

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Pendekatan Desain Fungsional

Pendekatan fungsional menjelaskan tentang fungsi-fungsi peralatan di dalam sistem pembuatan aquades/aquabides berdasarkan metode penguapan. Rancang bangun peralatan ini terdiri dari komponen teknologi penyaring seperti mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi, dan tangki penampung, *ion exchanger*, *reverse osmosis* (RO), serta seperangkat alat distilasi (*water distiller*, *heater*, dan kondensor) dengan fungsi masing-masing dijelaskan sebagai berikut:

a. Tangki Umpan

Tangki umpan berfungsi sebagai wadah untuk menampung air umpan sebelum dialirkan ke proses penyaringan.

b. Mikrofiltrasi

Mikrofiltrasi berfungsi sebagai penyaringan tahap pendahuluan untuk mereduksi konstituen yang berupa partikel, warna, dan mikroba. Teknologi mikrofiltrasi yang digunakan pada rancang bangun alat pembuatan aquades/aquabides yang tengah dan telah dilakukan ini terdiri atas dua macam *filter* dengan ukuran pori yang berbeda yakni 0,3  $\mu\text{m}$  dan 0,1  $\mu\text{m}$ . Air umpan akan ditarik dengan pompa kemudian dialirkan melalui alat penyaring berukuran pori 0,3  $\mu\text{m}$  menuju mikrofilter berukuran pori 0,1  $\mu\text{m}$  yang dioperasikan pada tekanan atmosfer dan dengan laju alir umpan yang diatur menggunakan katup *bypass* yang sudah dipasang pada rangkaian alat pembuatan aquades/aquabides tersebut.

c. Ultrafiltrasi

Ultrafiltrasi berfungsi sebagai proses penyaringan tahap kelanjutan menggunakan *filter* berukuran pori 0,01  $\mu\text{m}$ .

d. Tangki Penampung

Tangki penampung berfungsi sebagai wadah penampung air baku yang sudah diproses di alat mikrofiltrasi-ultrafiltrasi dan hendak diumpankan ke proses selanjutnya yaitu ke penukar ion, RO, dan penguapan (distilasi).

e. *Ion Exchanger*

*Ion exchanger* berfungsi untuk melakukan demineralisasi dan deionisasi dengan prinsip pertukaran ion yang menggunakan resin anion lewatis monopulus (bentuk -Cl) sebagai penukar ion basa kuat dan resin kation lewatis monopulus (bentuk -Na) sebagai penukar ion asam kuat.

f. *Reverse Osmosis*

*Reverse osmosis* atau osmosis balik dikenal sebagai proses pemisahan suatu pelarut dari larutan yang berpindah melalui lapisan *semipermeabel* dan terjadi akibat adanya perbedaan konsentrasi. RO juga tergolong sebagai alat filtrasi yang menghilangkan berbagai kontaminan yang merusak kesehatan maupun penampilan air. RO menggunakan teknologi membran dengan ukuran pori yang sangat kecil (dalam satuan nanometer) sehingga membutuhkan tekanan yang besar agar dapat mendorong air menembus lapisan tersebut.

g. *Water Distiller*

*Water distiller* berfungsi sebagai tempat terjadinya pembentukan uap dari air tangki penampung yang diumpankan secara kontinu ke dalam *water distiller* melalui selang berdiameter  $\frac{3}{8}$  inch. *Water distiller* menjadi tempat utama bagi proses pembuatan aquades/aquabides berdasarkan metode penguapan. Zat-zat yang terlarut, serta bakteri dan virus yang terkandung di dalam air akan diuapkan di dalam tabung dengan tekanan atmosferik pada titik didihnya. Pada bagian ini, *water distiller* akan diisi dengan air terlebih dahulu kemudian dipanaskan dengan pemanas elektrik yang terpasang pada dasar tabung. Pendidihan (*boiling*) dan penguapan (*vaporizing*) terjadi sekaligus di dalam tabung yang disebabkan oleh penggunaan *heater* listrik bertegangan tinggi sehingga proses bersifat cepat (*flash*).

