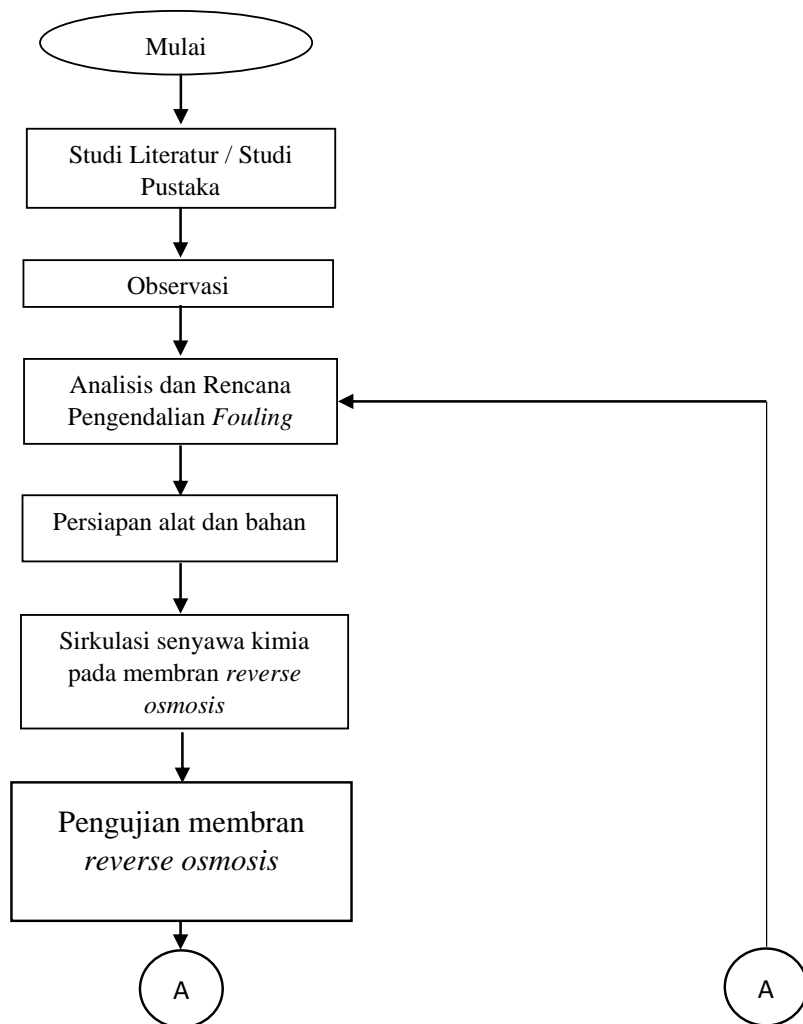
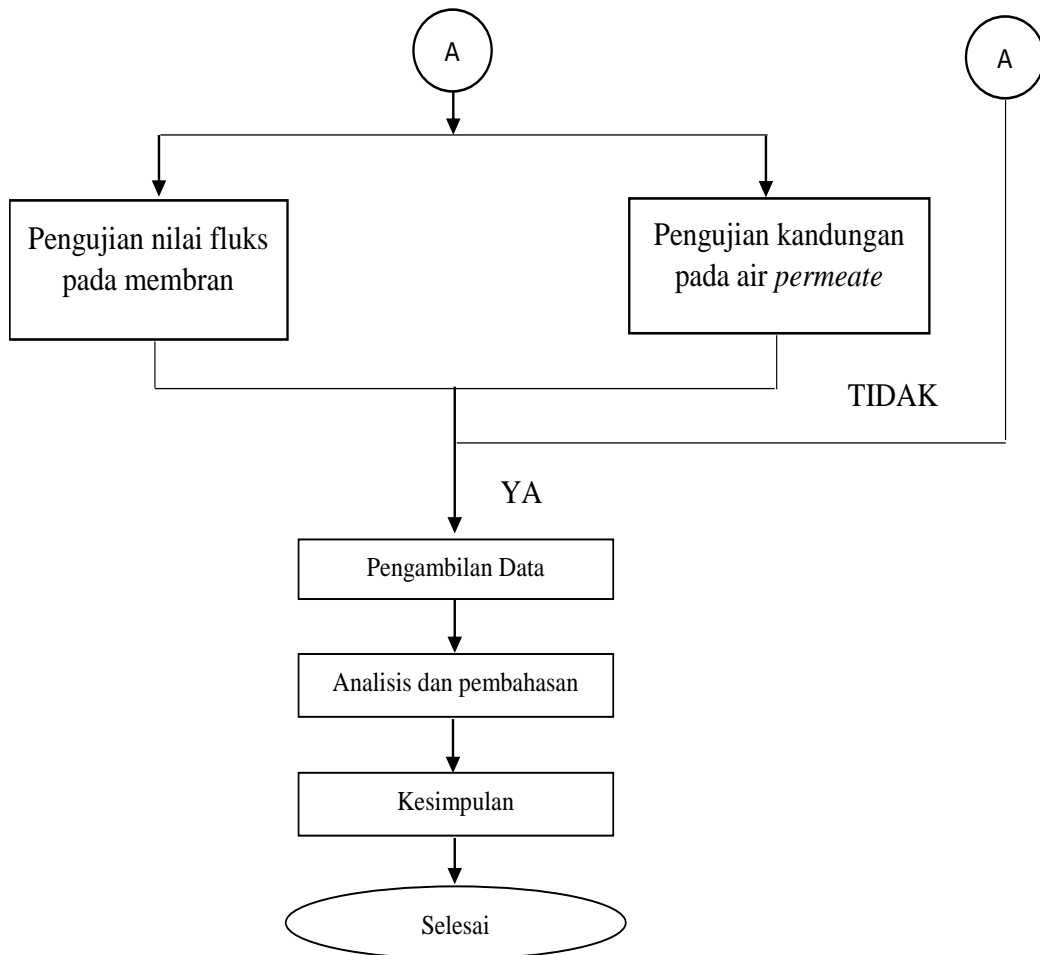


BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir

Pada diagram alir dijelaskan proses sebagai berikut :





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Metodologi Penelitian

Adapun beberapa metode dalam pengumpulan data untuk memecahkan masalah pada penelitian tugas akhir ini adalah, sebagai berikut:

1. Metode Studi Literatur

Metode ini merupakan sebuah teknik yang digunakan untuk mencari data – data yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan berupa jurnal, skripsi, penelitian tesis maupun buku teori yang pernah dilakukan atau dipublikasikan.

2. Metode Observasi

Metode ini digunakan untuk mengumpulkan data yang ada dilapangan dengan pengamatan langsung secara tepat. Observasi yang dilakukan dengan melakukan perbandingan terhadap media yang digunakan untuk proyek tugas akhir.

3. Metode Pengambilan Data

Dalam proses penelitian dari tugas akhir ini media yang digunakan adalah menganalisis pengendalian *fouling* pada membran *reverse osmosis*.

3.3 Tempat Dan Jadwal Penelitian

Tempat dan waktu untuk pelaksanaan pembuatan dan analisis proyek tugas akhir adalah sebagai berikut :

1. Tempat pembuatan dan analisis data :

Di laboratorium D3 Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, yang beralamat di JL. H.O.S Cokroaminoto, Pekuncen, Wirobrajan, Daerah Istimewa Yogyakarta 55253.

2. Waktu pelaksanaan dan pengambilan data :

Pelaksanaan tugas akhir dimulai dari bulan maret 2018 sampai dengan bulan Agustus 2018

3.4 Alat dan Bahan

1. Alat yang digunakan saat analisis dan pengambilan data yaitu sebagai berikut :

- a) TDS Tester
- b) PH Meter
- c) Membran *Reverse Osmosis* Toray TM710
- d) *Pressure Gauge*
- e) Timbangan
- f) Gelas Ukur
- g) *Housing* Membran
- h) Selotip Pipa
- i) Filter Catridge

2. Dalam pengerjaan pembuatan mesin desalinasi air laut dengan memanfaatkan membran dengan metode *reverse osmosis*, maka bahan yang digunakan sebagai berikut :
- a) Larutan Kimia (Asam Klorida dan Asam Sitrat)
 - b) Air Laut
 - c) Air Bersih

