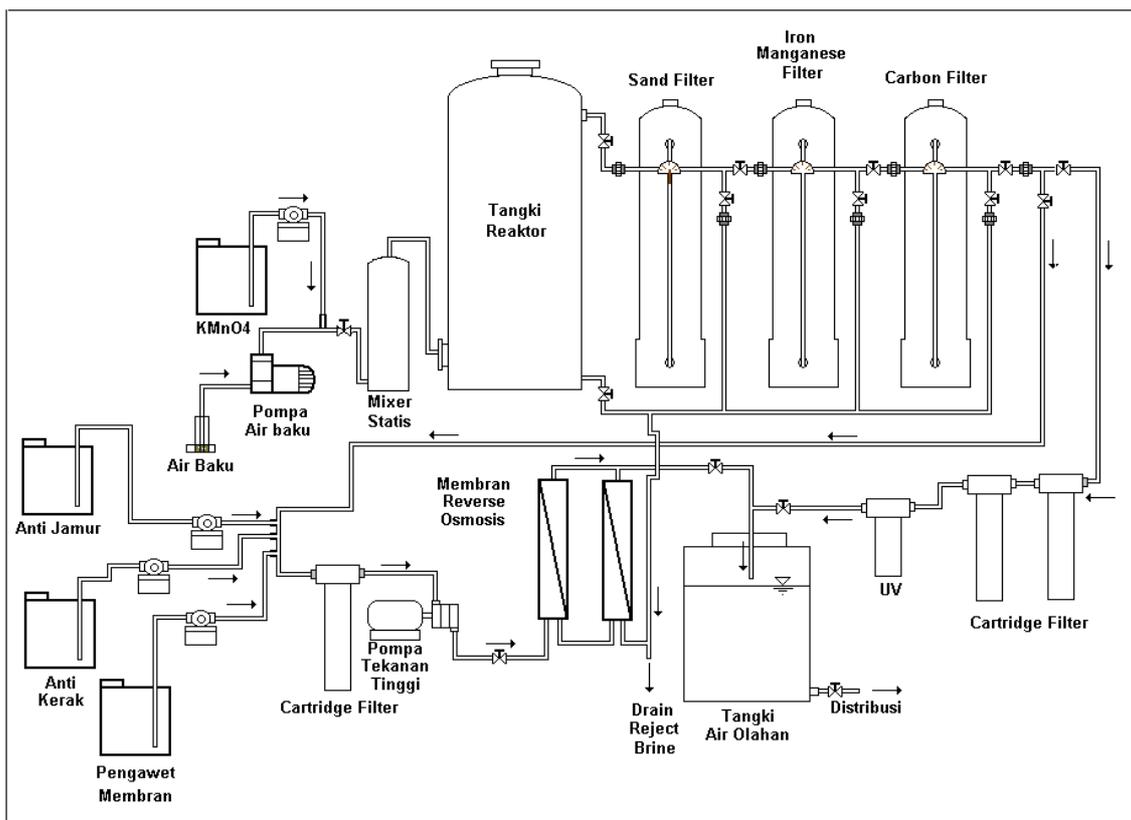
Gambar 1. Jenis Proses Desalinasi



Gambar 2. Proses Osmosa dan Osmosa Balik



Gambar 3. Membran Reverse Osmosis



Gambar 4. Diagram Alir Sistem Pengolah Air Payau

Tabel 3 : Kualitas Air Hasil Pengolahan

No	PARAMETER	SATUAN	Standar air bersih	Hasil Analisa
1	Warna	Skala TCU	50	10
2	Bau	-	Tak berbau	Tak berbau
3	Rasa	-	Tak berasa	Tak berasa
4	Kekeruhan	NTU	25	0,341
5	Suhu	°C	Suhu udara + 3	-
6	Jumlah zat padat terlarut (TDS)	mg/l	1500	140,0
7	Zat organik (KMNO ₄)	mg/l	10	3,48
8	Derajat keasaman (pH)	-	6,5-9,0	6,7
9	Kesadahan jumlah (CaCO ₃)	mg/l	500	32,31
10	Besi (Fe)	mg/l	1,0	0,0903
11	Mangan (Mn)	mg/l	0,5	0,0321
12	Sulfat (SO ₄)	mg/l	400	2
13	Nitrit (sbg-N)	mg/l	1,0	0,0115
14	Klorida	mg/l	600	61,06
15	Seng (Zn)	mg/l	5,0	-
16	Kromium (Cr)	mg/l	0,05	-
17	Timbal (Pb)	mg/l	0,05	-
18	Sisa Chlor	mg/l	-	-