h. Kondensor

Kondensor berfungsi untuk mengubah uap air yang terbentuk di dalam *water distiller* menjadi fase cair kembali. Kondensor berupa tabung yang di dalamnya dilengkapi koil tembaga dengan empat lilitan melingkar vertikal. Uap mengalir di dalam *spiral* tersebut sementara di bagian luarnya diisikan air pendingin.

i. *Heater*

*Heater* merupakan elemen pemanas yang berfungsi untuk memanaskan umpan di dalam *water distiller* hingga mencapai temperatur 100°C. Penguapan suatu zat sebetulnya dapat terjadi pada berbagai temperatur yang berbeda, begitu juga pada titik didihnya. Elemen pemanas yang digunakan berupa koil dengan daya tertentu yang akan dihubungkan ke sumber listrik.

### 3.2 Pendekatan Desain Struktural

Pendekatan desain struktural menjelaskan struktur secara rinci dari suatu alat, baik dari segi material, ukuran maupun proses pembuatannya yang dapat diamati pada Gambar 17 di halaman selanjutnya.

Selain itu, adapula spesifikasi peralatan yang digunakan dalam rancang bangun pembuatan aquades/aquabides baik dengan metode penguapan maupun tanpa penguapan dalam satu rangkaian yang dijelaskan sebagai berikut.

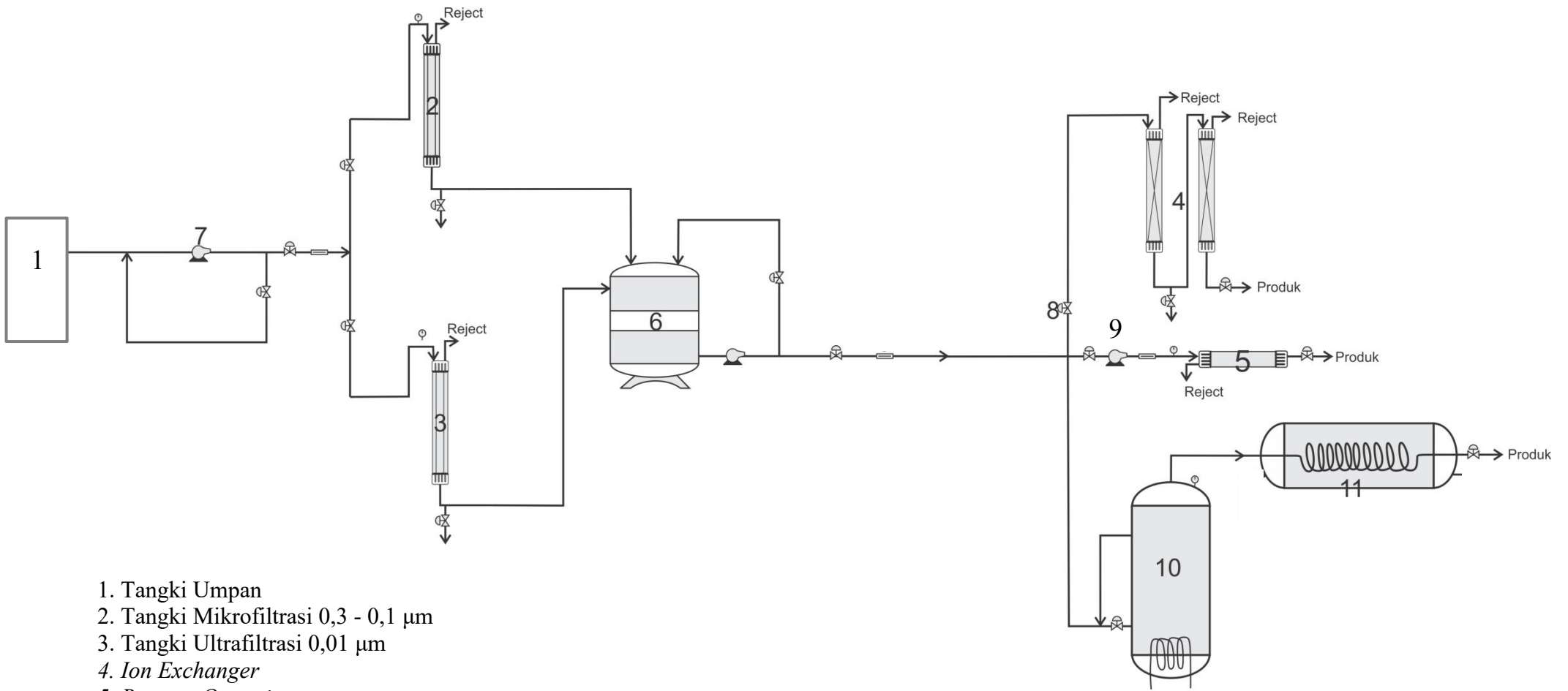
Spesifikasi Peralatan :

