

**PEMBUATAN DIAGRAM ALIR PENGOLAHAN AIR BEBAS MINERAL
DENGAN PENUKAR ION UNTUK PABRIK YELLOW CAKE DARI URANIUM
HASIL SAMPING PABRIK ASAM FOSFAT**

Tukiman, Puji Santoso
Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir - BATAN
Kawasan PUSPIPTEK Gd 71, Lt 2 Serpong

ABSTRAK.

PEMBUATAN DIAGRAM ALIR PENGOLAHAN AIR BEBAS MINERAL DENGAN PENUKAR ION UNTUK PABRIK YELLOW CAKE DARI URANIUM HASIL SAMPING PABRIK ASAM FOSFAT. Telah dilakukan pembuatan diagram alir pengolahan air bebas mineral dengan menggunakan resin penukar ion untuk pabrik yellow cake dari uranium hasil samping pabrik asam fosfat. Dasar pembuatan diagram alir ini adalah requirement dari kebutuhan air bebas mineral untuk proses pabrik yellow cake yaitu sebesar 16369 kg/jam. Plant dioperasikan 8 jam sehari, diperlukan sistem pengolahan air bebas mineral untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Sarana dan peralatan yang diperlukan untuk membuat instalasi air bebas mineral adalah: air baku, pompa, bak penampung air baku, saringan pasir, tangki kation, tangki anion, pembubuh resin dan bak penampung air bebas mineral. Air bebas mineral untuk proses pada pabrik yellow cake ini beroperasi dengan kapasitas 60 m³/jam, 8 jam operasi = 480 m³. Volume resin kation = 1035 liter, Volume resin anion = 2229 liter dan volume resin mix bed = 2566 liter. Untuk mengalirkan dan pengaturan aliran air diperlukan pipa dan katup-katup sebagai peralatan pengendalian. Hasil dari rancangan ini adalah gambar diagram alir pengolahan air bebas mineral untuk pabrik yellow cake.

Kata kunci: Diagram alir, pengolahan, penukar ion, air bebas mineral.

ABSTRACT

A FLOW CHART CONSTRUCTION OF DEMINERALIZED WATER TREATMENT BY ION EXCHANGERS FOR YELLOW CAKE PLANT FROM BY PRODUCT OF PHOSPHORIC ACID PLANT. A flow chart of demineralized water treatment using ion exchange resin for plant yellow cake from by product of phosphoric acid plant has been created. Basis of this flow chart construction is the mineral - free water requirement for the yellow cake plant at 16389 kg/hour. The plant will be operated at 8 hours per day so that it requires the demineralized water treatment. Facilities and equipment necessary to make the installation of demineralized water are: raw water, pump, raw water tank, sand filter, cation tank, anion tank, resin and demineralized water tank. The demineralized water for this yellow cake plant operates with a capacity of 60 m³/hr, 8 hours of operation 480 m³, volume 1035 liters cation resin, anion resin volume 2229 liters and the volume of 2566 liters of resin mixbed. To drain the water flow and settings, it uses pipe and valve as control equipment. The result of this design is as a flow chart of demineralized water treatment for yellow cake plant.

Keywords: flow chart, processing, mineral-free water.

1. PENDAHULUAN

Pabrik *yellow cake* dari uranium hasil samping pabrik asam fosfat membutuhkan air bebas mineral untuk berlangsungnya proses. Adapun peralatan proses yang membutuhkan air bebas mineral adalah sebagai berikut :

