

APLIKASI TEKNOLOGI PENGOLAHAN AIR ASIN DESA TARUPA KECAMATAN TAKA BONERATE KABUPATEN SELAYAR

Oleh :
Wahyu Widayat

Pusat Teknologi Lingkungan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT)

Abstract

Takabonerate is one of the 23 regencies in South Sulawesi where it is located at the southern part of South Sulawesi Province and it is surrounded by Flores Sea. As a maritime regency, its mainland is 1,188.28 km² (5.23%) and the sea is approximately 21,138.41 km² (94.68%). It has 126 islands which consist of small and big islands. Tarupa village is a subdistrict located in a tidal and peat area. The community living in Tarupa uses surface water of river as the main clean water resource. The surface water is influenced by the tide of sea water. The surface water taste is very salty (TDS > 12000 ppm). The use of rain water as the second alternative is very limited, i.e. 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 advanced treatment. The pretreatment are oxidation and some common filtrations. The advanced treatment is a molecular filtration using a membrane which the principle is reverse osmosis pressure. If the pilot water treatment plant is available in Tarupa in Takabonerate, 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 South Sulawesi.

Kata Kunci : Teknologi, pengolahan, air asin, reverse osmosis, air minum.

1. PENDAHULUAN

Pulau Selayar adalah merupakan salah satu kabupaten di antara 23 kabupaten/ kota di Propinsi Sulawesi Selatan. Pulau terletak di ujung selatan Propinsi Sulawesi Selatan dikelilingi oleh laut Flores di sebelah Timur dan Selatan, Selat Makasar dan Laut Flores di sebelah Barat dan Teluk Bone Kabupaten Selayar, dan sebelah utara kota Makasar.

Selayar sebagai kabupaten maritim memiliki wilayah daratan seluas ± 1.188,28 km² (5,23%) wilayah laut ± 21.138,41 km² (94,68%), jumlah pulau-pulau besar dan kecil sebanyak ± 126 buah, secara umum mempunyai permasalahan pengadaan air tawar, dimana pemenuhan air bersih (tawar) pada umumnya mengandalkan air hujan atau mengambil dari daerah lain.

Desa Tambuna terletak di salah satu pulau di kecamatan Taka Bonerate, Kabupaten Selayar (lihat gambar 16), yang berpenduduk sekitar 2.000 jiwa, tergolong desa tertinggal. 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 Tambuna pada

waktu musim penghujan adalah menampung air hujan 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 dan kualitas sumberdaya manusia. Suplai air bersih ke lokasi mengalami banyak hambatan, misalnya cuaca dan waktu tempuh yang lama karena hanya dapat ditempuh dengan jalur laut.

Pada kondisi kemarau panjang dan adanya intrusi air laut, kualitas air tanah dangkal menurun, sehingga air menjadi asin karena tingginya kadar garam. Pada kondisi semacam ini kadar garam (*Total Dissolved Solid*) mencapai lebih dari 12.000 ppm. Oleh karena itu wilayah tersebut sangat memerlukan instalasi pengolahan air (IPA) yang mampu untuk mengolah air asin menjadi air tawar.

Salah satu cara yang memungkinkan untuk pemenuhan air bersih, khususnya air minum 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 air asin dengan sistem Reverse Osmosis (Osmosis Balik). Instalasi pengolahan

air asin dengan sistem reverse osmosis dirancang sesuai dengan tingkat sosial ekonomi serta kebutuhan air minum masyarakat setempat.

2. PERMASALAHAN DAN TUJUAN

Kualitas air tanah dangkal di kecamatan Taka Bonerate, khususnya desa Tambuna sudah tercemar karena tingginya kadar garam, sehingga tidak memenuhi syarat lagi untuk digunakan sebagai air minum. Ketersediaan air tanah dangkal rata-rata hanya ada pada saat musim penghujan dan pada musim kemarau panjang air tawar tanah dangkal menipis sehingga tidak mampu lagi memenuhi kebutuhan air tawar, sedangkan penampungan air hujan (PAH) kuantitasnya sangat terbatas, sehingga untuk memenuhi kebutuhan air minum mendatangkan dari daerah terdekat (kota kecamatan Taka Bonerate) yang masih ada sumber air tawar, dengan harga yang relatif mahal yang ditempuh 2 jam perjalanan melewati jalur laut

Seiring dengan penambahan penduduk di desa Tmbuna dan meningkatnya harga BBM ditambah lagi dengan musim kemarau panjang, kebutuhan air minum sangat sulit dipenuhi. Kualitas air tanah dangkal semakin menurun, disebabkan oleh intrusi air laut, dimana air menjadi asin karena tingginya kadar garam, dan untuk menyajikan air minum yang sehat harus dibayar dengan harga yang mahal akibat melambungnya harga BBM. Dalam kondisi semacam ini sangat diperlukan instalasi pengolahan air yang mampu mengolah air asin menjadi air tawar dan siap minum.

3. TUJUAN

Dalam tulisan ini diuraikan salah satu cara mengatasi masalah pemenuhan air bersih (siap minum) di desa Tambuna, kecamatan Taka Bonerate, Kabupaten Selayar dengan mengaplikasikan teknologi pengolahan air asin dengan sistem Reverse Osmosis

4. METODOLOGI

4.1 Survei Lokasi

Survai lokasi dilakukan untuk mengetahui kualitas air baku, jumlah penduduk yang akan dilayani, kondisi sosial & ekonomi masyarakatnya.

4.2 Sampling Air Baku

Pengambilan sampel dan analisa air baku dilakukan pada beberapa titik untuk

mendapatkan data kualitas air yang dapat mewakili kualitas air baku

4.3 Penentuan Lokasi

Aplikasi pengolahan air asin dengan sistem reverse osmosis di desa Tarupa ditentukan dengan pertimbangan segi teknis pembangunan, pengoperasian dan distribusi, dimana instalasi Pengolahan Air (IPA) ditempatkan pada jarak terdekat dengan pemukiman dan sumber air yang akan diolah

4.4 Ketersediaan bahan dan Peralatan

Bahan dan peralatan yang digunakan untuk membangun IPA dipilih dengan pertimbangan untuk mempermudah penyediaan suku cadang dan biaya konstruksi maupun operasionalnya murah.