1. Tangki Umpan (Jerigen)

- Jumlah : 1 buah
- Tinggi : 50 cm
- Diameter : 30 cm
- Material : Plastik

2. Tangki Mikrofiltrasi

- Jumlah : 2 buah
- Dimensi : 317x175x175 mm<sup>3</sup>
- Kapasitas : Max. 500 liter/jam
- *Housing Material* : Kaca silika
- Ukuran Pori : 0,3 *micron* dan 0,1  $\mu\text{m}$
- Material Membran : Polimer jenis *hollow fiber*
- Luas permukaan aktif efektif : 360 cm<sup>2</sup>/membran
- *Feed pressure* : 0,1-2 bar
- *Max working temperature* : 5 - 45°C
- *pH range* : 3 – 9



1. Tangki Umpan
2. Tangki Mikrofiltrasi 0,3 - 0,1  $\mu\text{m}$
3. Tangki Ultrafiltrasi 0,01  $\mu\text{m}$
4. *Ion Exchanger*
5. *Reverse Osmosis*
6. Tangki Penampungan Sementara
7. Pompa Umpan
8. *Valve*
9. Pompa RO dan *Ion Exchanger*
10. *Water Distiller*
11. Kondensor

**Gambar 17.** Desain Alat Pembuatan Aquades dan Aquabides

## 3. Tangki Ultrafiltrasi

- Jumlah : 1 buah
- Dimensi : 317x175x175 mm<sup>3</sup>
- Kapasitas : Max. 500 liter/jam
- *Housing Material* : Kaca silika
- *Filter precision* : 0,01 micron
- Material Membran : Keramik
- *Pressure of feed water* : 0,1-0,4 MPa
- Diameter lubang : 0,5-2 mm
- Ukuran pori *filter* : 0,01 *micron*
- *Max working temperature* : 5 - 45°C
- *pH range* : 3 – 9

## 4. Ion Exchanger

- Jumlah : 2 buah
- Tinggi : 20 inchi
- Diameter : 13 cm
- *Hosting filter* : Plastik
- *Housing material* : Kaca silika
- *Pressure* : 0,5 – 0,6 MPa
- Kapasitas : 50 liter/jam
- *Filling material* : Resin kation Recinex K8  
Resin anion Recinex A4  
Resin lewatit Monoplus M500  
Resin lewatit Monoplus S80

## 5. Reverse Osmosis

- Jumlah : 2 buah
- Panjang : 30 cm
- Material : *Composite* Poliamida
- Ukuran Pori : 0,0001 micron
- *Max. Feed pressure* : 0,6 MPa
- Kapasitas : 20 liter/jam
- *Max temperature* : 45 °C
- *pH range* : 2-12
- Membran Area : 3,3 m<sup>2</sup>
- *Recovery* : 8%

## 6. Tangki Penampungan Sementara

- Jumlah : 1 buah
- Kapasitas : 100-110 liter
- Tinggi : 90 cm

- Diameter : 40 cm
- Material : Plastik

#### 7. Pompa

- Jumlah : 2
- Merek : Shimizu
- *Model* : PS 135 E
- *Voltage/Hz* : 220/50
- Daya Output Motor : 125 W
- Daya Input Motor : 0,3 kW
- Panjang pipa hisap : 9 m
- Daya dorong *max.* : 33 m
- Head (m) : 5, Kapasitas : 28 L/min
- Head (m) : 20, Kapasitas : 10 L/min

#### 8. Valve

- Jumlah : 11
- Jenis : *Ball Valve*
- Merek : Sankyo
- Material : Plastik
- Ukuran : 1/4 - 1/2 inch