PDAM, Agustus 2002

Tabel 4. Komponen Unit Pengolahan Pendahuluan (Pretreatment)

No	Nama Barang	Spesifikasi	Keterangan
1	Pompa Air Baku (untuk pretreatment)	Tipe : Sentrifugal Kapasitas : 20 - 25 l/min Daya : 250-500 Watt/220 V Tekanan : 7 bar Daya hisap : 9 m Daya dorong : 50 m Jumlah : 1 buah	Suplai air baku bertekanan
2	Pencampur Statis	Tipe : Tabung Silinder PVC 5" Kapasitas : Hydraulic mixing Tekanan : Max 7 bar Jumlah : 1 buah	Pengadukan hidrolis
3	Pompa Dosing (Tunggal/Single Acting)	Tipe : Chemtech 100/030 Kapasitas : 4.7 lt/hour Daya : 125 Watt/220 V Tekanan : 7 Bars Pump head : SAN Diaphragm : Hypalon Jumlah : 1 buah	Untuk injeksi KMnO ₄
4	Tangki Bahan Kimia	Tipe : Drum Kapasitas : 50 liter Bahan : FRP	Penampungan larutan KMnO ₄
5	Tangki Reaktor	Tipe : Tabung Silinder Kapasitas : 1 - 1,5 m ³ /Jam Bahan : FRP Ukuran : ϕ 10 " x tinggi 120 cm Tekanan : Max 7 bar Jumlah : 1 buah	Terjadinya reaksi oksidasi
6	Penyaring Pasir Cepat	Tipe : Tabung Silinder Kapasitas : 0,5 - 1,8 M ³ / Jam Bahan : FRP Ukuran : ϕ 63 cm, tg 120 cm Tekanan : Max 7 bar Pipa Inlet / outlet : $\frac{3}{4}$ inch System : Semi automatic backwash Media Filter : Pasir Silika Media Penahan : Gravel Jumlah : 1 buah	Pemisahan Oksida Fe, Mn & logam val II
7	Penyaring Besi - Mangan	Tipe : Tabung Silinder Kapasitas : 0,5 - 1,8 M ³ / Jam Bahan : FRP Ukuran : ϕ 63 cm, tg 120 cm Tekanan : Max 7 bar Pipa Inlet / outlet : $\frac{3}{4}$ inch System : Semi automatic backwash Media Filter : Manganis zeolit Media Penahan : Gravel Jumlah : 1 buah	Pengambilan Fe, Mn & logam val II sisa
8	Penyaring warna dan bau	Tipe : Tabung Silinder Kapasitas : 0,5 - 1,8 M ³ / Jam Bahan : FRP Ukuran : ϕ 63 cm, tg 120 cm Tekanan : Max 7 bar Pipa Inlet / outlet : $\frac{3}{4}$ inch System : Semi automatic backwash	Adsorpsi warna & bau

		Media Filter : Karbon Aktif Media Penahan : Gravel	
6	Cartridge Filter	Tipe : Tabung Silinder Kapasitas : 0,5 - 1,8 M ³ / Jam Bahan : Plastic Ukuran : ϕ 15 cm, tinggi 60 cm Tekanan : Max 7 bar Pipa Inlet / outlet : $\frac{3}{4}$ inch System : Semi automatic backwash Media Filter : nylon Ukuran media : 0,25 micron Jumlah : 1 buah	Pemisahan partikel

Tabel 5. Penampung Air Olahan

No	Nama Barang	Spesifikasi	Keterangan
1	Tangki penampung air olahan	Tipe : Drum Kapasitas : 250 liter Bahan : Stainless Steel Jumlah : 4 buah	Tempat penyimpanan sementara air olahan

Tabel 6. Komponen Unit Pengolahan Lanjutan (RO Unit)