4.5 Disain

Data kualitas air baku digunakan untuk menentukan disain proses yang akan digunakan, yaitu sebagai acuan penentuan jumlah bahan-bahan kimia, sistem pengolahan pendahuluan yang akan digunakan, sistem pengolahan lanjutan untuk air asin

4.6 Aplikasi

Aplikasi pengolahan air asin menjadi air tawar siap minum diawali dengan pembangunan bangunan pelindung peralatan, kemudian installing pembangkit listrik dan konstruksi unit proses dalam Sistem IPA.

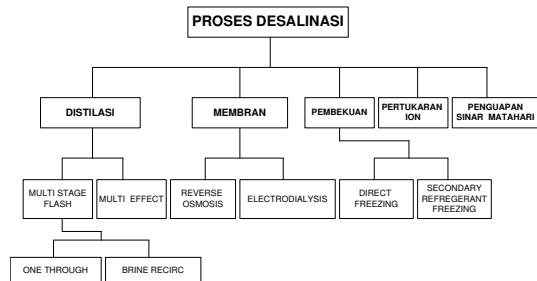
4.7 Pelatihan Sumberdaya Manusia

Masyarakat setempat harus mampu mengelola Instalasi Pengolahan Air tersebut, yaitu mampu mengoperasikan, mensosialisasikan hasil pengelolaan IPA. Untuk itu sebelum diserahkan kepada masyarakat untuk dikelola, dilakukan pelatihan pengoperasian dan perawatan Instalasi Pengolahan Air tersebut.

5. DESALINASI

Pemisahan air tawar dari air asin lazim disebut Desalinasi. Ada beberapa cara desalinasi, yaitu; distilasi, pembekuan, membran, penguapan dan penukar ion (Gambar 1). Aplikasi desalinasi yang telah banyak dipakai antara lain, distilasi (penguapan), filtrasi (membran) dan pertukaran ion.

Ada tiga cara desalinasi dengan Distilasi yaitu : multi stage flash distillation, multiple effect distillation dan vapor compression distillation, sedangkan proses membran dibagi menjadi dua yaitu: Reverse osmosis (Osmosa Balik) dan Electrodiyalisis.



Gambar 1 : Penggolongan Proses Desalinasi

Dari berbagai cara desalinasi, aplikasi yang paling banyak adalah desalinasi dengan cara distilasi, selanjutnya disusul oleh teknologi membran osmosis balik dan seterusnya. (Tabel 1).

Tabel 1: Aplikasi jenis proses & kapasitas desalinasi.

Jenis Proses	Kapasitas (m ³ /hari)	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

Sumber : "Worldwide Desalting Plants Inventory Reports" yang diterbitkan oleh International Desalination Assosiation (IDA); Mei 1994,

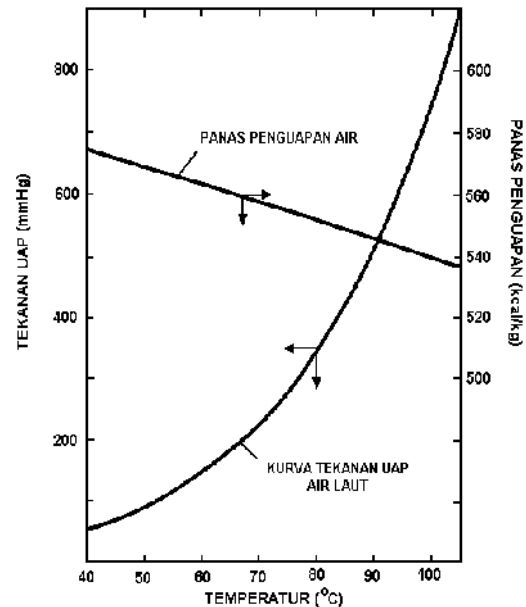
Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa teknologi desalinasi yang banyak digunakan saat ini adalah proses distilasi dan reverse osmosis.

5.1 Distilasi

Pada sistem distilasi, air asin yang digunakan sebagai bahan baku jumlahnya 10 kali dari air tawar yang akan dihasilkan. Media pemanas menggunakan steam dari boiler atau sumber lainnya. Perbandingan jumlah produksi air tawar terhadap jumlah panas steam yang diperlukan disebut Performance Ratio atau Gained Output Ratio (GOR). Rancangan biasanya memakai performance ratio 6 sampai 8, jadi steam pemanas yang dibutuhkan jumlahnya 1/6 sampai 1/8 dari air yang dihasilkan.

Kerak dan karat pada peralatan adalah masalah yang biasa timbul pada semua jenis sistem distilasi. Apabila terjadi kerak pada tube

penukar panas evaporator maka panas penguapan akan menurun, suhu pemanas meningkat sehingga efisiensi panas dan produksi air tawar akan berkurang (Gambar 2). Dalam kondisi ini desalinasi harus diberhentikan untuk pembersihan tube dengan asam. Penerapan desalinasi yang efektif sangat diperlukan.



Gambar 2 :Kurva tekanan uap air laut dengan konsentrasi garam 3,5 % dan panas penguapan.

5.2 Reverse Osmosis

4.1 Membran Reverse Osmosis

Modul membran reverse osmosis (Gambar 3) untuk mengolah air dibagi menjadi tiga, yaitu membran air tawar, membran air payau dan membran air asin/laut. Masing masing jenis membran tersebut mempunyai karakteristik yang berbeda, baik operasionalnya yang ditentukan dengan tekanan operasi maupun kemampuan dalam menahan partikel garam. Membran air tawar mampu mengolah air dengan kandungan TDS sampai 500 ppm dengan tekanan operasi sampai 5 kg/cm², membran air payau mampu mengolah air dengan kandungan TDS sampai 12.000 ppm dengan tekanan operasi sampai 10 kg/cm dan membran air asin/laut mampu mengolah air dengan kandungan TDS sampai 40.000 ppm dengan tekanan operasi sampai 50 kg/cm.