#### 9. Water Distiller

- Jumlah : 1 buah
- Tinggi : 46,5 cm
- Diameter : 5-6 cm
- Material : *Stainless steel*
- Kapasitas *feed* :  $\geq 0,5$  Liter
- Jumlah *heating element* : 2 buah
- Tipe *heater* : Koil
- Material *heater* : Logam tembaga/nikel
- Daya Listrik *heater* : 500 x 2 watt

#### 10. Kondensor

- Jumlah : 1 buah
- Tinggi : 18 cm
- Diameter : 10 cm
- Material : Besi campuran
- Tipe Koil Pendingin : *Spiral*
- Jumlah lilitan : 4
- Material Koil : Tembaga
- Diameter koil : 1/8 inchi

### 11. *Pressure Gauge*

- Jumlah : 4 buah
- Merek : Ransburg
- Model : RBS 1005A
- *Case* : *Grey Steel*
- *Window* : *Acrylic ( Acrylic Glass, polycarbonate)*
- *Socket & Connection* : Brass 1/2" NPT
- *Dial* : 100 mm / 4"
- *Measurement* : 0-200 psi

### 12. *Tjoint* (sambungan)

- Material : *Acrylonitril*
- Ukuran : ½ inch, ¼ inch, dan ¾ inch

### 13. Pipa

- Material : PVC
- Ukuran : ½ inch x 5 meter, ¼ inch x 4 m, dan ¾ inch x 5 m

## 3.3 Pertimbangan Percobaan

### 3.3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Pelaksanaan penelitian Tinjauan Kinerja *Water Distiller* dalam pembuatan Aquades dan Aquabides Metode Penguapan dilakukan selama 6 bulan yaitu dimulai pada bulan Februari-Juli 2019 yang dilaksanakan di Laboratorium *Pilot Plant* dan Utilitas Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.

### 3.3.2 Alat dan Bahan

#### a. Alat yang digunakan:

- Mikrofiltrasi berpori 0,3 dan 0,1 µm
- Ultrafiltrasi berpori 0,01 µm
- *Water distiller*
- *Heater*
- Pipa
- *Valve*
- Termometer
- Sensor suhu
- Pompa

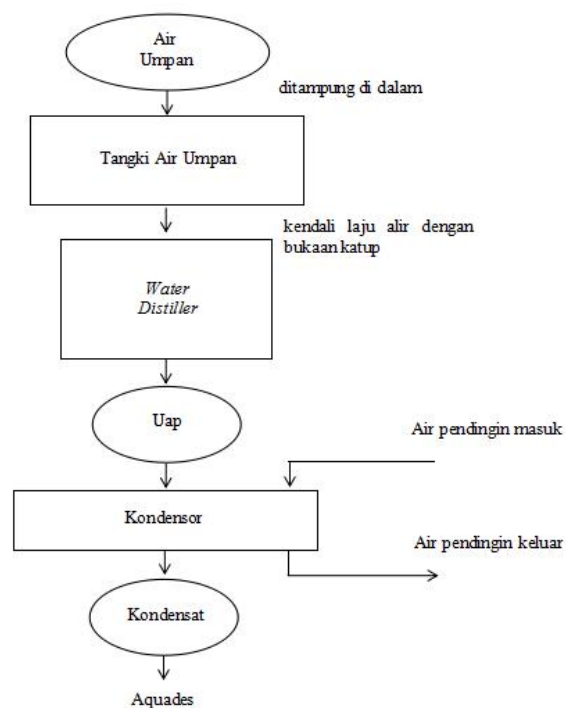
- Tangki atau wadah penampung
- Alat sambung (*elbow, t-joint, y-mail*)
- Gelas ukur 100 mL dan 250 mL
- *Waterproof Cyberscan PCD650*
- Botol plastik
- Tisu gulungan
- *Stopwatch*

**b. Bahan yang digunakan:**

- Air keran (PDAM)

**3.3.3 Perlakuan Percobaan**

Dalam percobaan rancang bangun alat pembuatan aquades/aquabides dengan metode penguapan dilakukan peninjauan terhadap sejumlah variabel yang dihipotesis dapat memengaruhi kualitas hasil keluaran dari unit *water distiller*. Variabel-variabel tersebut adalah laju alir umpan menuju alat dan lama waktu operasi. Parameter uji terhadap produk yang diperoleh adalah konduktivitas, TDS, pH, dan resistivitas. Bagan perlakuan percobaan tersebut dapat diperhatikan pada Gambar 18 di bawah ini.



