

# I. PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Semarang dengan populasi 1.595.267 jiwa (BPS, 2016) merupakan salah satu kota yang secara geografis terletak di pantai utara Jawa dengan ketinggian hampir sama dengan permukaan air laut. Kondisi geografis yang demikian disertai populasi dan pertumbuhan ekonomi yang cukup tinggi di kawasan pesisir berdampak pada tingginya kerentanan Semarang terutama bagian utara terhadap bencana mulai dari kenaikan muka laut, intrusi air laut, abrasi pantai, *land subsidence*, banjir dan rob.

Salah satu problem krusial yang melanda pesisir Semarang dalam kurun waktu 30 tahun terakhir adalah banjir pasang (*tidal flood*). Fenomena yang rutin menyambangi pesisir Semarang ini menimbulkan efek yang signifikan dari sisi sosial, ekonomi, serta lingkungan. Sejumlah besar infrastruktur, pemukiman serta tambak sebagai sumber penghasilan masyarakat mengalami kerusakan. Tidak hanya itu, banjir pasang (rob) menyebabkan penurunan kualitas air permukaan dan air tanah sehingga terjadi krisis air layak konsumsi, kerentanan terhadap penyakit dan terhambatnya aktivitas perdagangan, transportasi serta industri.

Naiknya muka air laut karena perubahan iklim, ditambah lagi meluasnya area amblesan / penurunan tanah (*land subsidence*) sebagai efek pemanfaatan air tanah yang tak terkendali (Hirose et al, 2001; Kuehn et al., 2001), reklamasi di daerah pantai dan alih fungsi lahan menyebabkan makin melebarnya area yang terdampak rob serta intrusi air laut yang tentu saja mempengaruhi ketersediaan air tawar. Luasan area terdampak rob di Semarang semakin meningkat seiring bertambahnya luasan *land subsidence* (Marfai and King, 2006). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Suhelmi, 2012) bahwa luasan rob dengan subsiden di Kota Semarang mencapai 2162,5 ha dan diprediksi akan terus meningkat menjadi 3896,3 ha pada tahun 2022, dengan area sebaran paling banyak di Kecamatan Tugu, Semarang Timur, Semarang Utara dan Genuk. Laju

penurunan tanah (*land subsidence*) sangat berpengaruh terhadap peningkatan luasan genangan banjir dan rob.

Meluasnya rob dan intrusi air laut di kawasan pesisir Semarang khususnya, menjadikan masyarakat mengalami kesulitan mendapatkan air minum karena sungai maupun air tanah telah terkontaminasi air laut. Air merupakan kebutuhan vital dalam kehidupan, bahkan ketersediaan air termasuk salah satu *point* dalam *Sustainable Development Goals* dan menjadi isu internasional. Tingkat konsumsi air bersih yang terus naik tidak sebanding dengan stok yang ada. Untuk mengantisipasi hal ini perlu solusi yang tepat guna menjamin pemenuhan kebutuhan mendasar ini. Selain desalinasi air laut, limbah pun bisa menjadi pilihan sumber air baru yang menjanjikan untuk meminimalisir konsumsi air tanah maupun air permukaan. Tidak hanya biaya operasi yang lebih ekonomis dibandingkan desalinasi air laut, *reuse* limbah dapat menjaga keberlanjutan sumber daya.

Tingginya kuantitas air buangan domestik yang bercampur dengan luapan rob yang terjadi hampir setiap hari di kawasan pesisir Genuk berpotensi untuk digunakan kembali (*reuse*) menjadi sumber air minum sebagai solusi kelangkaan air tawar di kawasan pesisir. Limbah domestik umumnya dibagi menjadi dua komponen yaitu *grey water* bersumber dari limbah rumah tangga berupa air bekas cucian, masak dan mandi yang dialirkan ke drainase perkotaan, serta *black water* yang bersumber dari kotoran manusia seperti feses dan urine, yang biasanya dibuang ke tangki septik (Idris-Nda et al, 2013; Jeppesen, 1996). Persentase terbesar limbah domestik berasal dari rumah tangga (pemukiman) yaitu sekitar 80 - 90 persen. Selain pemukiman, limbah domestik juga berasal dari hasil buangan rumah makan, pasar, perkantoran, dan lainnya (Zulkifli, 2014). Limbah domestik yang tidak diolah terlebih dahulu pada akhirnya akan mengalir ke sungai, hal ini tentu membahayakan kehidupan manusia maupun organisme air jika komponen pencemar di perairan melampaui baku mutu.