Kapasitas olah membran ditentukan oleh luas permukaan modul membran, yaitu dengan variabel dimensi membran (diameter dan panjang) maupun jumlah modul membran yang digunakan dengan penyusunan seri, paralel maupun kombinasi seri paralel. Salah satu

contoh pemasangan modul membran dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3 : Modul membran reverse osmosis.

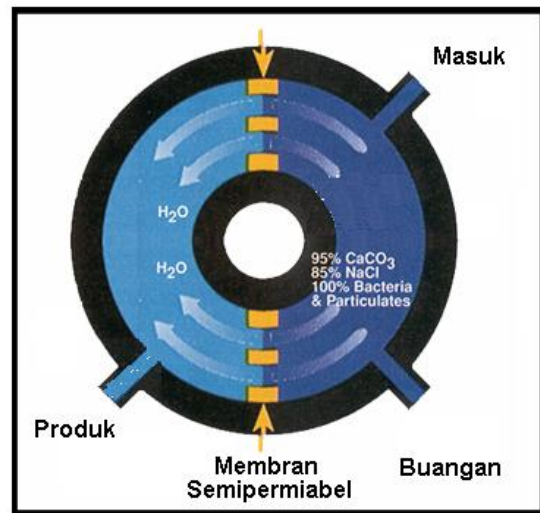


Gambar 4 : Susunan beberapa modul membrane dengan kombinasi seri paralel.

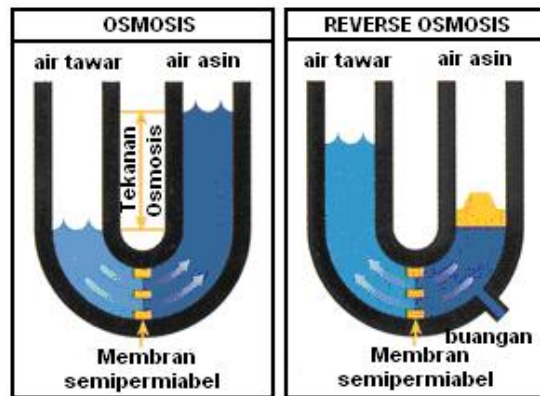
4.2 Prinsip reverse osmosis

Prinsip dasar pengolahan air asin dengan membran reverse osmosis ditunjukkan seperti Gambar 5. Pada prinsipnya apabila dua buah larutan dengan konsentrasi encer dan 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. Fenomena tersebut disebut proses osmosis. Prinsip dasar proses osmosa dan proses osmosa

balik tersebut ditunjukkan seperti pada Gambar 6.



Gambar 5 : Prinsip desalinasi dengan membran.



Gambar 6 : Prinsip dasar osmosis & reverse osmosis .

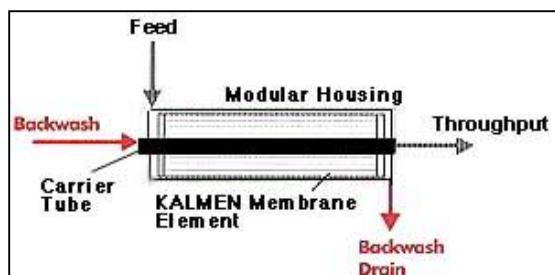
Dalam pengolahan air asin, air tawar sebagai larutan dengan konsentrasi encer dan air asin disebut dengan larutan dengan konsentrasi pekat dipisahkan dengan membran semi permeabel, maka air tawar akan terdifusi ke dalam air asin melalui membran semi permeabel tersebut, sehingga terjadi kesetimbangan. Apabila 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 tertahan di dalam larutan garamnya sehingga menjadi lebih pekat. Proses tersebut dikenal dengan proses *Reverse Osmosis* (osmosa balik).

Daya yang menyebabkan terjadinya difusi air tawar ke dalam air asin melalui membran semi permeabel dinamakan tekanan osmosis. Tekanan osmosis dipengaruhi karakteristik jenis membran, temperatur air, dan konsentrasi garam (salinitas) serta senyawa lain yang terlarut dalam

air (TDS). Air asin mengandung TDS ± 12.000 ppm atau lebih pada suhu 25°C, mempunyai tekanan osmotik normal ± 6,9 kg/cm² , Air laut yang mengandung TDS ± 35.000 ppm pada suhu 25°C mempunyai tekanan osmotik normal ± 26,7 kg/cm², dan untuk air laut di daerah timur tengah atau laut Merah kandungan garam lebih pekat dengan TDS ± 42,000 ppm, pada suhu 30°C, tekanan osmosis ± 32,7 kg /m².

4.2 Desalinasi Membran Reverse Osmosis

Efisiensi proses desalinasi air asin dengan sistem Reverse Osmosis (osmosa balik) cukup tinggi ± 99,5 %. Seperti ditunjukkan pada Gambar 7, dalam proses Reverse Osmosis ini, air baku (air asin) dipompa dengan tekanan tinggi melampaui tekanan osmosisnya 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 dipisahkan (*reject/drain*).



Gambar 7 : Proses pengolahan air asin dengan teknologi membran.

Di dalam proses penyaringan dengan ukuran molekul melalui membran reverse osmosis partikel yang molekulnya lebih besar dari pada molekul air, seperti molekul garam dan lainnya, akan terpisah dan akan ikut ke dalam air buangan, sehingga untuk menjaga membran dari kebuntuan, air yang akan masuk ke dalam membran reverse osmosis harus mempunyai persyaratan tertentu, misalnya kekeruhan harus nol, kadar besi dan mangan harus < 0,1 mg/l, pH netral dan harus selalu dikontrol agar tidak terjadi pengendapan kalsium karbonat dan lainnya.

Tabel 2 : Standar Kualitas air baku untuk air umpan unit reverse osmosis.