**Gambar 18.** Bagan Perlakuan Percobaan



### 3.3.4 Pengamatan

Untuk mengetahui kondisi operasi berupa suhu bagi proses pemanasan, pendidihan, dan penguapan di dalam *water distiller*, pengamatan yang berkenaan dengan hal tersebut dapat ditinjau dari pengaturan laju alir umpan ke dalam unit. Laju alir umpan dikendalikan secara manual menggunakan bukaan katup yang berpengaruh terhadap laju kenaikan suhu. Selain itu, adapula pengaruh rentang waktu operasi terhadap jumlah produk yang diperoleh. Produk yang dihasilkan akan dianalisa berdasarkan parameter fisik dan kimianya.

### 3.3.5 Prosedur Percobaan

#### 3.3.5.1 Prosedur menjalankan alat pembuatan aquades dan aquabides

##### A. Tahap I

1. Menyiapkan seperangkat alat pembuatan aquades.
2. Menghidupkan alat dengan menyambungkannya ke sambungan listrik.
3. Mengisi tangki umpan dengan air baku yang diperoleh dari PDAM.
4. Membuka tiap-tiap katup yang diperlukan.
5. Menghidupkan pompa umpan dengan menekan saklar bertanda Pump 1 yang terpasang pada alat. Pompa akan menarik air baku dari tangki umpan dan mengalirkannya menuju kolom mikrofiltrasi vertikal 0,3 dan 0,1  $\mu\text{m}$  lalu ke kolom ultrafiltrasi horizontal 0,01  $\mu\text{m}$ .
6. Mengatur laju alir umpan ke mikrofiltrasi dengan memutar katup pipa yang dikembalikan ke tangki umpan (*bypass*).
7. Membuka katup-katup pengambilan sampel yang terpasang di bagian aliran mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi sambil mengamati tekanan yang terukur di *pressure gauge*.
8. Air yang lolos dari penyaringan ultra akan dimasukkan ke tangki penampung terlebih dahulu. Air rejeksi dari kolom ultrafiltrasi ditampung dan dibuang.
9. Air dari tangki penampung mengalami pemecahan aliaran untuk diumpankan ke tiga alat proses pemurnian.

## B. Tahap II

1. Aliran pertama, air akan diumpankan ke RO menggunakan pompa yang dihidupkan dengan menekan saklar Pump 2 sambil diamati tekanan yang terukur di pressure gauge yang dapat diatur dari bukaan katup. Dari RO, akan terbentuk dua output yaitu produk dan rejeksi yang masing-masing akan dianalisa.
2. Putar katup V6 ke posisi terbuka.
3. Nyalakan Pompa 02 dengan menekan saklar Pump 2 guna mengalirkan air dari dalam Tangki Penampung ke Reverse Osmosis.
4. Aktifkan saklar RO.
5. Perhatikan pressure gauge P4 untuk mengetahui besar tekanan aliran yang didorong masuk ke inlet.
6. Tampung output dari RO yang berupa produk dan rejeksi.
7. Analisis produk air yang diperoleh dari RO.
8. Matikan saklar RO.

## C. Tahap III

1. Aliran kedua, air akan ditarik dengan pompa yang sama dan akan dialirkan ke alat *Ion Exchanger*.
2. Nyalakan Pompa 02.
3. Aktifkan saklar IE.
4. Membuka katup-katup yang diperlukan untuk pengambilan sampel dan mengatur laju alir air umpan yang masuk ke resin anion dan kation sambil mengamati tekanan yang terukur pada *pressure gauge*.
5. Sampel dari masing-masing *outlet* resin diambil dan dianalisa. Analisa masing-masing sampel output dari resin anion dan kation.
6. Matikan saklar IE.

## D. Tahap IV

1. Aliran ketiga, air di dalam tangki penampung dialirkan melalui pipa  $\frac{3}{8}$  inch yang disalurkan ke *water distiller* dari lubang yang dibuat pada jarak  $\pm 15$  cm dari dasar tangki penampung.