3.5 Parameter Kualitas Air Menurut Menteri Kesehatan Republik Indonesia

dan Kualitas Air di Pantai Depok Yogyakarta

Air merupakan elemen paling penting dalam tubuh manusia, dimana 80% tubuh manusia terdiri dari air. Sehingga kualitas air yang dikonsumsi manusia akan berpengaruh terhadap tubuh baik secara langsung maupun tidak langsung, Oleh karena itu standar kualitas air minum harus tetap terjaga sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Peraturan Menteri Kesehatan dan World Health Organization (WHO) menetapkan bahwa kandungan TDS (Total Dissolve Solid) atau jumlah zat padat terlarut pada kadar maksimum yang diperbolehkan yaitu 500 ppm (Part Per Million). Berikut ketentuan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010 :

Tabel 3.1 Parameter air menurut Menteri kesehatan republik Indonesia

I. Parameter Wajib

| No | Jenis Parameter | Satuan | Kadar Maksimum Yang diperbolehkan |
|-----------------------------------|--|--|-----------------------------------|
| 1 | Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan | | |
| | a. Parameter Mikrobiologi | | |
| | 1) E. Coli | Jumlah per 100 ml sampel | 0 |
| | 2) Total Bakteri Koliform | Jumlah per 100 ml sampel | 0 |
| | b. Kimia anorganik | | |
| | 1) Arsen | Mg/L | 0,01 |
| | 2) Flourida | Mg/L | 1,5 |
| | 3) Total Kromium | Mg/L | 0,05 |
| | 4) Kadmium | Mg/L | 0,003 |
| | 5) Nitrit (sebagai NO_2^-) | Mg/L | 3 |
| | 6) Nitrat (sebagai NO_3^-) | Mg/L | 50 |
| | 7) Sianida | Mg/L | 0,07 |
| | 8) Selenium | Mg/L | 0,1 |
| | 2 | Parameter yang tidak berhubungan langsung dengan kesehatan | |
| a. Parameter Fisik | | | |
| 1) Bau | | | Tidak berbau |
| 2) Warna | | TCU | 15 |
| 3) Total Zat Padat Terlarut (TDS) | | Mg/L | 500 |
| 4) Kekeruhan | | NTU | 5 |
| 5) Rasa | | | Tidak berasa |
| 6) Suhu | | °C | Suhu udara \pm 3 |
| b. Parameter Kimiawi | | | |
| 1) Alumunium | | Mg/L | 0,2 |
| 2) Besi | | Mg/L | 0,3 |
| 3) Kesadahan | | Mg/L | 500 |
| 4) Khlorida | | Mg/L | 250 |
| 5) Mangan | | Mg/L | 0,4 |
| 6) PH | | 6,5 – 8,5 | |

| | | | |
|--|------------|------|-----|
| | 7) Seng | Mg/L | 3 |
| | 8) Sulfat | Mg/L | 250 |
| | 9) Tembaga | Mg/L | 2 |
| | 10) Amonia | Mg/L | 1,5 |

II. PARAMETER TAMBAHAN

| NO | Jenis Parameter | Satuan | Kadar maksimum yang diperbolehkan |
|-----------|----------------------------------|--------|-----------------------------------|
| 1 | KIMIAWI | | |
| a. | Bahan Anorganik | | |
| | Air Raksa | Mg/L | 0,001 |
| | Antimon | Mg/L | 0,02 |
| | Barium | Mg/L | 0,7 |
| | Boron | Mg/L | 0,5 |
| | Molybdenum | Mg/L | 0,07 |
| | Nikel | Mg/L | 0,07 |
| | Sodium | Mg/L | 200 |
| | Timbul | Mg/L | 0,01 |
| | Uranium | Mg/L | 0,015 |
| b. | Bahan Organik | | |
| | Zat Organik (KMnO ₄) | Mg/L | 10 |
| | Deterjen | Mg/L | 0,05 |
| | Chlorinated alkanes | | |
| | Carbon tetrachloride | Mg/L | 0,004 |
| | Dichloromethane | Mg/L | 0,02 |
| | 1,2-Dichloroethane | Mg/L | 0,05 |
| | Chlorinated ethenes | | |
| | 1,2-Dichloroethene | Mg/L | 0,05 |
| | Trichloroethene | Mg/L | 0,02 |
| | Tetrachloroethene | Mg/L | 0,04 |
| | Aromatic hydrocarbons | | |
| | Benzene | Mg/L | 0,01 |
| | Toluene | Mg/L | 0,7 |
| | Xylenes | Mg/L | 0,5 |
| | Ethylbenzenes | Mg/L | 0,3 |
| | Styrene | Mg/L | 0,02 |
| | Chlorinated benzenes | | |
| | 1,2-Dichlorobenzene (1,2-DCB) | Mg/L | 1 |
| | 1,4-Dichlorobenzene (1,4-DCB) | Mg/L | 0,3 |
| | Lain – Lain | | |

