

JRL	Vol.11	No. 1	Hal. 37 - 44	Jakarta, Juni 2018	p-ISSN : 2085.38616 e-ISSN : 2580-0442
-----	--------	-------	--------------	-----------------------	---

DESAIN PENGOLAHAN AIR MENGGUNAKAN MEMBRAN ULTRAFILTRASI KAPASITAS 50M³/HARI

Oman Sulaeman S.Kom
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi
oman.sulaeman@bppt.go.id

Abstrak

Air bersih merupakan kebutuhan setiap orang, kebutuhan ini terus meningkat dari waktu ke waktu. Adanya keterbatasan pemerintah untuk mengolah air menjadi kendala masyarakat untuk memiliki akses dalam mendapatkan air bersih. Keberadaan sungai sebagai salah satu sumber air telah tercemar oleh limbah rumah tangga dan polutan lainnya menjadikan air sungai tidak lagi dapat memenuhi kebutuhan masyarakat. Oleh karena itu untuk mendapatkan air bersih yang memenuhi baku mutu air bersih diperlukan teknologi yang tepat. Salah satu teknologi yang di butuhkan dalam perencanaan unit pengolah air yang sesuai dan efisien untuk mengolah menjadi air bersih yaitu dengan menggunakan membran ultrafiltrasi. Dalam desain ini akan direncanakan pengolahan air bersih dengan kapasitas 50 m³/hari.

kata kunci : Ultrafiltrasi, Desain, Air bersih

WATER TREATMENT DESIGN USING ULTRAFILTRASI MEMBRANE WITH CAPACITY OF 50M³ / DAY

Abstract

Clean water is required for everyone, this need is increasing from time to time. The existence of government limitation to treat water become obstacles of society to have access in getting clean water. The presence of rivers as one source of water has been polluted by household wastes and other pollutants making river water no longer able to meet the needs of the community. Therefore, to obtain clean water that meets the quality standard of clean water is required appropriate technology. One of the technology needed in the planning design of appropriate and efficient water treatment unit to process into clean water is by using ultrafiltration membrane. In this design will be planned water treatment with a capacity of 50 m³ / day.

keywords: Ultrafiltration, Design, Clean water

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air merupakan sumber daya alam yang memegang peranan penting di dalam kehidupan manusia. Air dimanfaatkan dalam berbagai bidang kehidupan seperti pertanian, peternakan perikanan, industri, pariwisata, dsb. Fungsi – fungsi strategis tersebut telah menempatkan air sebagai sarana yang vital dalam kehidupan manusia. Namun demikian, kondisi saat ini menunjukkan bahwa kualitas air di alam sudah jauh menurun. Air sudah tercemar sedemikian rupa oleh berbagai macam kontaminasi seperti logam berat, garam, pestisida, herbisida, bakteri, virus, dan bahan-bahan beracun berbahaya lainnya. Sumber air pun sudah banyak yang rusak sehingga jumlah cadangan air yang layak pun semakin berkurang.

Pengadaan air bersih di Indonesia khususnya untuk skala besar masih terpusat di daerah perkotaan yang dikelola oleh Perusahaan Air Minum (PAM). Untuk skala pedesaan yang lebih kecil, sejauh ini baru mencapai beberapa Ibu Kota Kecamatan. Secara nasional jumlah penyediaan air minum masih jauh dari mencukupi. Untuk daerah yang belum mendapatkan pelayanan air bersih dari PAM, umumnya mereka menggunakan air tanah (sumur), air sungai, air hujan, mata air dan sumber air lainnya. Banyak wilayah di Indonesia yang kualitas sumber air permukaan ataupun air tanahnya tidak memenuhi syarat untuk digunakan sebagai air bersih maupun air minum.

Hal ini telah menciptakan suatu tantangan untuk membuat dan mengembangkan suatu teknologi yang mampu mengolah air dengan berbagai kontaminan didalamnya sehingga menjadi air yang dapat dikonsumsi dengan kualitas terbaik. Saat ini teknologi membran merupakan salah satu alternatif teknologi untuk mengatasi permasalahan air. Pada proses ini digunakan membran yang bersifat semipermeabel untuk memisahkan air dengan pengotornya.