2. *Water distiller* diisi dengan air sampai memenuhi level tertentu yang ditandai dengan keluarnya air melalui saluran yang disebut sebagai *overflow*.
3. Menyalakan *heater* yang terdapat di bagian dalam *water distiller* dengan menekan saklar bertanda *heater* pada alat.
4. Mengatur laju alir umpan dari tangki penampung ke *water distiller* dengan memutar katup.
5. Mengukur temperatur air umpan yang akan masuk ke dalam *water distiller*.
6. Uap air yang terbentuk ditransportasikan menuju spiral yang terpasang di dalam tabung berisikan air pendingin. Uap air tersebut dapat segera terbentuk dikarenakan alat menggunakan daya yang sangat besar sehingga pemanasan dan pendidihan dapat terjadi sekaligus.
7. Mengamati temperatur dinding luar *water distiller* pada panel digital yang terhubung dengan sensor suhu yang sudah dipasang di alat lalu mencatatnya apabila sudah terbentuk tetesan pertama.
8. Mengukur temperatur dinding dalam *water distiller* menggunakan termometer dengan menempelkan ujungnya pada *outlet overflow* lalu mencatatnya.
9. Mengukur suhu air pendingin menggunakan termometer pada kondensor sebelum proses dan sesudah terbentuknya kondensat pada lama waktu operasi yang ditentukan. Catat hasil yang didapat.
10. Mengukur dan mencatat suhu kondensat yang terbentuk setelah lama waktu operasi yang ditentukan.
11. Mengukur volume produk aquades yang diperoleh menggunakan gelas ukur.
12. Menganalisa produk aquades menggunakan alat *Waterproof Cyberscan PCD650* dengan parameter pengamatan yang hendak diketahui.
13. Mencatat hasil analisa yang sudah dilakukan.

### 3.3.5.2 Prosedur Kerja Analisa Kualitas Produk Aquades

#### A. Prosedur Kalibrasi Alat Waterproof Cyberscan PCD650

1. Menyiapkan alat *Waterproof Cyberscan* PCD650.
2. Menghubungkan alat *Waterproof Cyberscan* PCD650 ke sambungan listrik.
3. Menekan tombol F4 (ON) untuk menghidupkan alat.
4. Menekan tombol F2 (CAL) untuk memulai kalibrasi.
5. Di layar terbaca '*Calibration-Rinse Electrode*' selama beberapa detik. Bilas probe dengan air bersih.
6. Mencelupkan *probe* elektroda ke dalam larutan standar untuk masing-masing parameter yang dikalibrasi seperti pH, TDS, konduktivitas, dan resistivitas.
7. Pada kalibrasi pH, alat ukur akan memindai data yang bersesuaian dengan kalibrasi yang dapat diterima di layar.
8. Menekan tombol ENTER guna mengonfirmasi kalibrasi saat indikator sudah stabil yang ditunjukkan oleh munculnya *Stable* pada layar.
9. Bilas *probe* dengan air bersih.
10. Menekan tombol F3 (NEXT) untuk melanjutkan kalibrasi ke parameter yang lainnya.
11. Mencelupkan *probe* elektroda ke dalam larutan standar yang sesuai untuk pengkalibrasian parameter tersebut.
12. Dengan cara yang sama untuk masing-masing parameter, ulangi langkah 7 sampai 11.

#### B. Prosedur Menganalisa Produk Aquades

1. Menyiapkan produk aquades sebagai sampel untuk dianalisa.
2. Membersihkan detektor atau elektroda pada alat *Waterproof Cyberscan* PCD650 menggunakan aquades dan mengeringkannya dengan *tissue* guna penetralan.
3. Memasukkan sampel produk berupa aquades ke dalam gelas kimia 250 mL.

4. Menghidupkan alat *Waterproof Cyberscan* PCD650 dengan menghubungkannya ke sambungan listrik
5. Mencilupkan elektroda ke dalam sampel produk yaitu aquades.
6. Menunggu hasil yang tertera pada alat hingga stabil dan mencatat pH, konduktivitas, TDS, dan resistivitas.
7. Membersihkan elektroda dengan menggunakan aquades guna menetralkannya kembali.