Tangki pengencer umpan (T100-03) yang berfungsi untuk mengencerkan asam fosfat umpan dengan air menjadi asam fosfat 35%, jumlah air yang dibutuhkan sebesar : 10332,53 kg/jam. Tangki *floculant* (T-100-09) berfungsi untuk mengencerkan *floculant* air yang dibutuhkan : 23,253 kg/jam. *Scrubbing* siklus I (MS-200-04) berfungsi untuk mencuci pelarut organik (0,5 M DEPA, 0,125 TOPO dan karosen) dengan penyerap air yang beroperasi pada temperatur 40°C, membutuhkan air 12,289 kg/jam. *Scrubbing* siklus II (MS-200-06) berfungsi untuk mencuci pelarut organik (0,3 DEPA, 0,075 TOPO dan karosen) dengan penyerap air yang beroperasi pada temperatur 40°C. Membutuhkan air 1110 kg/jam. Menara penyerap berfungsi untuk menyerap polutan gas dari proses scrubbing membutuhkan air 6000 kg/jam. Jumlah keseluruhan air bebas mineral = 16369 kg/jam^[1].

Air bebas mineral yang digunakan sebagai air untuk proses biasanya mempunyai persyaratan tertentu. Secara umum dipakai air dengan nilai *konduktivitas* kurang lebih 0,5 $\mu\text{S/cm}$ dan tingkat keasaman dengan pH dalam rentang antara 5,5 sampai dengan 6,6, dan tingkat kesadahan tertentu, apabila tidak diperoleh hasil dengan kualitas tersebut maka dilakukan *regenerasi* hingga diperoleh *konduktivitas* maksimal sebesar 0,5 $\mu\text{S/cm}$. Dari data dan persyaratan proses tersebut sehingga perlu direncanakan pembuatan instalasi pengolahan air bebas mineral. Ada beberapa macam pengolahan air bebas mineral diantaranya dengan teknologi membran dan teknologi penukar ion.

Ada beberapa teknologi pengolahan air bebas mineral, diantaranya dengan teknologi membran. Pengolahan air dengan teknologi membran terbagi menjadi 5 kelompok yang terdiri dari :

1. *Particle filtration* (penyaringan partikel), dengan ukuran pori-pori membran yang digunakan paling kecil mendekati 1 micron, partikel ini terbagi dua, yaitu makro partikel dengan ukuran sampai 20 micron dan yang kecil disebut mikro partikel dengan ukuran sampai 1 micron.
2. *Microfiltration*, membran yang dapat memisahkan partikel dengan diameter 3 – 0.05 micron, yang hanya bisa dilihat dengan mikroskop elektron.
3. *Ultrafiltration*, membran yang bisa memisahkan partikel dengan diameter lebih kecil lagi yaitu berkisar 0,15-0,0014 micron. hanya bisa dilihat dengan mikroskop elektron.
4. *Nanofiltration*, membran ini dapat digunakan untuk menyaring molekul atau atom dengan ukuran 0,0015-0,0008 micron, hanya bisa dilihat dengan mikroskop elektron.
5. *Reverse Osmosis* membran (*Hyperfiltration*), atau RO. Proses ini banyak digunakan untuk menyaring air untuk kebutuhan air minum. Material membran bisa dari polymer, keramik, carbon aktif, zeolit dan logam. Pada pengolahan air dengan teknologi membran diperlukan kecermatan untuk memilih tipe membran karena berhubungan dengan partikel dan padatan yang terlarut dalam air, juga diperlukan pompa dengan tekanan yang cukup tinggi berkisar antara 5 bar – 80 bar tergantung dari tipe membran yang dipilih. Untuk pengolahan air baku yang bersumber dari air tanah, air sungai lebih banyak digunakan teknologi penukar ion. Teknologi membran biasa digunakan untuk pengolahan air laut menjadi air bebas mineral.