1.2. Tujuan dan Sasaran

Tujuan utama dari kegiatan ini adalah untuk merencanakan pengolahan air berbasis masyarakat ini yang menggunakan membran ultrafiltrasi kapasitas 50m³/hari dalam rangka memenuhi kebutuhan air bersih / air minum masyarakat di daerah – daerah yang sulit air bersih. Secara kuantitatif direncanakan akan dibangun unit alat pengolahan air bersih dengan sistem ultrafiltrasi yang akan di tempatkan di lokasi dimana masyarakat tersebut membutuhkan.

Sedangkan sasaran dari kegiatan ini adalah

penguasaan teknologi proses pengolahan air bagi masyarakat pedesaan untuk mengatasi masalah kekurangan air bersih/minum, sehingga dengan demikian pemahaman IPTEK dalam masyarakat akan meningkat. Dengan tersedianya air bersih bagi masyarakat, maka tingkat kesejahteraan masyarakat juga akan membaik.

II. PENGOLAHAN AIR DENGAN SISTEM ULTRAFILTRASI

2.1. Ultrafiltrasi

Ultrafiltrasi (UF) merupakan proses pemisahan menggunakan membran dengan ukuran pori-pori berkisar antara 0,1-0,001 μm (mikron). Biasanya, membran UF akan menghilangkan kotoran dari zat yang mempunyai berat molekul tinggi, material koloid, serta molekul polimer organik atau anorganik. Zat organik dengan berat molekul rendah dan ion-ion seperti natrium, kalsium, magnesium klorida, serta sulfat tidak dapat dipisahkan oleh membran UF. Karena hanya zat dengan berat molekul tinggi yang dapat dihilangkan atau dipisahkan, maka perbedaan tekanan osmotik di permukaan membran UF diabaikan.

Tekanan operasi rendah sehingga cukup untuk mencapai tingkat fluks yang tinggi dari membran ultrafiltrasi. Fluks membran UF didefinisikan sebagai jumlah air yang disaring atau diproduksi per satuan luas permukaan membran per satuan waktu. Umumnya fluks dinyatakan sebagai galon per meter persegi per hari (GFD) atau sebagai meter kubik per meter persegi per hari. Membran ultrafiltrasi (UF) dapat memiliki fluks sangat tinggi tetapi dalam banyak aplikasi praktis fluks bervariasi antara 50 sampai 200 GFD pada tekanan operasi sekitar 50 psi. Sedangkan, membran reverse osmosis (RO) hanya memproduksi antara 10-30 GFD pada 200-400 psi.

Ultrafiltrasi berfungsi seperti reverse osmosis, yaitu merupakan proses pemisahan secara aliran lintas (cross-flow). Air yang akan diolah dialirkan secara tangensial ke sepanjang permukaan membran, sehingga menghasilkan dua aliran. Aliran air yang masuk dan meresap melalui membran disebut aliran air olahan (permeate). Jumlah dan kualitas air olahan akan tergantung pada karakteristik membran, kondisi operasi, serta kualitas air bakunya. Aliran lainnya yaitu aliran air buangan (reject) atau disebut *concentrate*, dimana di dalam aliran air buangan mengandung zat atau kotoran yang telah dipisahkan oleh membran sehingga konsentrasinya menjadi lebih pekat. Oleh karena itu di dalam pemisahan secara aliran silang (cross-flow), membran itu sendiri tidak bertindak

sebagai kolektor ion, molekul, atau koloid tetapi hanya bertindak sebagai penghalang.

Di dalam proses penyaringan dengan menggunakan filter konvensional, media penyaring atau filter cartridge, hanya menghilangkan padatan tersuspensi dengan menjebak kotoran dalam pori-pori media filter. Oleh karena itu filter ini menjadi tempat deposit dari padatan tersuspensi dan harus sering dibersihkan atau diganti. Filter konvensional umumnya digunakan untuk pengolahan awal sebelum proses pengolahan dengan sistem membran, yaitu untuk menghilangkan padatan tersuspensi yang relatif besar, sedangkan proses penyaringan dengan membran digunakan untuk menghilangkan partikel dan padatan terlarut. Di dalam proses ultrafiltrasi, untuk beberapa aplikasi, tidak menggunakan filtrasi awal (prefilter) sehingga modul ultrafiltrasi digunakan untuk memisahkan padatan tersuspensi atau material emulsi koloid.