| NO | Jenis Parameter | Satuan | Kadar maksimum yang diperbolehkan |
|-----------|--|--------|-----------------------------------|
| | Di (2-ethylexyl) phthalate | Mg/L | 0,008 |
| | Acrylamide | Mg/L | 0,0005 |
| | Epichlorohydrin | Mg/L | 0,0004 |
| | Hexachlorobutadiene | Mg/L | 0,0006 |
| | Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) | Mg/L | 0,6 |
| | Nitrilotriacetic acid (NTA) | Mg/L | 0,2 |
| | | | |
| c. | Pestisida | | |
| | Alachlor | Mg/L | 0,02 |
| | Aldicarb | Mg/L | 0,01 |
| | Aldrin dan dieldrin | Mg/L | 0,0003 |
| | Atrazine | Mg/L | 0,002 |
| | Carbofuran | Mg/L | 0,007 |
| | Chlordane | Mg/L | 0,0002 |
| | Chlortoluran | Mg/L | 0,03 |
| | DDT | Mg/L | 0,001 |
| | 1,2-Dibromo-3-chloropropane (DBCP) | Mg/L | 0,001 |
| | 2,4 Dichloropenoxyacetic acid (2,4-D) | Mg/L | 0,03 |
| | 1,2-Dichloropropane | Mg/L | 0,04 |
| | Isoproturon | Mg/L | 0,009 |
| | Lindane | Mg/L | 0,002 |
| | MCPA | Mg/L | 0,002 |
| | Methoxychlor | Mg/L | 0,02 |
| | Metolachlor | Mg/L | 0,01 |
| | Molinate | Mg/L | 0,006 |
| | Pendimethalin | Mg/L | 0,02 |
| | Pentachlorophenol (PCP) | Mg/L | 0,009 |
| | Permethrin | Mg/L | 0,3 |
| | Simazine | Mg/L | 0,002 |
| | Trifluralin | Mg/L | 0,02 |
| | Chlorophenoxy herbicides selain 2,4-D dan MCPA | | |
| | 2,4-DB | Mg/L | 0,090 |
| | Dichlorprop | Mg/L | 0,10 |
| | Fenoprop | Mg/L | 0,009 |
| | Mecoprop | Mg/L | 0,001 |
| | 2,4,5-Trichloropheonoxyacetic Acid | Mg/L | 0,009 |
| | | | |

| | | | |
|-----------|---|------|------|
| d. | Desinfektan dan Hasil Sampingannya | | |
| | Desinfektan | | |
| | Chlorine | Mg/L | 5 |
| | Hasil Sampingan | | |
| | Bromate | Mg/L | 0,01 |

Tabel 3.2 Kualitas air laut Pantai Depok Yogyakarta tahun 2014

| PARAMETER | SATUAN | HA SIL UJI | BAKU MUTU | METODE UJI |
|------------------------------|---------|---------------|--------------|-----------------------------|
| Kekeruhan | NTU | 11,9 | 5 | SNI 06-6989.25- 2005 |
| Temperatur | °C | 26,7 | Alami | SNI 06-6989.23- 2005 |
| Warna | Pt – Co | 2,340 | 30 | SNI 06-6989.24- 2005 |
| TSS | Mg/L | 72,9 | 20 | SNI 06-6989.3-2004 |
| pH | - | 7,03 | 7 – 8,5 | SNI 06-6989.11- 2004 |
| Salinitas | % | 49 | Alami | Salintest |
| NO ₃ ⁻ | Mg/L | ≤ 0,066 | 0,008 | IK 9541 (Spektrofometri) |
| Arsen (As) | Mg/L | 0,001 | 0,025 | Spektrofometri |
| Kadmium (Cd ²⁺) | Mg/L | 0,0250 | 0,002 | SNI 06-6989.37- 2005 |
| Tembaga (Cu) | Mg/L | 0,0595 | 0,05 | SNI 06-6989.6-2004 |

