

Desain *Mobile* Unit Instalasi Pengolahan Air Minum Untuk Kondisi Darurat Bencana Banjir Menggunakan Membran Ultrafiltrasi

Maharani Naylatul Himmah dan Bowo Djoko Marsono
Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia
e-mail: bowodjok@yahoo.com

Abstrak— Banjir merupakan bencana alam yang paling sering terjadi di Indonesia, yaitu terdapat 5.051 kejadian sejak tahun 1.815 hingga tahun 2013. Penyediaan air minum yang aman dapat menjadi sumber masalah kesehatan utama setelah bencana alam, namun menyediakan air minum untuk penduduk yang terkena bencana adalah aktivitas yang menantang karena kontaminasi yang parah dan kurangnya akses terhadap infrastruktur. Sebuah sistem pengolahan air minum *onsite* untuk penduduk yang terkena bencana adalah solusi yang lebih berkelanjutan daripada mengangkut air minum kemasan, sehingga pengolahan air minum *mobile* merupakan salah satu solusi yang tepat untuk kondisi banjir. Produksi air minum secara *mobile* cocok menggunakan membran karena sifatnya yang modular dan prosesnya sederhana. Dalam kaitan ini maka perlu direncanakan desain instalasi pengolahan air minum *mobile* untuk kondisi darurat bencana banjir dengan menggunakan membran. Membran yang digunakan adalah membran ultrafiltrasi. Membran ultrafiltrasi mempunyai kelebihan yaitu dapat menahan atau menyaring makromolekul (bakteri, ragi), namun tekanan yang dibutuhkan rendah sehingga energi yang diperlukan rendah. Pada perencanaan ini juga direncanakan unit-unit pengolahan sebelum dan sesudah membran ultrafiltrasi sehingga kualitas *effluent* memenuhi baku mutu sesuai dengan PERMENKES RI No. 492/MEN.KES/PER/IV/2010.

Kata Kunci— *mobile*, banjir, ultrafiltrasi, air minum.

I. PENDAHULUAN

ULTRAFILTRASI adalah proses membran yang terletak diantara nanofiltrasi dan mikrofiltrasi. Ukuran pori ultrafiltrasi berkisar dari 0,05 μm sampai 1 nm, digunakan untuk memisahkan makromolekul dan koloid dari larutan [1]. Membran ultrafiltrasi dapat digunakan secara mandiri untuk pengolahan air minum untuk air baku dengan kandungan organik rendah. Ketika digunakan untuk pengolahan air baku dengan kualitas rendah, removal organik yang rendah oleh membran ultrafiltrasi mengakibatkan effluen mungkin tidak memenuhi standar air minum. Sehingga untuk air permukaan dengan kandungan organik tinggi, UF saja tidak cukup untuk menjamin kualitas air yang dibutuhkan. Untuk memperluas ruang lingkup aplikasi UF, dapat digunakan dalam kombinasi dengan pengolahan konvensional (adsorpsi, koagulasi, oksidasi) sehingga memungkinkan untuk memenuhi kriteria kualitas [2]. Koagulasi sebagai *pretreatment* membran ultrafiltrasi dapat menghapus kontaminan dengan baik. Selain itu koagulasi banyak digunakan karena biaya yang murah dan prosesnya sederhana [3]. Mekanisme koagulasi anorganik sebelum ultrafiltrasi adalah menetralkan muatan dan

menyapu flokulan untuk mengubah ukuran dan menstabilkan kotoran ke dalam ukuran yang dapat ditolak oleh membran yang akan dilewati [4].

Dengan menggunakan desinfeksi sebagai *posttreatment* untuk membran ultrafiltrasi, bakteri dan virus akan dihapus dari air sehingga menghasilkan air minum yang aman dan bebas dari penyakit [5].

II. METODE

A. Ide Perencanaan

Karakteristik air banjir dari sungai di depan universitas Hang Tuah Surabaya sebagai sampel bahan baku air minum untuk korban pengungsi banjir belum memenuhi baku mutu air minum berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan No. 492/MENKES/PER/IV/2010. Perlu dilakukan pengolahan sehingga air baku tersebut menjadi air yang layak minum sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan No. 492/MENKES/PER/IV/2010.