No	Nama Barang	Spesifikasi	Keterangan
1	Unit Reverse Osmosis	Tipe : CF 10 T Kapasitas : 10 m ³ / hari Bahan : Stainless Steel Tekanan umpan : Minimum 1 bar Tekanan operasi : 20 - 24 bars Suhu operasi : Max 40 °C Toleransi TDS : < 12 000 ppm Toleransi Fe : Max 0.01 ppm Toleransi Mn : Max 0.01 ppm Toleransi Cl : Max 0.01 ppm Type elemen : Thin Film Composite Jumlah elemen : 2 buah Ukuran elemen : 4 x 20 inch Motor : 2,2 KW; 380 Volt; 50 Hz; 2900 RPM Kelengkapan : Product Flow meter Reject flow meter Inlet presure gauge Operating presure gauge Pre filter pressure gauge Reject pressure regulator Solenoid valve Conductivity tester Tool Kit Anti Soalan Unit Anti Fouling Unit	Desalinasi osmosa balik

Tabel 7. Biaya Pemeliharaan Dan Produksi Pengolahan Air Payau Sistem RO

Biaya Pemeliharaan

No	Komponen Pembiayaan	Jumlah	Harga Satuan	Harga Rp
1	Bahan Bakar (solar)	240 Liter	1.500	360.000
2	Bahan kimia KMnO ₄	0,5 kg	25.000	12.500
3	Anti scalling	0,5 kg	40.000	20.000
4	Anti biofoaling	0,5 kg	40.000	20.000
5	Pengawet membran	0,5 kg	30.000	15.000
6	Media saringan manganese zeolit	2 kg	24.000	48.000
7	Media saringan karbon aktif	2 kg	30.000	60.000
8	Tenaga Kerja	3 orang	400.000	1.200.000
9	Pemeliharaan	1 bulan	100.000	100.000
Total Pembiayaan Per Bulan				1.835.500

Kapasitas Produksi

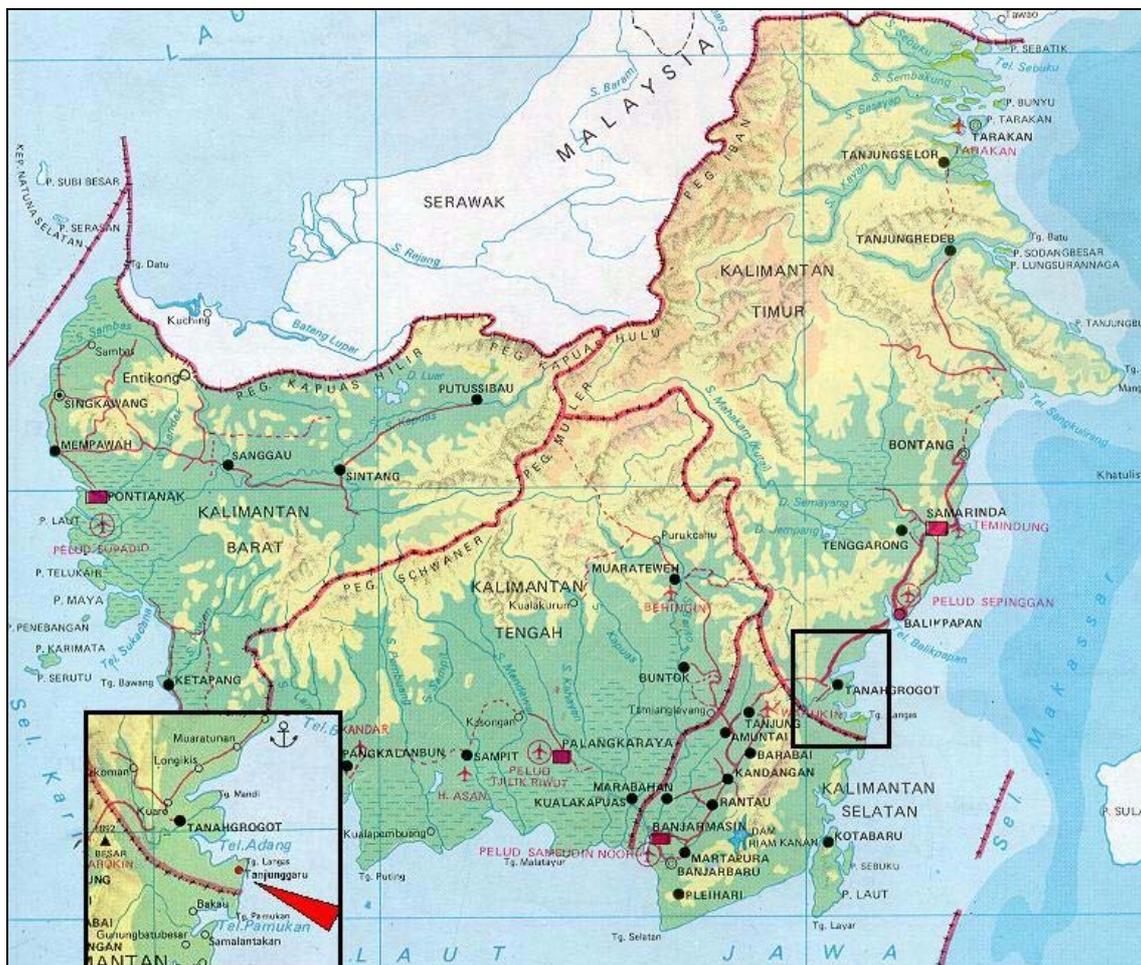
No	Keterangan	Kapasitas	Satuan	Volume/Waktu	Harga Rp
1	Kapasitas Maksimum Produksi	10,00	m ³ /hari		
2	Kapasitas Produksi (8 jam, meter kubik)	0,42	m ³ /jam	8,00	3,33
3	Biaya Produksi Air (Rupiah/liter)		Rp/liter		18,36
4	Jumlah Produksi (Botol Gallon/hari)	3.333	liter	19,50	170,94
5	Biaya Produksi Air Tiap Botol Gallon		Rp/Botol		358,00
6	Biaya Segel Botol		rupiah		250,00
Total Biaya Produksi Per Botol Gallon					800,55