| | | | | |
|------------------------------|------|----------|-------|-------------------------|
| Krom (Cr ⁶⁺) | Mg/L | ≤ 0,0001 | 0,002 | SNI 06-6989.53- 2005 |
| Sulfida (H ₂ S) | Mg/L | 0,010 | 0 | SNI 06-6989.75- 2009 |
| Timbal (Pb) | Mg/L | 0,2191 | 0,005 | SNI 06-6989.45- 2005 |
| Nikel (Ni) | Mg/L | 0,2777 | 0,075 | SNI 06-6989.47- 2005 |
| BOD | Mg/L | 0,91 | 10 | SNI 06-6989.57- 2008 |
| DO | Mg/L | 0,97 | > 5 | SNI 06-6989.14- 2004 |
| PO ₄ ⁻ | Mg/L | ≤ 0,02 | 0,015 | SNI 06-6989.47- 2005 |
| Fenol | Mg/L | ≤ 0,0001 | 0 | SNI 06-6989.21- 2004 |
| Minyak & Lemak | Mg/L | 0 | 1 | SNI 06-6989.10- 2004 |
| Seng (Zn) | Mg/L | 0,0357 | 0,095 | SNI 06-6989.43- 2005 |
| Detergen | Mg/L | 0,3180 | - | SNI 06-6989.51- 2005 |

| | | | | |
|----------------------------|------------|----------|-------|---------------------|
| Amoniak (NH ₄) | Mg/L | ≤ 0,0097 | 0 | SNI 06-6989.30-2005 |
| Raksa (Hg) | Mg/L | ≤ 0,0003 | 0,002 | Merkury analyser |
| Coliform Total | MPN/100 ml | Nihil | 1000 | SNI 01-2332-1991 |
| Coliform Tinja | MPN/100 ml | Nihil | 200 | SNI 01-2332-1991 |

Source : Lab Pengujian Air Fakultas Geografi UGM

3.6 Strategi Pembersihan Membran Dari *Fouling*

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi proses pembersihan kimiawi, yaitu temperatur, pH, konsentrasi bahan kimia pembersih, waktu kontak antara larutan kimia dan membran, serta kondisi operasi seperti kecepatan aliran lawan arah dan tekanan. Untuk memperoleh efek pembersihan yang baik, kecepatan aliran lawan arah harus lebih tinggi dan tekanan lebih rendah dari yang biasa digunakan selama operasi normal. Waktu kontak antara larutan kimia dan membran tergantung pada jenis dan tingkatan *fouling*.

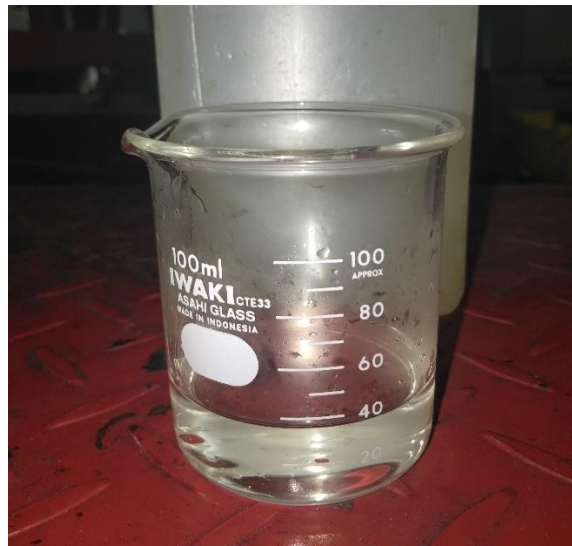
Pembersihan *foulant* secara kimiawi dapat dilakukan dengan perendaman dan *flushing* serta mengatur kondisi operasi. Pembersihan *foulant* membutuhkan beberapa kondisi operasi.

3.6.1 Pembersihan *Fouling* Dengan Perendaman

Pada proses pembersihan *fouling* pada membran diperlukan langkah awal sebelum dilakukan *flushing* dengan larutan kimia yaitu dengan perendaman elemen membran. Hal ini bertujuan untuk melunakkan kerak sehingga memudahkan proses pembersihan dengan sirkulasi menggunakan tekanan pompa.