B. Studi Literatur

Pengumpulan dasar teori mengenai pengolahan air minum *mobile* yang sudah ada di Indonesia, jenis-jenis membran, karakteristik membran ultrafiltrasi, kelebihan membran ultrafiltrasi dengan bahan keramik, aliran *cross flow* dan *dead end*, *pretreatment* dan *posttreatment* untuk membran ultrafiltrasi, yaitu koagulasi, dan desinfeksi.

C. Pengumpulan Data

Ada 2 jenis data, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan dari penelitian langsung, yaitu karakteristik air banjir, dalam hal ini air sungai di depan Universitas Hang Tuah ketika hujan deras. Data sekunder meliputi removal tiap unit pengolahan, spesifikasi membran, dan spesifikasi kendaraan pengangkut.

D. Analisis Data Primer dan Sekunder

Berdasarkan data primer dan sekunder, dapat ditentukan pengolahan yang sesuai dengan karakteristik air banjir dan peralatan yang dibutuhkan.

E. Perencanaan Pendahuluan

Tahap-tahap perencanaan pendahuluan meliputi penentuan debit pengolahan, perhitungan removal menggunakan membran ultrafiltrasi, penentuan unit-unit pengolahan sebelum dan sesudah membran ultrafiltrasi, preliminary sizing, mempertimbangkan luas mobil dan merencanakan tata letak masing-masing unit pengolahan.

F. Detail Engineering Desain (DED)

Detail Engineering Desain dihitung berdasarkan rumus yang diperoleh dari studi literatur.

G. BOQ dan RAB

BOQ dan RAB dihitung berdasarkan kebutuhan bahan untuk pembuatan alat, yang diperoleh berdasarkan perhitungan DED.

H. Penyusunan SOP

Standart Operational Procedure (SOP) berisi langkah-langkah untuk menghidupkan sampai dengan mematikan alat mobile water treatment.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Penentuan Debit Pengolahan

Debit pengolahan dihitung berdasarkan kebutuhan air bersih untuk pengungsi, air untuk backwash, pencucian unit instalasi, dan air untuk pelarut koagulan. Perhitungannya sebagai berikut:

- Kebutuhan air bersih pengungsi:
 Jumlah pengungsi= 2.000 orang (Menurut Badan Penanggulangan Bencana Daerah, 2012)
 Kebutuhan air bersih per orang= 20 L/orang.hari (Menurut U.S Agency for International Development, 2007)
 Kebutuhan air bersih seluruh pengungsi= 2000 orang x 20 L/orang.hari = 40.000L/hari
- Kebutuhan air untuk backwash membran, pencucian alat dan pelarut koagulan:
 Kebutuhan air untuk backwash membran
 = fluks x durasi x luas filtrasi x jumlah backwash
 = 1,6 m³/m².jam x 0,0056 jam x 10 m²x 20
 = 1866 L
 Kebutuhan air untuk pencucian tangki dan pipa
 = 20 L+21 L= 41 L
 Kebutuhan air untuk pelarut koagulan= 801,9 L/hari
- Kebutuhan air bersih total= 42.700 L/hari
- Debit pengolahan:
 Mobile Water Treatment direncanakan beroperasi selama 8 jam/hari sehingga debit pengolahannya adalah 1,5 L/s.

B. Penentuan Dosis Optimum Koagulan

Dosis PAC yang digunakan yaitu 55 mg/L, 60 mg/L, 65 mg/L, 70 mg/L. 75 mg/L. Hasil pengukuran kekeruhan setelah proses jar test dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1.