No	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

Pengolahan air payau dengan menggunakan sistem reverse osmosis ini sangat dipengaruhi oleh kualitas air baku yang akan diolah, apabila air baku tidak memenuhi persyaratan sebagai air baku reverse osmosis (Tabel 2), maka Instalasi Pengolahan Air dilengkapi dengan unit pengolahan awal (*Pretreatment*) dan setelah air baku memenuhi persyaratan dilanjutkan pada unit pengolahan lanjutan (*Treatment*), yaitu unit reverse osmosis. Air baku yakni air asin, terutama yang dekat dengan pantai pada umumnya masih mengandung partikel padatan tersuspensi, mineral, plankton dan lainnya, maka air baku tersebut perlu dilakukan pengolahan awal sebelum diproses di dalam unit osmosa balik.

Pengolahan pendahuluan terdiri dari pompa air baku tekanan operasi 4 Bar, pompa dosing tekanan operasi 7 Bar yang dilengkapi dengan tangki kimia, tangki reaktor, saringan pasir cepat, saringan mangan zeolit, dan saringan karbon aktif untuk penghilangan warna dan filter *cartridge* ukuran 0,5 µm. Unit pengolahan lanjutan terdiri dari pompa tekanan tinggi, membran osmosis balik, pompa dosing bahan anti kerak (*anti scalant*) dan anti jamur (*anti biofouling*) yang dilengkapi dengan tangki kimia dan sterilisator ultra violet (*UV*).

5. PROSES PENGOLAHAN

Proses pengolahan air asin dengan sistem reverse osmosis ini terbagi dalam 2 unit proses yaitu pengolahan pendahuluan untuk memenuhi standar kualitas air baku yang akan diolah pada unit reverse osmosis dan pengolahan lanjut untuk penghilangan garam, flow diagram dapat dilihat pada gambar 15 dan penerapannya dapat dilihat pada gambar 17-18.

5.1 Pengolahan Pendahuluan

Berdasarkan data kualitas air baku, diperlukan pengolahan pendahuluan atau yang disebut dengan *pretreatment* terdiri dari beberapa unit proses, yaitu oksidasi dan filtrasi. Proses oksidasi menggunakan bahan oksidator KMnO₄ sedangkan proses filtrasi menggunakan saringan pasir cepat, saringan mangan zeolit, saringan karbon aktif dan *cartridge filter*.

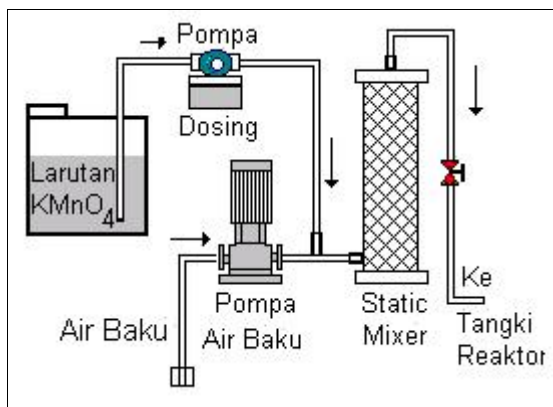
Untuk mendapatkan air minum (tawar) 10.000 liter/hari, diperlukan sistem pengolahan pendahuluan dengan kapasitas tiga kali lipat kapasitas unit pengolahan lanjutan, yaitu sebesar

± 30.000 liter per hari. Komponen dan spesifikasi unit pengolahan pendahuluan dapat dilihat pada Tabel 5.

A. Oksidasi KMnO₄

KMnO₄ digunakan sebagai bahan oksidator dengan tujuan untuk mengoksidasi besi dan mangan atau logam-logam valensi dua lainnya. Pembubuhan KMnO₄ selain untuk oksidator juga sebagai bahan regenerasi media filter mangan zeolit (*greensand*).

Pompa dosing kapasitas maksimum sekitar 4,7 liter per jam cukup untuk menginjeksi KMnO₄. Laju injeksi dapat diatur dengan cara mengatur jumlah stroke pompa dosing. Konsentrasi KMnO₄ yang masuk ke *static mixer* dan tangki reaktor diatur kira-kira 0,3 ppm. Skema injeksi larutan kalium permanganat dapat dilihat pada Gambar 8.



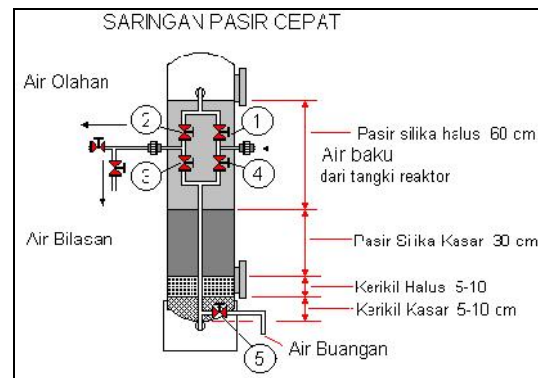
Gambar 8 : Skema injeksi larutan KMnO₄.

B. Saringan Pasir Cepat

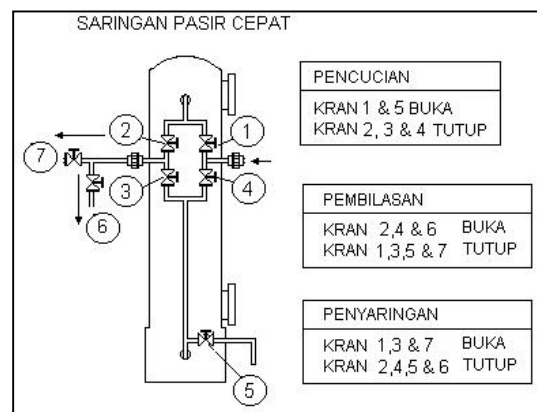
Padatan yang ada di dalam air serta oksida besi dan mangan yang terbentuk di dalam tangki reaktor tertahan di saringan pasir cepat. Media saringan pasir cepat terdiri dari batu kerikil kasar, kerikil halus, pasir kuarsa/silika kasar dan pasir silika halus, dengan susunan dari bawah ke atas adalah sebagai berikut :

- Kerikil kasar = 5-10 Cm
- Kerikil halus = 5-10 Cm
- Pasir silika kasar = 30 Cm
- Pasir silika halus = 50 Cm

Skema susunan media dalam saringan pasir cepat ditunjukkan pada Gambar 9. Dan cara pengoperasiannya ditunjukkan pada Gambar 10.