Tabel 8. Harga Jual dan Asumsi Keuntungan Tiap Bulan

No	Pendapatan Maksimal dengan Operasi 8 jam			Asumsi 1 Rp	Asumsi 2 Rp	Asumsi 3 Rp
1	Kapasitas Produksi (8 jam/hari)	Gallon/bulan	5.128			
2	Harga Jual Produk (asumsi)	Rupiah		1.500	2.000	2.500
3	Pendapatan Maksimal	Rupiah		7.692.308	10.256.410	12.820.513

No	Pendapatan Operasi 8 jam/Bulan	Gallon/hari	Terjual Persent	Asumsi 1 Rp	Asumsi 2 Rp	Asumsi 3 Rp
1	Asumsi Terjual 100 %	171	100,00 %	7.692.300	10.256.400	12.820.500
2	Asumsi Terjual 75 %	128	75,00 %	5.769.225	7.692.300	9.615.375
3	Asumsi Terjual 50 %	85	50,00 %	3.846.150	5.128.200	6.410.250
4	Asumsi Terjual 25 %	43	25,00 %	1.923.075	2.564.100	3.205.125
5	Asumsi 1 Terjual Minimal	41	23,40 %	1.845.000	2.460.000	3.075.000
6	Asumsi 2 Terjual Minimal	31	18,14 %		1.860.000	2.325.000
7	Asumsi 3 Terjual Minimal	25	14,63 %			1.875.000

No	Keuntungan Tiap Bulan (Rp)	Gallon /hari	Terjual Persent	Asumsi 1 Rp	Asumsi 2 Rp	Asumsi 3 Rp
1	Keuntungan	171	100,00 %	5.856.800	8.420.900	10.985.000
2	Keuntungan	128	75,00 %	3.933.725	5.856.800	7.779.875
3	Keuntungan	85	50,00 %	2.010.650	3.292.700	4.574.750
4	Keuntungan	43	25,00 %	87.575	728.600	1.369.625
5	Keuntungan Minimal (asumsi 1)	41	23,40 %	9.500	624.500	1.239.500
6	Keuntungan Minimal (asumsi 2)	31	18,14 %		24.500	489.500
7	Keuntungan Minimal (asumsi 3)	25	14,63 %			39.500



Gambar 5. Lokasi Unit IPA-RO di Desa Tanjung Aru, Kecamatan Kerang, Kabupaten Paser, Kalimantan Timur



Gambar 5. Bangunan Pelindung Unit IPA-RO



Gambar 6. Peralatan Unit RO, Filter dan Reaktor Tank



Gambar 7. Bak Penampung Air Baku