2. TEORI

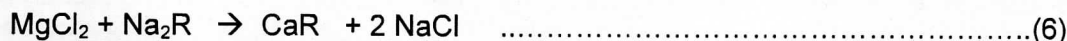
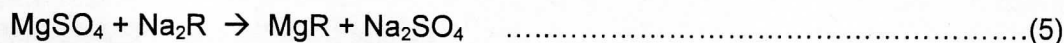
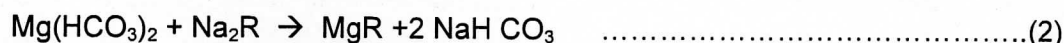
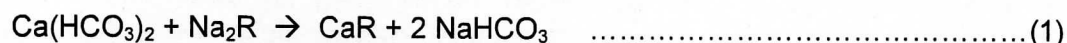
a. Pengolahan air dengan penukar ion ^[3]

Terdapat dua jenis bahan penukar ion yang digunakan untuk pelunakan air dalam proses pengolahan air, yaitu bahan yang bersifat kation dan bahan yang bersifat anion. Bahan yang bersifat kation adalah bahan yang mengandung asam sehingga dapat mengikat ion-ion positif yang ada dalam air, sebaliknya bahan yang bersifat anion adalah bahan yang mengandung basa sehingga dapat mengikat ion-ion negatif yang terkandung di dalam air yang akan diolah. Terdapat banyak bahan yang dapat digunakan sebagai bahan penukar ion dalam proses pelunakan air. Yang termasuk kation yaitu tergolong zeolit misalnya natural *greensand zeolite* (Natrium, Aluminium silikat), *Carbonaceous zeolit (Sulfonated coal)* dan *Synthetic gel zeolite*. Sedangkan yang tergolong resin misalnya *Phenolic resin* dan *styrene*.

Masing-masing bahan koagulan baik zeolit maupun resin mempunyai kapasitas penukar ion, jenis regenerasi dan efisiensi penukaran ion yang berbeda-beda. Metode penukar ion yang digunakan untuk menurunkan tingkat kesadahan air atau pelunakan air dikenal sejak abad XX. Perkembangan selanjutnya dengan ditemukannya bahan penukar ion sintesis oleh Robert Gans 1954, seperti lempung, pasir dan natrium karbonat (soda ash).

Air disebut sadah, jika mengandung kation bervalensi dua : seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Ba^{2+} , di dalam air akan mengikat anion-anion seperti HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- , SiO_3^{2-} . Pada umumnya ion-ion tersebut di dalam air jumlahnya relative kecil, kecuali Ca^{2+} , Mg^{2+} , sehingga air dikatakan sadah jika mengandung ion Ca^{2+} , Mg^{2+} . Kesadahan dibedakan menjadi dua, yaitu kesadahan sementara atau disebut kesadahan karbonat, dan kesadahan tetap atau disebut kesadahan non karbonat. Dalam kata lain air mempunyai kesadahan sementara jika air tersebut mengandung $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ atau $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, dan air mempunyai kesadahan tetap jika mengandung CaSO_4 , MgSO_4 , CaCl_2 , atau MgCl_2 . Kesadahan total merupakan jumlah dari kesadahan sementara dan kesadahan tetap.

Fenomena proses pertukaran ion dalam air untuk keperluan pelunakan air (kesadahan) bahwa mineral terlarut dalam air berbentuk ion, misalnya kalsium bikarbonat dalam air berbentuk ion Ca^{2+} (kation), dan HCO_3^- (anion). Reaksi kimia yang terjadi pada proses pertukaran ion dalam tangki reaktor adalah sebagai berikut :