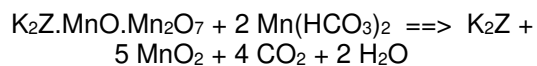
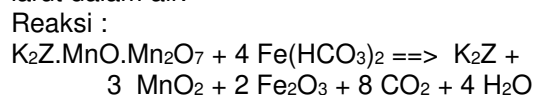
Gambar 9 : Susunan media saringan pasir.



Gambar10 :Diagram pengoperasian saringan pasir.

C. Saringan Mangan Zeolit

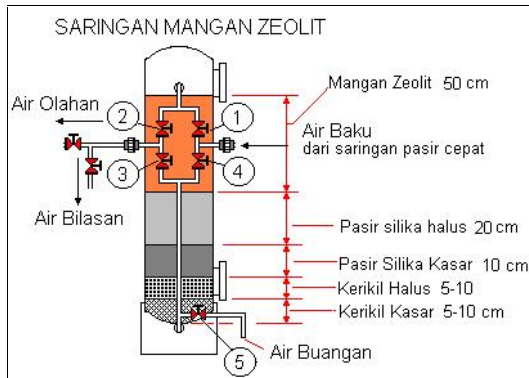
Mangan Zeolit berfungsi sebagai katalis dan pada waktu yang bersamaan besi dan mangan yang ada dalam air teroksidasi menjadi bentuk ferri-oksida dan mangandioksida yang tak larut dalam air.



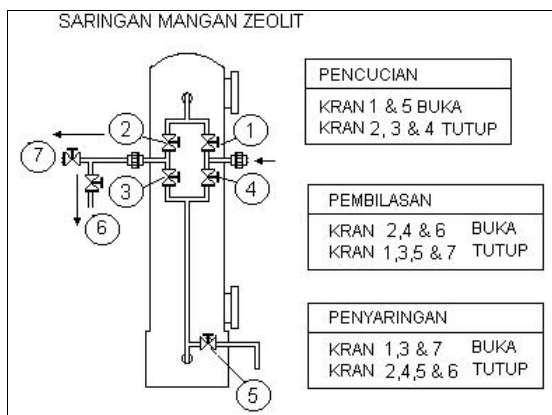
Reaksi penghilangan besi dan mangan dengan mangan zeolite merupakan reaksi dari Fe²⁺ dan Mn²⁺ dengan oksida mangan tinggi (*higher mangan oxide*). Filtrat yang terjadi mengandung ferri-oksida dan mangan-dioksida yang tak larut dalam air dapat dipisahkan dengan pengendapan dan penyaringan. Selama proses berlangsung kemampuan reaksinya makin lama makin berkurang dan akhirnya menjadi jenuh. Untuk regenerasinya dapat dilakukan dengan menambahkan larutan KMnO₄ ke dalam mangan zeolite yang telah jenuh tersebut sehingga akan terbentuk lagi mangan zeolite (K₂Z.MnO.Mn₂O₇).

Media terdiri dari batu kerikil kasar, kerikil halus, pasir silika kasar, pasir silika halus dan mangan zeolit. Susunan media ditunjukkan pada Gambar 11 dan cara pengoperasian ditunjukkan pada Gambar 12. Susunan media dari bawah ke atas adalah sebagai berikut :

- Kerikil kasar = 5-10 Cm
- Kerikil halus = 5-10 Cm
- Pasir silika kasar = 10 Cm
- Pasir silika halus = 20 Cm
- Manganese Zeolit = 50 Cm



Gambar 11 : Susunan Media saringan Mangan Zeolit.



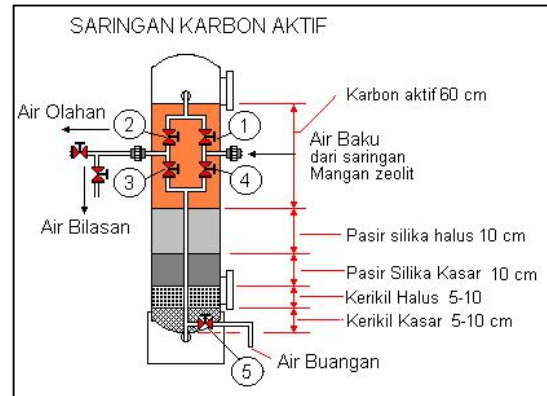
Gambar 12 : Diagram proses pengoperasian saringan Mangan Zeolit

D. Saringan Karbon Aktif

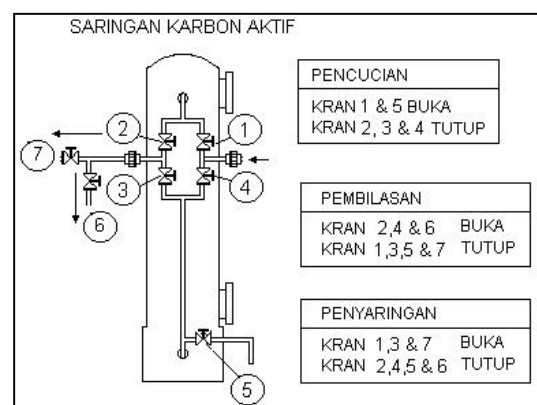
Saringan karbon aktif berfungsi untuk menghilangkan polutan mikro misalnya zat organik, deterjen, bau, senyawa phenol serta untuk menyerap logam berat dan lain-lain. Apabila seluruh permukaan karbon aktif sudah jenuh, maka proses penyerapan akan berhenti, dan pada saat ini karbon aktif harus diganti dengan karbon aktif yang baru.

Skema susunan media ditunjukkan pada Gambar 13, sedangkan skema proses pengoperasian filter karbon aktif ditunjukkan seperti pada Gambar 14. Susunan media dari bawah ke atas adalah sebagai berikut :

- Kerikil kasar = 5-10 Cm
- Kerikil halus = 5-10 Cm
- Pasir silika kasar = 10 Cm
- Pasir silika halus = 10 Cm
- Karbon aktif = 60 Cm



Gambar 13 : Susunan Media dalam saringan Karbon Aktif.