Berbagai bahan telah digunakan untuk membran ultrafiltrasi secara komersial, tetapi yang paling banyak dipakai adalah polysulfone dan selulosa asetat. Beberapa parameter utama dalam proses pemisahan menggunakan membran yaitu permeabilitas dan permselektivitas.

a. Permeabilitas

Permeabilitas suatu membran merupakan ukuran kecepatan dari suatu spesi atau konstituen menembus membran. Secara kuantitas, permeabilitas membran sering dinyatakan sebagai fluks atau koefisien permeabilitas. Definisi dari fluks adalah jumlah volume permeat yang melewati satuan luas membran dalam waktu tertentu dengan adanya gaya dorong dalam hal ini berupa tekanan. Secara sistematis fluks dirumuskan sebagai (Mulder, 1996)

$$J = \frac{V}{(A \times t)}$$

dimana :

J = Fluks (l/m².jam)

V = Volume permeat (ml)

A = Luas permukaan membran (m²)

t = Waktu (jam)

Laju fluks akan menurun sejalan dengan waktu akibat adanya polarisasi konsentrasi, fouling dan scaling. Secara berkala dilakukan pencucian dengan air, ataupun dengan zat kimia (chemical washing) seperti misalnya dengan NaOH, Na acetat atau asam sitrat untuk mengatasi fouling yang terjadi.

b. Permselektivitas

Permselektivitas suatu membran merupakan ukuran kemampuan suatu membran untuk

menahan suatu spesi atau melewatkan suatu spesi tertentu. Parameter yang digunakan untuk menggambarkan permselektivitas membran adalah koefisien rejeksi (R). Koefisien rejeksi adalah fraksi konsentrasi zat terlarut yang tidak menembus membran, dan dirumuskan sebagai :

$$R = 1 - \frac{C_p}{C_f} \times 100\%$$

dimana :

R = Koefisien rejeksi (%)

C_p = Konsentrasi zat terlarut dalam permeat

C_f = Konsentrasi zat terlarut dalam umpan

2.2. Operasional Di Dalam Proses Pengolahan Air Dengan Ultrafiltrasi

Ada beberapa elemen penting yang mendukung agar unit ini dapat beroperasi dengan efektif, diantaranya adalah pompa baku dan pompa distribusi. Pompa air baku berfungsi untuk mengalirkan air baku ke tangki air baku dimana air pada tangki ini yang akan diolah dengan teknologi membran ultrafiltrasi. Pompa distribusi dibutuhkan untuk mengalirkan air bersih dari tangki hasil olahan ke wadah penampung air milik penduduk. Unit ini ketika melakukan produksi atau pencucian balik dikerjakan secara otomatis oleh timer pada panel kontrol.

Unit ultrafiltrasi yang dibangun ini mempunyai dua pola utama ketika beroperasi melakukan proses penyaringan yaitu *pola produksi* dan *pola mencuci balik*.

a. Pola Produksi

Pada pola ini unit melakukan produksi air bersih, dimana air pada tangki air baku dihisap oleh pompa umpan dan ditekan kedalam membran ultrafiltrasi. Pada fase ini ada dua keluaran air yang dihasilkan yaitu air hasil olahan dan air buangan (rejected water)

Air olahan mengalir kedalam tangki air produksi yang siap untuk didistribusikan dan sebagian digunakan sebagai air untuk mencuci membran itu sendiri. Air buangan dikembalikan lagi kesungai atau kesaluran karena air ini membawa pengotor yang terlarut pada air baku. Untuk lebih jelasnya dapat melihat Gambar 1.

dalam system pretreatment. Tangki kimia ini berbahan dasar PE yang dilapisi oleh lapisan anti kimia.

Spesifikasi:

Inlet/Outlet Pipe : 1 ¼ inchi
Volume : 100 liter
Dimensi : Ø 60 cm, H 90 cm
Bahan : Polyethylene (PE)

d. Bag filter:

Bag filter berfungsi untuk menyaring menyaring partikel dengan ukuran 5 µm.