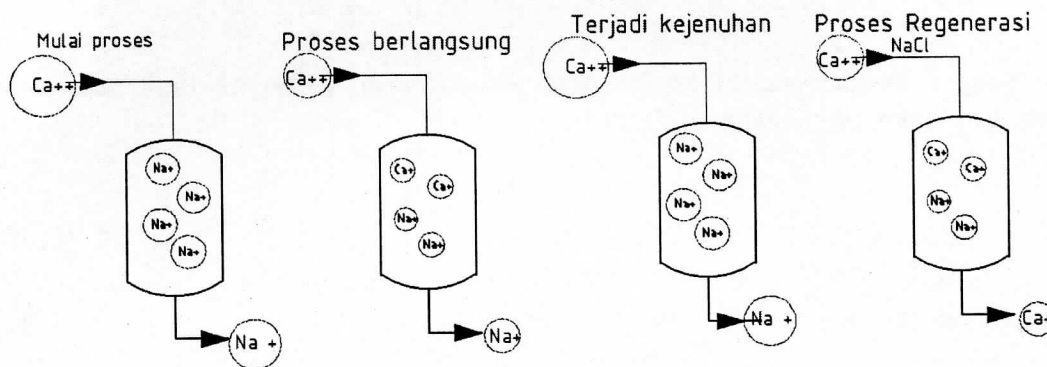


Dimana R : Resin

3. TATAKERJA

Proses yang terjadi pada peristiwa penukar ion dalam tangki reaksi adalah sebagai berikut :

Proses pelunakan air dilakukan dengan cara mengalirkan air dengan kesadahan tertentu melalui resin penukar ion, proses yang terjadi merupakan reaksi kimia seperti yang ditunjukkan dalam persamaan 1 sampai 6, dengan ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} , yang menyebabkan kesadahan air akan menggantikan ion Na^+ yang terdapat pada media penukar ion . Berikut ini adalah gambar proses yang terjadi. Dari kiri ke kanan : saat mulai proses, proses sedang berlangsung, terjadi kejenuhan dan proses regenerasi.

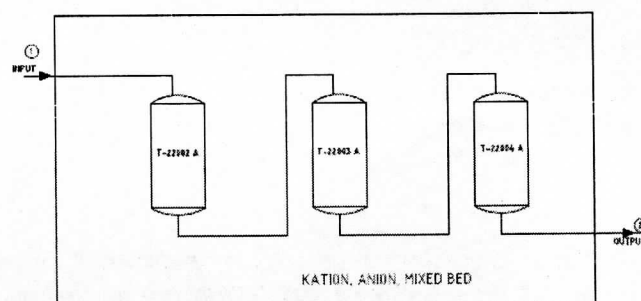


Gambar 1. Aliran proses pertukaran ion.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebuah diagram alir digunakan untuk menggambarkan suatu alur proses. Pada diagram alir ini, kapasitas produksi air bebas mineral direncanakan $60 \text{ m}^3/\text{jam}$. Pabrik di rencanakan beroperasi selama 8 jam sehari maka ;
Kebutuhan air bebas mineral = $60 \text{ m}^3 \times 8 = 480 \text{ m}^3$.
Volume bak penampung air adalah = $(14 \times 20 \times 2) \text{ m} = 560 \text{ m}^3$.

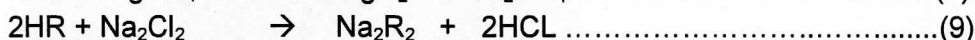
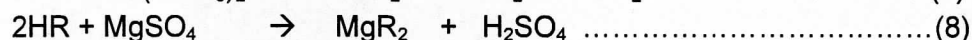
Aliran proses dimulai dari bak penampung air baku yang dialirkan secara paksa dengan pompa jenis sentrifugal dengan tekanan 8 bar pada temperatur 30°C , air dialirkan menuju tangki karbon aktif, dengan ditambahkan khlor untuk membunuh kuman atau mikro organisme. Dari tangki karbon aktif air dialirkan menuju tangki resin penukar ion yang terdiri tangki kation, tangki anion dan tangki *double mix bed resin*.



Gambar 2. Proses pada Kation, Anion dan Mixed Bed

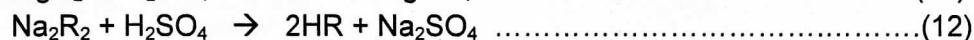
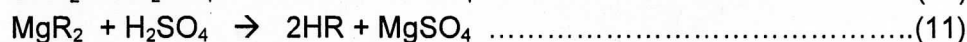
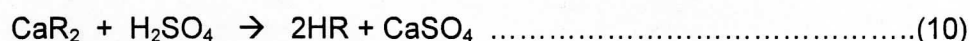
Proses pelunakan air dilakukan dengan cara mengalirkan air dengan kesadahan tertentu melalui resin penukar ion, proses yang terjadi merupakan reaksi kimia. Resin penukar ion didalam proses pembuatan air bebas mineral berfungsi untuk mengambil pengotor air dengan cara pertukaran ion yang bermuatan sama. Kation yang ada dalam air dipertukarkan dengan kation resin.