Penurunan Kekeruhan pada Proses Jar Test dengan menggunakan PAC

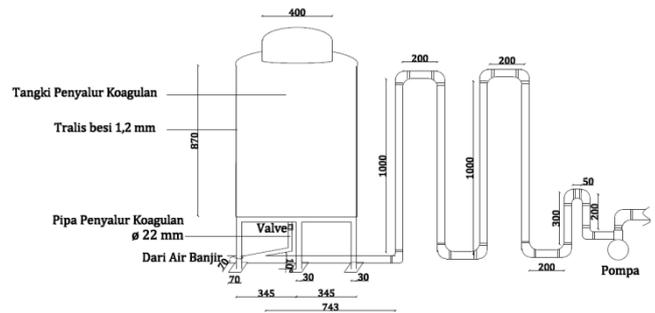
Dosis PAC (mg/L)	Kekeruhan Akhir (NTU)
55	5,37
60	3,78
65	2,90
70	2,96
Dosis PAC (mg/L)	Kekeruhan Akhir (NTU)
75	2,17

Berdasarkan Tabel 1, dosis optimum koagulan adalah 7,5 mg/L. Dosis tersebut digunakan untuk menghitung proses koagulasi.

C. Unit Pengaduk Cepat

Unit pengaduk cepat berupa pengadukan dalam pipa. Spesifikasi unit pengaduk cepat sebagai berikut:

- Panjang pipa= 6 m
- Diameter pipa= 42 mm
- Waktu detensi= 5 detik
- Kecepatan air= 1,2 m/det
- Gradien kecepatan= 1611,17/det

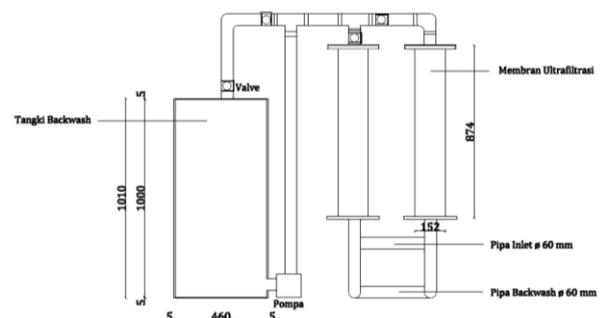


Gambar 1. Unit Pengaduk Cepat

D. Membran Ultrafiltrasi

Membran yang digunakan adalah membran ultrafiltrasi dari Veolia Water. Spesifikasi unit membran ultrafiltrasi sebagai berikut:

- Flux= 800 l/m²/bar
- Luas membran yang dibutuhkan= Debit/Flux= 6,75 m²
- Jumlah membran yang dibutuhkan= 2 buah (1 membran beroperasi, 1 membran sebagai cadangan)
- Panjang membran= 0,864 m
- Diameter= 0,142 m
- Tangki air untuk backwash direncanakan sebagai berikut:
 Fluks= 1,6 l/m²/bar
 Durasi backwash= 20 s= 0,005556 jam
 Luas filtrasi= 10,5 m²
 Volume tangki= fluks x durasi x luas filtrasi
 = 1,6 m³/ m².jam x 0,005556 jam x 10,5 m²
 = 0,093 m³≈ 0,1 m³



Gambar 2. Unit Membran Ultrafiltrasi

E. Unit Desinfeksi

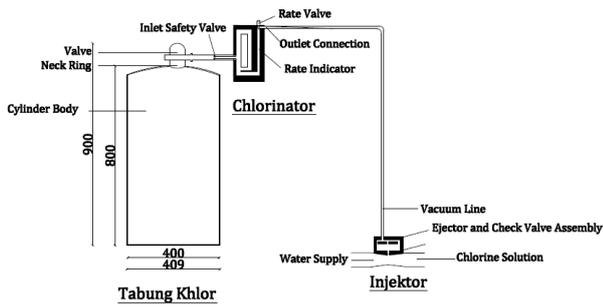
Unit disinfeksi direncanakan menggunakan gas klor bertekanan. Sistem pengaliran gas klor yaitu tabung gas-chlorinator-injektor-pipa air bersih.