Gambar 14 : Diagram proses pengoperasian saringan Karbon Aktif.

E. Cartridge Filter

Unit proses dilengkapi dengan cartridge filter dengan ukuran 0,1 µm, sehingga secara keseluruhan produk air dari unit pengolahan pendahuluan ini diharapkan mempunyai kualitas yang dipersyaratkan seperti tabel-2 yaitu, kekeruhan < 5 NTU, Fe, Mn < 0,1 ppm dan Chlorida juga < 0,01 ppm.

Unit pengolahan pendahuluan di atas belum dapat menghilangkan kadar garam, sehingga diperlukan pengolahan lanjutan untuk penghilangan garamnya (*desalinasi*)

5.2 Pengolahan Lanjutan

Yaitu proses penyaringan dengan menggunakan membran. Untuk menghasilkan air tawar, air asin yang telah memenuhi persyaratan sebagai air baku dipompa dengan tekanan tinggi ke dalam suatu modul membran reverse

osmosis. Komponen dan spesifikasi unit pengolahan lanjutan dapat dilihat pada tabel 6.

Efisiensi penghilangan garam dengan proses reverse osmosis ini mencapai 99,5 %. Modul membran osmosa balik mempunyai dua buah pipa keluaran, yakni pipa keluaran untuk air tawar sebagai produk dan pipa keluaran untuk air garam yang telah dipekatkan sebagai buangan. Di dalam membran reverse osmosis terjadi proses penyaringan dengan skala molekul, yaitu partikel yang molekulnya lebih besar dari pada molekul air, misalnya molekul garam dan lainnya, akan terpisah dan akan ikut ke dalam air buangan.

Dalam pengoperasian penyaringan skala molekul ini diinjeksi 3 jenis bahan kimia, yaitu anti scalant (anti pengerakan), anti biofouling (anti penyumbatan karena unsur biologis) dan bahan pengawet yang berfungsi untuk mengawetkan membran yang berupa *Thin Composite Film*, bahan kimia tersebut tersaring dan akan keluar bersama dengan air buangan.

Air baku yang diambil dari sumur setempat tidak memenuhi persyaratan untuk air minum karena kandungan garam mencapai 12.000 ppm dan parameter lainnya juga melebihi ambang batas (Tabel 5). Setelah melalui proses pengolahan pendahuluan dan lanjutan air hasil olahan mempunyai kualitas sebagai air siap minum (Tabel 6), yaitu memenuhi standar kualitas air minum yang disyaratkan oleh Departemen Kesehatan RI. Kandungan jumlah padatan terlarut umumnya lebih kecil dari 150 ppm (mg per liter).

6. ANALISA EKONOMI

Untuk membangun satu unit instalasi pengolahan air asin dengan sistem *reverse osmosis* kapasitas 10.000 liter/hari ini diperlukan biaya sebesar 200.000.000 rupiah. Biaya operasional dan pemeliharaan alat termasuk honor pegawai setiap bulannya seperti terlihat pada Tabel 8. adalah sekitar Rp.2.36.100 . Biaya produksi air perliternya adalah Rp. 6,8. Apabila air olahan tersebut dijual dengan sistem kemasan botol galon, maka biaya total produksi air perbotol galonnya adalah Rp. 290. Dari Tabel 9 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. 10.000,00) dan bila air dapat terjual 50% saja atau 85 botol galon/perhari, maka diperoleh pendapatan setiap bulan sebesar Rp. 6.375.000,00. Pendapatan ini setelah dipotong biaya pengeluaran perbulan maka diperoleh keuntungan hasil penjualan air hasil olahan setiap bulannya sebesar Rp. 5.635.500,00,

dengan demikian diperkirakan investasi alat kembali pada tahun ketiga. Dengan asumsi air hasil olahan terjual 75 % biaya investasi alat diharapkan akan kembali pada tahun ke dua.

7. PENUTUP

Aplikasi teknologi pengolahan air asin menjadi air siap minum dengan sistem reverse osmosis ini mampu memproduksi air siap minum 10 m³ per hari (8jam pengoperasian/hari). proses pengolahan dibagi menjadi 2 (dua) bagian utama, yaitu unit pengolahan pendahuluan (*Pretreatment*) dan unit pengolahan lanjutan (*Treatment*).

Manfaat secara langsung aplikasi teknologi pengolahan air asin sistem *reverse osmosis* terhadap masyarakat setempat adalah 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 ini langsung dapat diminum tanpa perlu dimasak terlebih dahulu, dengan biaya pengolahan per liter air minum dari air baku adalah Rp. 6,8-dimana air minum dalam kemasan saat ini mencapai Rp. 2.000 per liter.

Manfaat secara tidak langsung penerapan aplikasi teknologi pengolahan air asin sistem reverse osmosis ini adalah merupakan unit percontohan penerapan teknologi tinggi yang dikemas sangat sederhana sehingga dapat dan mudah diterapkan pada daerah lain.