Reaksi :



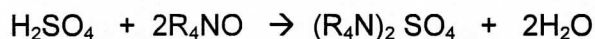
Dalam jangka waktu tertentu kation resin akan jenuh, sehingga perlu dilakukan *regenerasi* dengan asam sulfat H_2SO_4

Reaksi :



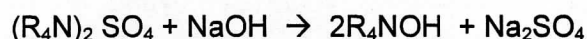
Anion dalam air akan dipertukarkan dengan resin yang bersifat basa (anion) sehingga anion seperti CO_3^{2-} , Cl^- , SO_4^{2-} , akan terikat dengan resin.

Reaksi :



Dalam jangka waktu tertentu anion resin akan jenuh, sehingga perlu dilakukan *regenerasi* dengan natrium hidroksida (NaOH).

Reaksi :



Di dalam tangki mix bed yang berisi campuran antara resin penukar kation dan resin penukar anion, sisa-sisa kation akan dipertukarkan dengan ion hidogen dan sisa anion termasuk asam karbonat dipertukarkan dengan ion hidroksil sehingga air keluaran dari tangki *mix bed* terbebas dari mineral pengotor air yang siap didistribusikan ke pabrik yang memerlukan air bebas mineral.

4.1 Perhitungan Volume Resin

a. Volume Resin Kation

Perhitungan volume resin dan ukuran peralatan untuk proses pengolahan air bebas mineral. Air bebas mineral untuk proses pada pabrik *yellow cake* kapasitas 60 m^3 /jam, 8 jam operasi = 480 m^3
Air baku, data laboratorium (diasumsikan)

a. Kation

$$\begin{aligned} \text{Na}^+ &= 25 \text{ ml/l} \times 2,174 \text{ ppm CaCO}_3 = 54,4 \text{ ppm CaCO}_3 \\ \text{Ca}^+ &= 15 \text{ mg/l} \times 2,500 \text{ ppm CaCO}_3 = 37,5 \text{ ppm CaCO}_3 \\ \text{Mg}^{2+} &= 10 \text{ mg/l} \times 4,107 \text{ ppm CaCO}_3 = 41,1 \text{ ppm CaCO}_3 \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah} = 133,0 \text{ ppm CaCO}_3$$

b. Anion

$$\begin{aligned} \text{SO}_4^{2+} &= 46 \text{ ml/l} \times 1,042 \text{ ppm CaCO}_3 = 47,9 \text{ ppm CaCO}_3 \\ \text{Cl}^- &= 40 \text{ mg/l} \times 1,408 \text{ ppm CaCO}_3 = 56,3 \text{ ppm CaCO}_3 \\ \text{MCO}_3^{2+} &= 35 \text{ mg/l} \times 0,820 \text{ ppm CaCO}_3 = 28,7 \text{ ppm CaCO}_3 \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah} = 133,0 \text{ ppm CaCO}_3$$

Ketentuan :

jumlah anion = jumlah kation

Jika tidak ada data, dipakai pendekatan, angka TDS dalam CaCO₃ dibagi 2 ,
berdasarkan data, diketahui per siklus =

$$60 \text{ m}^3 / \text{jam} \times 8 \text{ jam} = 480 \text{ m}^3$$

$$60.000 \text{ liter} / 3600 \text{ dt} = 17 \text{ liter} / \text{detik}$$

Volume Resin Kation =

$$VR = \sqrt{\frac{V_p \cdot TDS_{feed} \cdot 0,43718}{TEC \cdot \eta}} \dots\dots\dots(13)$$