- Dosis klor= 0,5 mg/L
- Kebutuhan klor = Debit x Dosis

$$= 1,5 \text{ L/det} \times 0,5 \text{ mg/L}$$

$$= 0,0216 \text{ kg/hari}$$

Kapasitas tabung khlor yang ada di pasaran yaitu 50 kg, sehingga jumlah tabung yang dibutuhkan 1 buah tabung.



Gambar 3. Unit Desinfeksi

F. Pompa

Pompa yang digunakan yaitu 3 buah pompa, 2 pompa beroperasi dan 1 pompa sebagai cadangan. Pompa 1 berfungsi untuk memompa air baku (air banjir) ke atas truk, unit koagulasi, membran, dan unit desinfeksi. Pompa 2 berfungsi untuk memompa air dari tangki backwash untuk mencuci membran dan dialirkan keluar truk.

Pompa 1:

Head pompa= 16,3 m

Pompa 2:

Head pompa= 20,83 m

Spesifikasi pompa yang digunakan sebagai berikut:

- Tipe pompa = WASSER PC-500EA
- Daya hisap max = 50 m
- Daya pancar max = 50 m
- Kapasitas max = 110 lt/mnt
- Motor Power = 500 watt

G. Generator Set

Generator set digunakan untuk mengoperasikan 2 pompa dan 1 buah pompa dosing. Sehingga daya yang dibutuhkan sebagai berikut:

Daya yang dibutuhkan 2 pompa dan 1 pompa dosing = 1220 watt

Spesifikasi generator set yang digunakan sebagai berikut:

- Daya Output Rata-Rata = 2000 W
- Bahan Bakar = Bensin Tanpa Timbal
- Kapasitas Tangki = 15 Liter
- Lama Operasi = 17 Jam
- Dimensi = 595 x 425 x 435 mm
- Berat = 41 Kg

H. Massa Mobile Water Treatment

Massa mobile water treatment saat beroperasi sebagai berikut:

Tabel 2.

Massa Mobile Water Treatment Saat Beroperasi

Unit	Massa (kg)
Tangki koagulan	12,77
Pipa koagulasi	0,03

Tangki backwash	17,61
Membran ultrafiltrasi	14,13
Tangki chlor	94,42
Tenaga operator	70
Generator set	41
Pompa	18
Larutan koagulan	972
Air dalam pipa 42 mm	9
Air dalam pipa 60 mm	12,81
Air dalam tangki backwash	100
Massa Total	1361,77

IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

Kesimpulan pada artikel ini adalah pengolahan air banjir dari sungai di depan Universitas Hang Tuah Surabaya yaitu unit pengaduk cepat (koagulasi), membran ultrafiltrasi, dan unit desinfeksi. Effluent dari mobile water treatment ini mempunyai kekeruhan 0,0218 NTU dan E. Coli sebesar 0 per mL dengan sisa klor pada air minum sebesar 0,5 mg/L telah memenuhi baku mutu sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 492/MENKES/PER/IV/2010.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis M.N.H mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing dan dosen penguji tugas akhir, dosen wali, teman angkatan 2010 Teknik Lingkungan ITS dan teman dari jurusan lain di ITS yang telah membantu selesainya tugas akhir sampai dengan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mulder, M. 1996. Basic principles of membrane technology. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht.
- [2] Lar'ne', J.M., Vial, D., Moulart, P., 2000. Status after 10 years of operation e overview of UF technology today. Desalination 131, 17-25.
- [3] Xiangli, Q., Zhenjia, Z., Nongcun, W., Wee, V., Low, M., Loh, C., Hing, N. 2008. Coagulation pretreatment for a large-scale ultrafiltration process treating water from the Taihu River. Desalination 230, 305-313.
- [4] Gao, W., Liang, H., Ma, J., Han, M., Chen, Z., Han, Z., Li, G. 2011. Membrane fouling control in ultrafiltration technology for drinking water production: A review. Desalination 272, 1-8.
- [5] Groendijk, L dan Vries H.E. 2009. Development of a mobile water maker, a sustainable way to produce safe drinking water in developing countries. Desalination 248, 106-113..