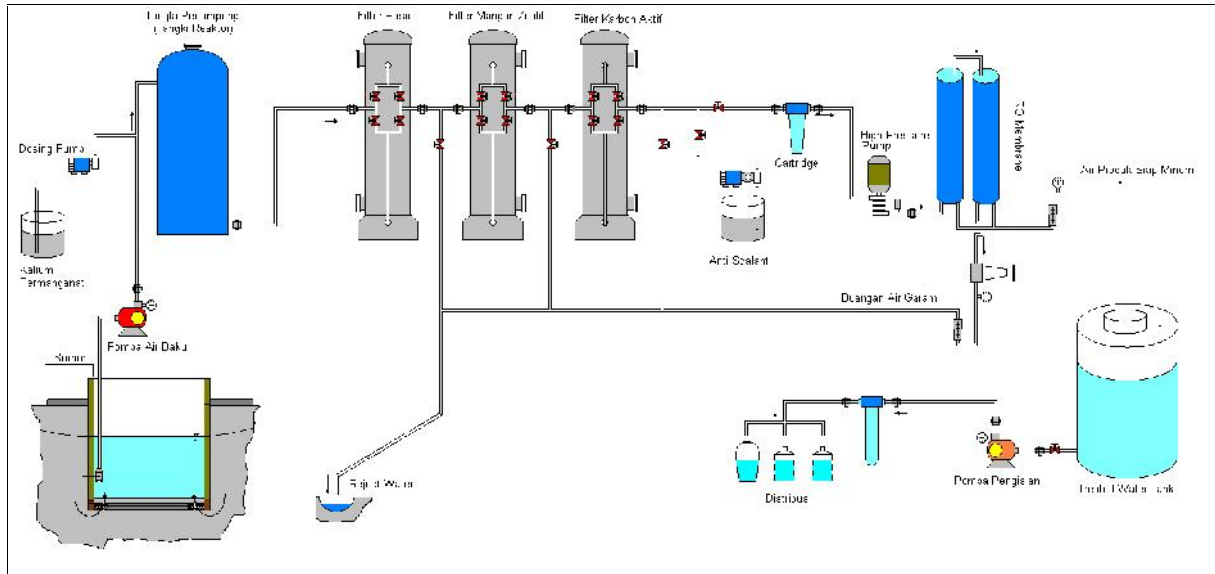
Manfaat secara umum adalah adanya peningkatan taraf kehidupan masyarakat, karena dengan mengkonsumsi air yang sehat dan bersih berarti masyarakat juga terhindar dari kemungkinan menderita sakit (muntaber, disentri atau thypus) dan dengan demikian kesejahteraan masyarakat juga semakin meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

1. Benefield, L.D., Judkins, J.F., and Weand, B.L., "*Process Chemistry For Water And Waste Treatment*", Prentice-Hall, Inc., Englewood, 1982
2. Bunce, N.J. , 1993, *Intruduction to Environmental Chemistry*, Wuerz Publishing Ltd, Winnipeg, Canada.
3. 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
4. Hamer, M. J., "*Water And Waste water Technology* ", Second Edition, John Wiley And Sons, New York, 1986

5. 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.
6. Peavy, H.S., Rowe, D.R, AND Tchobanoglous, S.G., *Environmental Engineering* ", Mc Graw-Hill Book Company, Singapore, 1986
7. Sasakura, 1995, *Desalination Technology and Its Application*, P.T. Sasakura Indonesia, Jakarta.
8. Tatsumi Iwao, " *Water Work Engineering (JOSUI KOGAKU)* ", Japanese Edition, Tokyo, 1971
9. Viessman W,JR., "Water Supply And Pollution Control ", fourth edition, Harper and Row Publisher, New york, 1985.

LAMPIRAN



Gambar 15 : Diagram alir pengolah air Asin sistem *reverse osmosis*.



Gambar 16 : Lokasi Unit IPA-RO di Desa Tarupa.



Gambar 17 : Unit *Pretreatment*.



Gambar 18 : Unit *Treatment Reverse Osmosis*.

Tabel 3 : Kualitas Air Baku.

No	PARAMETER	SATUAN	Hasil Analisa
1	Warna	Skala TCU	70
2	Bau	-	Tak berbau
3	Rasa	-	Asin
4	Kekeruhan	NTU	1,1
5	Suhu	°C	-
6	Jumlah zat padat terlarut (TDS)*	mg/l	12.000
7	Zat organik (KMNO4)	mg/l	60
8	Derajad keasaman (pH)	-	7,8
9	Kesadahan jumlah (CaCO3)	mg/l	430
10	Besi (Fe)	mg/l	0,2
11	Mangan (Mn)	mg/l	0,1
12	Sulfat (SO4)	mg/l	3
13	Nitrit (sbg-N)	mg/l	0,3
14	Klorida	mg/l	0,2
15	Seng (Zn)	mg/l	-
16	Kromium (Cr)	mg/l	-
17	Timbal (Pb)	mg/l	-
18	Sisa Chlor	mg/l	-

Sumber : Hasil Analisa PDAM, Agustus 2007

Tabel 4 : 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	0,3
5	Suhu	°C	Suhu udara + 3	-
6	Jumlah zat padat terlarut (TDS)	mg/l	1500	130,0
7	Zat organik (KMNO4)	mg/l	10	3,4
8	Derajad keasaman (pH)	-	6,5-9,0	7
9	Kesadahan jumlah (CaCO3)	mg/l	500	42
10	Besi (Fe)	mg/l	1,0	0,001
11	Mangan (Mn)	mg/l	0,5	0,02
12	Sulfat (SO4)	mg/l	400	2
13	Nitrit (sbg-N)	mg/l	1,0	0,01
14	Klorida	mg/l	600	36
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 2007

Tabel 5 : Komponen Unit Pengolahan Pendahuluan (*Pretreatment*).

No	Nama Barang	Spesifikasi	Keterangan
1	2	3	4
1	Pompa Air Baku (untuk <i>pretreatment</i>)	Tipe : Sentrifugal Kapasitas : 26 l/min Daya : 250-500 Watt/220 V Tekanan : 4-7 bar Daya hisap : 9 m Daya dorong : 40 m Material : <i>Stainless steel</i> Jumlah : 1 buah	Suplai air baku bertekanan
2	<i>Static Mixer</i>	Tipe : <i>Cross flow</i> , Kapasitas : 30 liter/menit Tekanan : Max 7 bar Material : PVC 6" x 100 Cm Jumlah : 1 buah	<i>Hydraulic mixing</i>
3	Pompa Dosing (Tunggal/ <i>Single Acting</i>)	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 : <i>Pressure tank</i> Kapasitas : 1 - 1,5 m ³ /Jam Bahan : FRP Ukuran : ϕ 73 Cm x tinggi 120 cm Tekanan : Max 7 bar Material : FRP Jumlah : 1 buah	Terjadinya reaksi oksidasi
6	Saringan Pasir Cepat	Tipe : Tabung Silinder Kapasitas : 0,5 - 1,8 M ³ / Jam Bahan : FRP Ukuran : ϕ 12 ", tinggi 120 cm Tekanan : Max 7 bar Pipa Inlet / outlet : 1 inch System : manual Media Filter : Pasir Silika Media Penahan : Gravel Material : PVC Jumlah : 1 buah	Pemisahan Oksida Fe, Mn & logam val II
7	Saringan Mangan Zeolit	Tipe : Tabung Silinder Kapasitas : 0,5 - 1,8 M ³ / Jam Bahan : FRP Ukuran : ϕ 12 ", tinggi 120 cm Tekanan : Max 7 bar Pipa Inlet / outlet : 1 inch System : manual Media Filter : Mangani zeolit Media Penahan : Gravel Material : PVC Jumlah : 1 buah	Pengambilan Fe, Mn & logam val II sisa