Berikut langkah – langkah perendaman elemen membran :

1. Gunakan pipa sebagai media perendaman dengan diameter 4,5 inch dengan panjang 1,5 meter untuk menyesuaikan ukuran membran *reverse osmosis* yang memiliki diameter 4 inch dan panjang 1 meter
2. Masukkan air bersih sebanyak 7 – 8 liter sampai elemen membran masuk ke dasar pipa sehingga seluruh permukaan membran terendam air agar proses pencucian lebih maksimal.
3. Gunakan senyawa kimia asam klorida (HCL) sebagai pelarut kerak pada elemen membran. Pada proses perendaman dibutuhkan asam klorida sebanyak 5 ml / L yang berarti menggunakan 35 ml asam klorida dalam 7 liter air bersih.



Gambar 3.2 Pengukuran cairan kimia asam klorida sebanyak 35 ml

4. Periode waktu perendaman dilakukan selama 1 – 12 jam sesuai dengan kondisi *fouling* pada membran, setelah itu lakukan pembersihan membran dari cairan kimia dengan air bersih kemudian dilanjutkan dengan *flushing* menggunakan tekanan pompa dengan metode *backwash*.

3.6.2 Pembersihan *Fouling* Dengan *Flushing* Elemen Membran

Pada proses pencucian menggunakan tekanan pompa pada membran diperlukan larutan kimia, waktu dan tekanan yang tepat sehingga proses pengendalian *fouling* lebih maksimal dan membran bisa digunakan kembali dalam proses filtrasi.

Berikut langkah – langkah pencucian membran dengan metode *flushing* dan aliran *backwash* :

1. Mencampur cairan kimia dengan air yang bersih pada *storage*. Perbandingan antara cairan kimia dengan air bersih yang digunakan yaitu 300 ml HCL untuk 100 L air dan 350 gram asam sitrat untuk 100 L air.



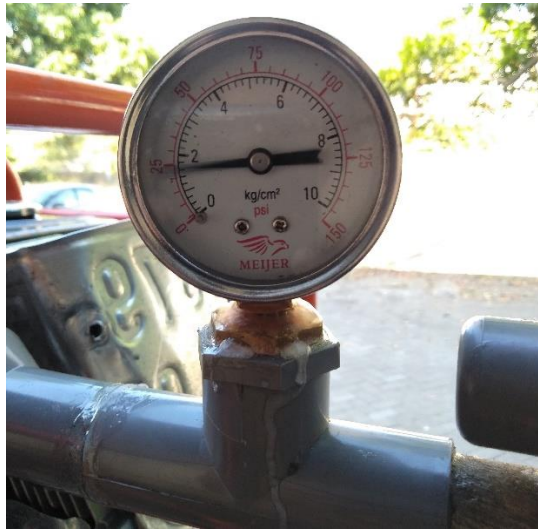
Gambar 3.3 Pengukuran cairan kimia asam klorida sebanyak 300 ml



Gambar 3.4 Penimbangan larutan asam sitrat sebanyak 350 gram

2. Mensirkulasi cairan kimia HCL dengan metode *backwash* melewati elemen membran pada tangki pembersih selama 1 jam atau periode

waktu yang disesuaikan dengan keadaan membran dengan tekanan 2 – 4 bar.



Gambar 3.5 Tekanan pada membran dengan *pressure gauge*

3. Setelah pembersihan elemen membran *reverse osmosis* sempurna, lakukan pembilasan dengan air bersih selama 5 – 10 menit.
4. Mensirkulasi larutan kimia asam sitrat dengan metode *backwash* melewati elemen membran pada tangki pembersih selama 1 jam atau periode waktu yang disesuaikan dengan keadaan membran dengan tekanan 2 – 4 bar.
5. Lakukan pembilasan dengan air bersih selama 5 – 10 menit sehingga membran terbebas dari larutan kimia.
6. Setelah selesai pembilasan, dioperasikan sampai aliran *permeate* bersih dari residu atau cairan kimia.