Kendala yang muncul dalam pemanfaatan kembali *saline domestic wastewater* (limbah domestik dengan tingkat salinitas tinggi) disebabkan bervariasinya senyawa pencemar yang ada dalam konsentrasi yang cukup tinggi,

sehingga kualitasnya tidak memenuhi syarat untuk digunakan, terlebih lagi untuk kebutuhan air minum (Asmadi & Suharno, 2012). Selain itu aspek sosial menyangkut persepsi negatif masyarakat terhadap *reuse* limbah sebagai sumber air minum menjadi tantangan tersendiri di masa mendatang.

Reduksi tingkat salinitas yang tinggi pada limbah domestik di pesisir Semarang untuk dijadikan sebagai sumber air minum memerlukan teknologi yang handal. Teknologi membran yang telah berkembang pesat mampu menjawab tantangan problematika wilayah pesisir. Teknologi membran dengan berbagai keunggulannya sudah banyak diterapkan pada purifikasi air, *wastewater treatment* serta aplikasi di berbagai industri, bidang pertanian, perkebunan, peternakan maupun medis (Susanto, 2011).

Aplikasi teknologi membran memberi kontribusi berarti terhadap keberlanjutan lingkungan. Teknologi membran mampu menghasilkan efluen limbah dengan kualitas yang sangat baik, sehingga memungkinkan pemanfaatan kembali (*reuse*) sebagai air proses di bidang industri (Wenten, 2015), meminimalisir pencemaran serta menekan penggunaan air tawar/air tanah (Gómez et al, 2007) dan hemat energi (Nubatonis, n.d.).

Kebutuhan akan air kualitas tinggi yang terus meningkat, semakin tingginya standar air minum, serta berkembangnya proses pemanfaatan kembali air limbah (*water reuse*) melatarbelakangi peningkatan pesat aplikasi membran khususnya nanofiltrasi untuk pengolahan limbah, purifikasi air minum maupun proses air produksi (B; Van der Bruggen, Mantarri, & Nyström, 2008). Nanofiltrasi merupakan terobosan baru dalam pengolahan air (*water treatment*) dan produksi air minum selama sepuluh tahun terakhir terutama dalam penyisihan pestisida, kesadahan, komponen organik berukuran kecil bahkan ion multivalen.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Pertumbuhan penduduk yang meningkat diiringi pula dengan bertambahnya limbah domestik yang dihasilkan serta naiknya kebutuhan akan air bersih. Kesulitan air tawar karena intrusi air laut maupun rob menjadi fenomena yang lazim terjadi di kawasan pesisir. Teknologi pengolahan limbah dengan

konsentrasi garam tinggi (*saline wastewater*) baik secara fisika, kimia, maupun biologi diantaranya dengan metode adsorpsi, pertukaran ion (*ion exchange*), elektrodialisis, maupun dengan lumpur aktif telah banyak dilakukan. Berbagai teknologi ini tentunya memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Kadar garam yang tinggi dapat menghambat proses pengolahan secara biologi karena dapat mengurangi efisiensi pengolahan proses lumpur aktif konvensional, anaerob, nitrifikasi dan denitrifikasi (Bunani et al., 2013). Penelitian ini mencoba mengaplikasikan alternatif pengolahan limbah dengan konsentrasi garam tinggi menggunakan membran nanofiltrasi. Akan dikaji potensi *water reuse* dari *saline domestic wastewater* sebagai sumber air minum pada area tergenang rob di Semarang menggunakan membran nanofiltrasi dengan melakukan analisis terhadap kinerja membran dalam merejeksi kontaminan. Dari uraian latar belakang di atas, maka dirumuskan beberapa permasalahan yang muncul :

1. Bagaimana karakteristik limbah domestik di area tergenang rob
2. Bagaimana performa membran NF 270 berdasarkan tingkat fluks dan rejeksi terhadap parameter TDS, COD, Klorida, Nitrit dan minyak lemak dalam mengolah *saline domestic wastewater* menjadi sumber air minum pada berbagai kondisi operasi.
3. Apakah garam berpengaruh signifikan terhadap rejeksi komponen organik