8	Saringan Carbon Aktif	Tipe : Tabung Silinder Kapasitas : 0,5 - 1,8 M ³ / Jam Bahan : FRP Ukuran : ϕ 12 ", tinggi 120 cm Tekanan : Max 7 bar Pipa Inlet / outlet : 1 inch System : manual Media Filter : Karbon Aktif Material : PVC Media Penahan : Gravel	Adsorbsi warna & bau
9	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 : 1 inch Media Filter : nylon Ukuran media : 0,1 micron Jumlah : 1 buah	Pemisahan partikel

Tabel 6 : Komponen Unit Pengolahan Lanjutan (Reverse Osmosis).

No	Nama Barang	Spesifikasi	Keterangan
1	Unit <i>Reverse Osmosis</i>	Tipe : SW 10 T Kapasitas : 10 m ³ / hari Material : <i>Stainless Steel</i> Tekanan umpan : Minimum 1 bar Tekanan operasi : 20 - 100 bars Suhu operasi : Max 40 °C Toleransi TDS : < 40 000 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 : <i>Product Flow meter</i> <i>Reject flow meter</i> <i>Inlet presure gauge</i> <i>Operating presure gauge</i> <i>Pre filter pressure gauge</i> <i>Reject pressure regulator</i> <i>Solenoid valve</i> <i>Conductivity tester</i> <i>Tool Kit</i> <i>Anti Soalan Unit</i> <i>Anti Fouling Unit</i>	Desalinasi osmosa balik

Tabel 7 : Unit Pengisian & Power.

No	Nama Barang	Spesifikasi	Keterangan
1	Tangki penampung air olahan	Tipe : Drum Kapasitas : 500 liter Bahan : Stainless Steel Jumlah : 2 buah	Tempat penyimpanan sementara air olahan Suplai air olahan
2	Pompa air pengisian	Tipe : Sentrifugal Kapasitas : 26 l/min Daya : 100 Watt/220 V Tekanan : 4-7 bar Daya hisap : 6 m Daya dorong : 20 m Material : Teflon Jumlah : 1 buah	
3	Ultraviolet	Tipe : Direct Kapasitas : 0,5 - 1,8 M ³ / Jam Bahan : Stainless Steel Ukuran : 15 x 15 x 120 cm Tekanan : Max 4 bar Pipa Inlet / outlet : 1 inch Daya : 20 Watt/220 V Jumlah : 1 buah	Pemisahan partikel
4	Generator Set	Tipe : TF 155 R Kapasitas : 23 PK Bahan : Steel Ukuran : 60 x 60 x 150 cm Daya : 10 KVA/380 V Jumlah : 1 buah	

Tabel 8 : Biaya pemeliharaan dan produksi pengolahan air asin sistem Reverse Osmosis

Biaya pemeliharaan :

No	Komponen Pembiayaan	Jumlah	Harga Satuan	Harga Rp
1	Bahan Bakar (solar)	240 Liter	4,500	1,080,000
2	Bahan kimia KMnO ₄	0.05 kg	20,000	1,000
3	Anti scalling	0.01 kg	40,000	400
4	Anti biofoaling	0.01 kg	40,000	400
5	Pengawet membran	0.01 kg	30,000	300
6	Media saringan manganese zeolit	1 kg	24,000	24,000
7	Media saringan karbon aktif	1 kg	30,000	30,000
8	Tenaga Kerja	2 orang	400,000	800,000
9	Pemeliharaan	1 bulan	100,000	100,000
Total Pembiayaan Per Bulan				2,036,100

Biaya Produksi :

No	Keterangan	Kapasitas	Satuan	Volume/ Waktu	Harga Rp
1	Kapasitas Maksimum Produksi	10	m3/hari		
2	Kapasitas Produksi (8 jam,m ³)	3.33	m3/jam	8	
3	Biaya Produksi Air (Rupiah/liter)		Rp/liter		6.8
4	Jumlah Produksi (Botol Gallon/hari)	171	galon/hr	19.5	
5	Biaya Produksi Air / Botol Gallon		Rp/Botol		132.6
6	Biaya Segel Botol		rupiah		150
	Biaya Produksi /Botol Gallon				289.4

Tabel 9 : 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	5,130			
2	Harga Jual Produk (asumsi)	Rupiah		1,500	2,000	2,500
3	Pendapatan Maksimal	Rupiah		7,695,000	10,260,000	12,825,000

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 %	7,695,000	10,260,000	12,825,000
2	Asumsi Terjual 75 %	128	75,00 %	5,760,000	7,680,000	9,600,000
3	Asumsi Terjual 50 %	85	50,00 %	3,825,000	5,100,000	6,375,000
4	Asumsi Terjual 25 %	43	25,00 %	1,935,000	2,580,000	3,225,000
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 %	6,207,300	8,772,300	11,337,300
2	Keuntungan	128	75,00 %	4,646,400	6,566,400	8,486,400
3	Keuntungan	85	50,00 %	3,085,500	4,360,500	5,635,500
4	Keuntungan	43	25,00 %	1,560,900	2,205,900	2,850,900
5	Keuntungan Min (asumsi 1)	41	23,40 %	1,488,300	2,103,300	2,718,300
6	Keuntungan Min (asumsi 2)	31	18,14 %		1,590,300	2,055,300
7	Keuntungan Min (asumsi 3)	25	14,63 %			1,657,500