Spesifikasi:

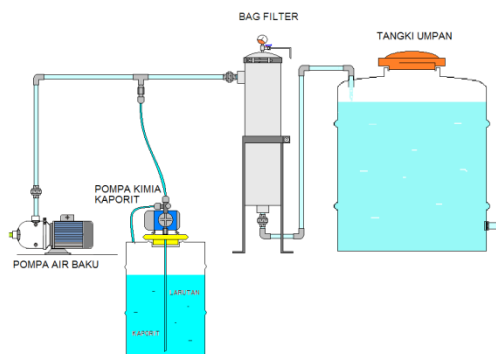
Bahan : SS 304
Ukuran : Ø 6 " x 90 Cm
Bahan : Stainless Steel
Pressure max : 100 psi

e. Tangki Penampung Air Baku

Tangki bahan kimia digunakan untuk menampung air baku sebelum diolah.

Spesifikasi;

Bahan : Polyethylene
Diameter : 1.850 mm
Tinggi : 2.195 mm
Man Hole : 600 mm
Kapasitas : 5100 Liter
Inlet : 2 inch
Outlet : 2 inch
Drain : 2 inch

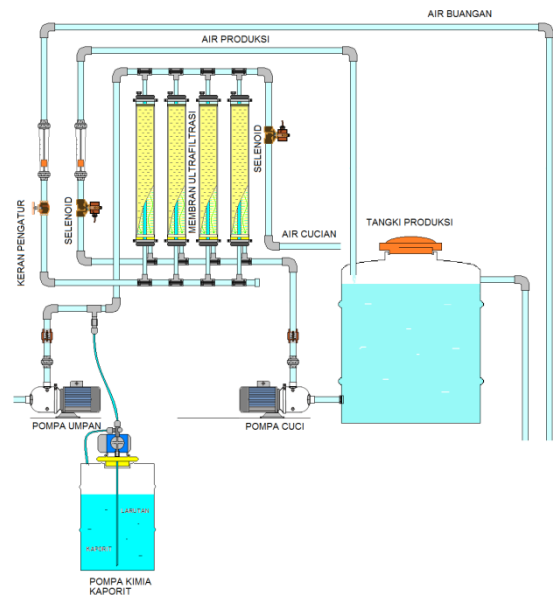


Gambar 3. Flow Diagram Unit *Pretreatment*

3.3. Perencanaan Unit Ultrafiltrasi

Perencanaan unit ultrafiltrasi meliputi unit-unit sebagai berikut: membran ultrafiltrasi, *Housing membran ultrafiltrasi*, pompa, pompa dosing, tangki bahan kimia skeed, tangki penampung air olahan dan membran ultrafiltrasi dengan diagram tertera pada gambar 4 dan konfigurasi ultrafiltrasi pada

gambar 3.5 dan 3.6. Unit ultrafiltrasi yang telah dirakit disampaikan pada gambar 3.7 dan 3.8. Untuk melengkapi unit pengolahan air maka disediakan bangunan pelindung seperti pada gambar 3.9.



Gambar 4. Flow diagram unit *Ultrafiltrasi*

Spesifikasi masing-masing unit adalah:

a. Membran Ultrafiltrasi

Spesifikasi :

Design flux : 40-120 l/m²/jam
Filter type : dead-end or cross-flow filtration
Effective membran area : 4 m²
Material and type : PES ,PS ,PVC,PAN inside out pressure
Max inflow pressure : 0.3 mpa
Highest water temperature: 40°C
Color : white
Backwish pressure : <0.2 mpa
Backwish flow : 100-200 L/m²/Jam
Ukuran :
Panjang : 40 inch (1.016mm)
Diameter : 4.0 inch (102mm)

Tube Diameter : 0.75 inch (19.1mm)
Flux : 40-120 L/ m²/Jam
Membrane area : 4 m²

Durasi : 24 jam

Kapasitas yang di tentukan = $50 \text{ m}^3/\text{H}$

Flux di tentukan = 100 flux

Kapasitas = flux x durasi x membrane area

Kapasitas = $100 \text{ l/m}^2/\text{jam} \times 24 \text{ jam} \times 4 \text{ m}^2$
= $9600 \text{ l/h} = 9.6 \text{ m}^3$