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Melakukan karakterisasi limbah domestik di area tergenang rob
2. Menganalisa performa membran NF 270 melalui pengukuran fluks dan koefisien rejeksi terhadap parameter TDS, COD, Klorida, Nitrit dan minyak lemak dalam mengolah *saline domestic wastewater* menjadi sumber air minum pada berbagai kondisi operasi.
3. Menganalisa efek garam terhadap rejeksi komponen organik

#### 1.4 Manfaat Penelitian

1. Memberikan alternatif pengolahan *saline domestic wastewater* di kawasan pesisir untuk dimanfaatkan kembali sebagai sumber air minum sehingga bernilai ekonomis serta dapat mengatasi problem krisis air.
2. Dengan pengolahan *saline domestic wastewater* menjadi sumber air minum akan mereduksi volume limbah yang dibuang ke badan air yang berarti meningkatkan kualitas perairan.

#### 1.5 Penelitian Terkait dan Keaslian Penelitian

Riset menyangkut pengolahan limbah serta pemanfaatan kembali (*reuse*) untuk tujuan tertentu dengan teknologi membran cukup banyak dilakukan. Pengolahan limbah domestik secara fisika, biologi dan kimia telah umum diteliti, begitu pula riset terkait treatment limbah dengan kadar garam tinggi yang berasal dari proses industri sudah banyak dilakukan. Namun, penelitian terkait pengolahan limbah domestik salinitas tinggi (*saline domestic wastewater*) untuk dimanfaatkan kembali (*reuse*) sebagai sumber air minum di kawasan pesisir dengan aplikasi membran belum pernah dikaji. Beberapa penelitian tentang aplikasi membran nanofiltrasi pada pengolahan limbah dan *wastewater reuse* dirangkum dalam tabel berikut :

Tabel 1.1 Penelitian Terkait

No	Penelitian	Tujuan	Hasil
1	Xin et al (2013), <i>A continuous nanofiltration + evaporation process for high strength rubber wastewater treatment and water</i>	Mengolah limbah karet dengan integrasi teknologi nanofiltrasi (NF-270) dan evaporasi dengan konsentrasi COD tinggi,	Aplikasi proses NF meningkatkan kualitas umpan, sehingga meningkatkan kapasitas evaporator total jika dibandingkan dengan penggunaan metode <i>blow</i>

	<i>reuse</i>		<i>down boiler</i> . Rejeksi COD > 95 % serta <i>recovery</i> air 80-90 % dengan fluks permeat 11 L / m <sup>2</sup> h untuk periode lebih dari 30 jam. Efektif mengurangi biaya energi hingga 55% (dari air limbah yang diolah sebesar €4,2 / m <sup>3</sup> menjadi € 1,9 / m <sup>3</sup> ). Permeat bisa digunakan kembali sebagai umpan boiler.
2	Bunani et al ( 2013), <i>Application of nanofiltration for reuse of municipal wastewater and quality analysis of product water</i>	Mengolah lebih lanjut limbah perkotaan (telah ditreatment secara biologi) dengan 3 jenis membran nanofiltrasi : CK, NF-90, NF270 pada kondisi operasi tekanan 10 bar dan flowrate konsentrat dipertahankan pada 96 L / jam	membran NF-90 dapat menghasilkan kualitas air terbaik dibanding dua membran lainnya dan bisa digunakan kembali untuk keperluan irigasi.
3	Andrade et al (2014), <i>Nanofiltration as tertiary treatment for the reuse of dairy wastewater</i>	Untuk mengevaluasi penerapan membran bioreaktor (MBR) sebagai <i>secondary</i> dan nanofiltration (NF) sebagai perlakuan	MBR menunjukkan efisiensi penyisihan yang tinggi untuk COD (rata-rata 98%) dan nutrisi (86% nitrogen total dan 89% fosfor). Namun,

---

<i>treated by membrane bioreactor</i>	tersier untuk reuse limbah susu, dengan fokus pada penentuan kondisi operasi NF terbaik	konsentrasi padatan terlarut permeat masih tinggi. Kecepatan dan recovery permeat optimum yaitu 7,8 m/s dan 45 % . Sistem pengolahan (MBR + NF) menunjukkan efisiensi keseluruhan 99,9% untuk COD dan 93,1% padatan total. Air limbah akhir yang diolah dapat digunakan kembali sebagai air untuk pendinginan, generator uap, atau pencucian area eksternal dan truk .
---------------------------------------	---	--

---