Dengan :

Vr = Volume Resin

Q = Debit dalam m³/jam

t = Waktu dalam jam

TDS Feed = Jumlah total kation dalam air baku dalam mg/l CaCO₃

TEC = Kapasitas resin penukar ion, untuk kation 40 kg/ft³
Untuk Anion 21,9 kg/ft³

η = Efisiensi resin (80%-90%)

Vp = Volume Produk

35,34 = Faktor konversi ft³/m³

15,45 = Faktor konversi kg/m³

Vp = Q.t

didapatkan :

$$Vp = 480 \text{ m}^3$$

$$TDS \text{ Feed} = 133$$

$$TEC = 39$$

$$\eta = 80\%$$

$$VR = 480 \times 133 \times 0, \frac{43718}{39 \times 80\%} = \frac{27909,57}{31,2}$$

= 894,53 liter dibulatkan menjadi 900 liter

Volume resin = 900 liter
Volume swelling = pencucian = 15% x 900 liter = 135 liter

Jumlah volume resin + swelling = 1035 liter

b. Volume Resin Anion

$$VR = \frac{Vp.TDS\ feed . 0,43718}{TEC.\eta}$$

$$= \frac{480 \times 133 \times 0,4372}{21,9 \times 0,8}$$

$$= 1593 \text{ liter}$$

$$20\% = 318 \text{ liter}$$

$$VR \text{ Total} = 1593 \text{ liter}$$

$$20\% = 318 \text{ liter}$$

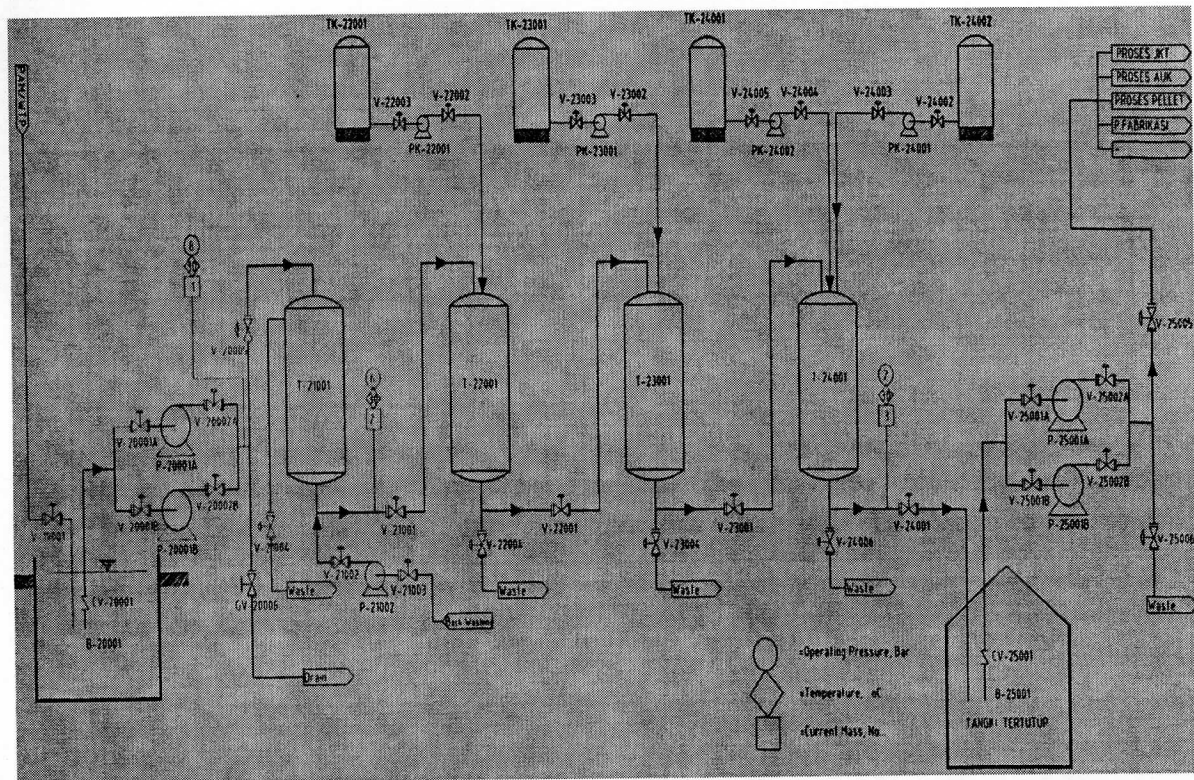
$$V \text{ total tangki anion} = 2229 \text{ liter}$$