Keenam proses sirkulasi pembersihan membran dapat dijelaskan pada gambar dibawah ini :



Gambar 3.6 Proses Pencucian Membran *Reverse Osmosis* dari *Fouling*



Gambar 3.7 Larutan asam sitrat dan cairan asam klorida

3.7 Analisis Keberhasilan Pada Pencucian Membran

Untuk mengetahui keefektifan proses pembersihan dapat dilakukan dengan mengukur fluks air atau laju alir *permeat* setelah pembersihan pada kondisi operasi. Terjadinya fluks air yang lebih rendah dari operasi normal (setelah pembersihan) dapat mengindikasikan proses pembersihan belum cukup. Untuk mengetahui nilai fluks yang ada pada membran bisa diketahui dengan rumus :

$$J_V = \frac{V}{A \cdot t}$$

Dimana :

J_v = fluks volume (L/m². Jam)

V = Volume *permeat* (L)

A = luas permukaan (m²)

t = Waktu (Jam)

Pemilihan senyawa pembersih tergantung pada material membran dan *foulant*. Di antara berbagai jenis membran, penggunaan konfigurasi modul *spiral wound* dengan jenis membran komposit poliamida lebih menguntungkan untuk digunakan. Senyawa pembersih kimia pada umumnya dikategorikan sebagai alkali, asam, *chelating agent*, surfaktan dan senyawa pengoksidasi. Masing-masing *foulant* memerlukan senyawa pembersih tertentu. Pada umumnya asam seperti asam nitrat, fosfat, klorida, sulfat dan

sitrat seringkali digunakan untuk membersihkan endapan garam atau kerak. Sedangkan alkali, cocok untuk membersihkan *fouling* organik dan koloid. Alkali merupakan senyawa pembersih dengan kemampuan pembersihan yang sedang, namun kombinasi dengan *chelating agent* dan surfaktan akan memberikan efisiensi pembersihan yang lebih baik. Larutan alkali membersihkan *fouling* organik pada membran dengan hidrolisis dan pelarutan, meningkatkan pH larutan, meningkatkan muatan negatif dan kelarutan *foulant* organik. Sedangkan surfaktan dapat melarutkan makromolekul dengan menghilangkan *foulant* dari permukaan membran.

Berikut beberapa perlakuan terhadap pencucian membran dengan berbagai jenis *foulant* dan material penyusun membran:

Tabel 3.3 Jenis-jenis *foulant* yang terdapat pada membran serta bahan kimia yang tepat dalam pembersihan permukaan membran (Siti Alimah, Sudi Ariyanto, Erlan Dewita , Pembersihan kimiawi *fouling* membran desalinasi RO, 2014)

| Jenis Foulant | Produsen Membran | | | |
|---|---|---|--|--|
| | FilmTec | Fluid System | Nitto Denko | Toray |
| CaCO ₃ | HCl, H ₃ PO ₄ , asam sitrat pH 4 | Asam sitrat pH 2.5 | Asam sitrat pH 4 | Asam sitrat pH 2.5-4, ultrasil 70 pH 2-2.5 |
| CaSO ₄ /BaSO ₄ / SrSO ₄ /CaF ₂ | HCl, H ₃ PO ₄ , asam sitrat, asam sufamat pH 4 | - | Sodium tripolifosfat + Na ₄ EDTA pH 10 | - |
| SiO ₂ | NaOH + Na ₂ EDTA pH 12 | - | - | - |
| Logam Oksida | H ₃ PO ₄ , sodium hidrosulfit, NH ₂ SO ₃ H | Asam sitrat pH 2.5 | Asam Sitrat pH 4 | - |
| Koloid Inorganic | NaOH + sodium dodekilsulfat pH 12 | - | Sodium tripolifosfat + Na ₂ EDTA pH 10 | - |
| Materi Biologi | NaOH + Na ₂ EDTA, NaOH + sodium dodekilsulfat, Sodium Tripolifosfat +trisodium fosfat +EDTA pH 12 | Sodium tripolifosfat + trisodium fosfat +EDTA pH 10- 11 | Sodium tripolifosfat + Na ₂ EDTA, Sodium tripolifosfat + sodium dodekil pH 10 | Sodium lauril sulfat +NaOH, ultrasil 10, pH 10-11 |
| Organik | NaOH + Na ₂ EDTA, NaOH + sodium dodekilsulfat, Sodium Tripolifosfat +trisodium fosfat +EDTA pH 12 | Sodium tripolifosfat + trisodium fosfat +EDTA pH 10- 11 | Sodium tripolifosfat + Na ₂ EDTA, Sodium tripolifosfat + sodium dodekil pH 10 | |