Membran yg di butuhkan :

$50 \text{ m}^3/\text{H} : 9.6 = 5.2 \text{ bh}$

Agar kinerja membran lebih ringan maka di tentukan jumlah jumlah membran = 8 (Delapan) buah

b. Spesifikasi *Housing membran ultrafiltrasi*

Bahan : Stainless steel 304

Endcup : Plastik Hitam

Inlet : $\frac{3}{4}$ in

Outlet : $\frac{1}{2}$ in

Jumlah : 6 (enam) buah

c. Pompa

Pompa yang digunakan yaitu 2 buah pompa, 1 pompa sebagai pompa produksi dan pompa 2 sebagai pompa *backwash*. Pompa 2 berfungsi untuk memompa air dari tangki air olahan untuk mencuci membran.

Spesifikasi pompa yang digunakan sebagai berikut:

Head : 17 m

Flow : $8 \text{ m}^3/\text{h}$

Max Pressure : 10 bar

Motor Power : 0,75 K.

d. Pompa dosing

Pompa dosing menggunakan pompa tipe pulsa feeder, bekerja secara otomatis berdasarkan kebutuhan bahan kimia yang dibutuhkan, power dihubungkan dengan pompa umpan ultrafiltrasi apabila pompa air baku hidup maka pompa dosing hidup dan sebaliknya. Pompa dosing ini kapasitas 7 liter/menit dengan konfigurasi pulsa 0-100 %.

Spesifikasi :

Tipe : pulsa feeder

Tekanan : 7 Bars

Kapasitas : 4.7 lt/hour

Pump head : SAN

Diaphragm : Hypalon

e. Tangki Bahan Kimia

Tangki bahan kimia digunakan untuk melarutkan bahan kimia dan menampung larutan bahan kimia yang akan diinjeksikan ke air baku dalam sistem pretreatment. Tangki kimia ini berbahan dasar PE yang dilapisi oleh lapisan anti

kimia. Spesifikasinya adalah sebagai berikut:

Inlet/Outlet Pipe: $1 \frac{1}{4}$ inchi

Volume : 100 liter

Dimensi : $\varnothing 60 \text{ cm}$, H 90 cm

Bahan : Polyethylene (PE)

f. Tangki Penampung Air Olahan

Bahan : Polyethylene

Diameter : 1.850 mm

Tinggi : 2.195 mm

Man Hole : 600 mm

Kapasitas : 5100 Liter

Inlet : 2 inch

Outlet : 2 inch

Drain : 2 inch

H. Skeed Unit Ultrafiltrasi

Skeed unit ultrafiltrasi digunakan sebagai pelindung peralatan yang menjadi satu kesatuan sistem ultrafiltrasi, perancangan skeed berdasarkan jumlah membran yang digunakan, jumlah pompa, kontrol panel unit ultrafiltrasi dan peralatan pendukung lainnya. Direncanakan skeed unit sebagai berikut (gambar 5 dan 6).