c. Volume Resin Mix Bed

Volume resin mix bed yaitu penjumlahan dari setengah dari volume resin kation dan anion
Volume 0,5 kation + volume 0,5 Anion
 $= (0,5 \times 1831) + (0,5 \times 2229)$
 $= 915,5 + 1114,5 = 2030$

$$\text{Total Volume tangki } 20\% \times 2 \times 2030 \\ = 2030 + 268 + 268 = 2566 \text{ liter}$$

Berikut ini adalah gambar diagram aliran proses dari instalasi pengolahan air bebas mineral dengan penukar ion untuk pabrik *yellow cake* dari uranium hasil samping pabrik asam fosfat.



Gambar 3. Gambar diagram aliran proses dan desain konsep dari instalasi pengolahan air bebas mineral dengan penukar ion untuk *pabrik yellow cake* dari uranium hasil samping pabrik asam fosfat.

5. KESIMPULAN.

1. Diagram aliran proses diperlukan untuk menggambarkan dan menguraikan suatu proses tahap demi tahap serta peralatan yang akan dijalankan pada instalasi pengolahan air bebas mineral untuk pabrik uranium hasil samping dari asam fosfat.
2. Didalam gambar Diagram aliran proses untuk pengolahan air bebas mineral terdapat beberapa peralatan terdiri dari :
3. bak penampung air baku, pompa, bak/tangki saringan pasir, tangki kation, tangki anion, tangki *mix bed*, tangki pembubuh resin dan tangki penampung air bebas mineral.
4. Air bebas mineral untuk proses pada pabrik *yellow cake* kapasitas $60 \text{ m}^3/\text{jam}$, 8 jam operasi = 480 m^3 . Volume resin kation = 1035 liter, Volume resin anion = 2229 liter dan volume resin *mix bed* = 2566 liter.
5. Diagram aliran proses pengolahan air bebas mineral menggambarkan secara umum tahapan pengolahan air bebas mineral dengan penukar ion, dengan dalam melengkapi sistem utilitas pada kebutuhan air bebas mineral pabrik *yellow cake* dari uranium hasil samping pabrik asam fosfat.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. PUJI SANTOSA, dkk, 2012, *Basic Oesain Sistem Pendukung Pabrik Uranium dari Hasil Samping Pabrik Asam Phospat*, Laporan Akhir PIPKPP, PRPN-BATAN, Jakarta.
- [2]. TRI HARJANTO, ARI SATMOKO, Nopember 2012, *Rancangan Sistem Penyedia Air Bebas Mineral Menggunakan Membran untuk Irradiator Gamma 2 x 250 kCi*, Jurnal Perangkat Nuklir Vol.06, nomor 02.
- [3]. SINDU NURANTO, Tahun XXII Edisi Agustus 2000, *Kinerja Penukar Ion untuk Pelunakan Air dengan Menggunakan Resin Type Polystyrena*, Media Teknik No.3, ISSN 0216-3012
- [4]. STANDAR NASIONAL INDONESIA, *Tata Cara Perencanaan Unit Paket Insta/asi Pengolahan Air*, SNI No. 6774- 2008.