Bahan rangka : besi hollow 40x60

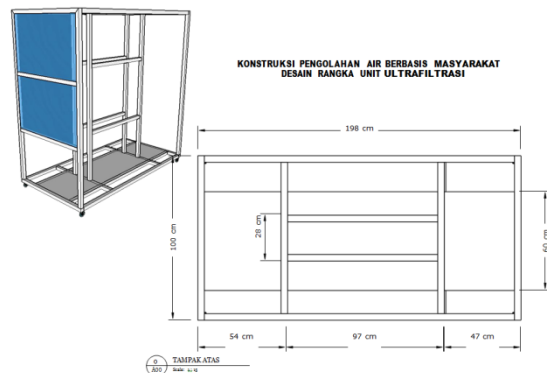
Panjang : 198 cm

Lebar : 100 cm

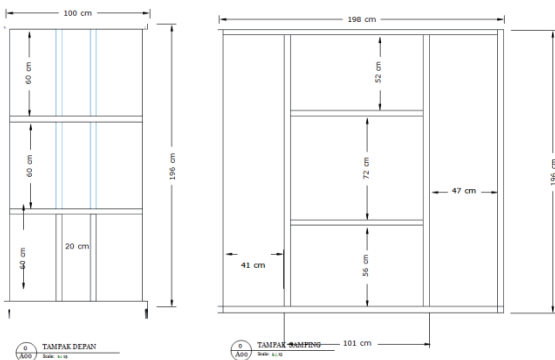
Tinggi : 196 cm

Plat : plat besi 2mm

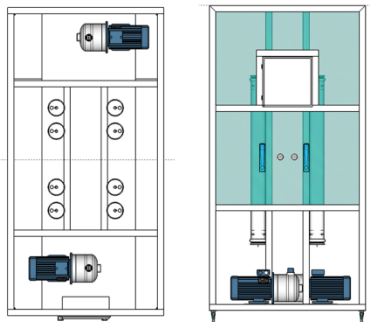
Desain skeed unit ultrafiltrasi :



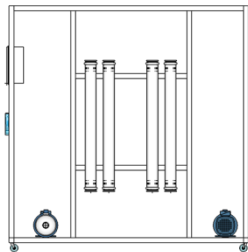
Gambar 5. Desain Skeed Unit Ultrafiltrasi Tampak Atas



Gambar 6. Desain Skeed Unit Ultrafiltrasi Tampak Depan & Samping



Gambar 7. Desain Konfigurasi Unit Ultrafiltrasi Tampak Atas & Depan



Gambar 7. Desain Konfigurasi Unit Ultrafiltrasi Tampak Samping



Gambar 8. Unit Ultrafiltrasi Yang Telah Dirakit



Gambar 9. Tampak Depan Unit Ultrafiltrasi Yang Telah Dirakit



Gambar 10. Tangki Penampung & Bangunan Pelindung

IV. KESIMPULAN

Dari hasil evaluasi dan perhitungan desain pengolahan air bersih menggunakan membran ultrafiltrasi kapasitas 50m³/hari, maka dapat disimpulkan beberapa hal, sebagai berikut:

- Ultrafiltrasi adalah salah satu alternatif teknologi untuk mengatasi permasalahan air bersih.
- Desain pengolahan air terdiri atas unit *pretreatment* dan unit ultrafiltrasi. Unit *pretreatment* meliputi pompa air baku, pompa dosing, tangki bahan kimia, bag filter dan tangki penampung air baku, sedangkan unit ultrafiltrasi terdiri atas membran ultrafiltrasi, *Housing membran ultrafiltrasi*, pompa, pompa dosing, tangki bahan kimia Skeed, tangki penampung air olahan dan membran ultrafiltrasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Mulder, M. 1996. Basic principles of membrane technology. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht.
- Lai^{ne}, J.M., Vial, D., Moulart, P., 2000. Status after 10 years of operation e

- overview of UF technology today.
Desalination 131, 1725.
- Maharani dan Bowo, 2014, Desain Mobile Unit Instalasi Pengolahan Air Minum Untuk Kondisi Darurat Bencana Banjir Menggunakan Membran Ultrafiltrasi, jurnal teknik pomits vol. 3, no. 2
- Said, Nusa Idaman, 1999, kesehatan masyarakat dan teknologi peningkatan kualitas air, isbn : 979-8465-17-2
- Benefield, L.D., Judkins, J.F., and Weand, B.L., "Process Chemistry For Water And Waste Treatment", Prentice-Hall, Inc., Englewood, 1982.
- Wahjono, Heru Dwi, 1999, 10 Paket Teknologi Pengolahan Air Bersih dan Limbah Cair, ISBN : 979-8465-16-4
- Hamer, M. J., " Water And Waste water Technology ", Second Edition, John Wiley And Sons, New York, 1986.
- JICA : Water Supply Engineering Vol. I. Edited by Japan Water Work Association. 1990.
- Peavy, H.S., Rowe, D.R, AND Tchobanoglous, S.G., "Environmental Engineering ", Mc Graw-Hill Book Company, Singapore, 1986.
- Tatsumi Iwao, " Water Work Engineering (JOSUI KOGAKU) ", Japanese Edition, Tokyo, 1971.
- Wong, J.M., "Chlorination-Filtration for Iron and Manganese Removal", Journal AWWA Vol. 76, NO.1, January 1984.