

PENGARUH BERBAGAI MACAM PACKING KOLOM TERHADAP KUALITAS AIR KEBUTUHAN BOILER (STUDI KASUS PADA ALAT ION EXCHANGER SISTEM BATCH DAN KONTINYU)

Zulriadi dan Prayogo Danardono

Jurusan Teknik Kima, Politeknik Negeri Malang

(Artikel diterima: Oktober 2019, direvisi: September 2019, diterima untuk terbit: Januari 2020)

Abstrak – Pertukaran ion dapat berlangsung antara dua elektrolit atau antara suatu larutan elektrolit dengan sebuah kompleks. Biasanya istilah ini mengacu kepada proses pemurnian, pemisahan, dan dekontaminasi larutan dengan penukar ion padat yang bersifat polimerik atau mineralik. Benda yang biasa digunakan untuk melakukan pertukaran ion adalah resin penukar ion, zeolit, karbon aktif, tanah liat, dan humus tanah. Pertukaran ion merupakan reaksi dua arah dan penukar ion dapat diregenerasi atau dimuat dengan ion yang diinginkan dengan cara membasuhnya dengan kelebihan ion tersebut. Pertukaran ion melibatkan butiran-butiran resin dengan permukaan yang bermuatan positif (kation) dan negatif (anion). Biasanya resin-resin tersebut memiliki pori-pori kecil untuk menambah luas permukaan kontak. Lama waktu kontak juga mempengaruhi hasil dari kesadahan air yang diperoleh. Maka dari itu perlu dicari waktu optimum isian kolom untuk kontak dengan air yang dimurnikan.

Kata kunci: Ion Exchanger, Isian kolom packing.

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan air mutlak diperlukan baik yang mengandung mineral maupun yang tidak mengandung mineral (pure water). Untuk kebutuhan makhluk hidup air mineral sangat diperlukan untuk dikonsumsi, sedangkan untuk keperluan proses di industri khususnya industri kimia justru sebaliknya. Pengaruh mineral pada proses industri kimia cukup kompleks yaitu dari menyebabkan kerak pada proses pemanasan seperti boiler dan heat exchanger, sampai turunnya yield dan selektivitas pada proses reaksi, dan masih banyak lagi pengaruh lainnya. Untuk itu diperlukan suatu unit pengolahan air untuk menghilangkan kandungan mineral sebelum air tersebut digunakan dalam suatu industri khususnya industri kimia.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka permasalahan yang akan dipecahkan dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

1. Manakah isian yang paling optimum pada packing kolom isian dengan waktu kontak yang sama pada alat ion exchange untuk proses batch dan proses kontinyu.
2. Bagaimana mendapatkan kondisi optimum pada peralatan ion exchange

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penentuan bahan untuk variabel menggunakan resin kation, anion, dan karbon aktif
2. Jenis pengendali yang digunakan adalah lama waktu kontak yang sama tiap packing kolom

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengentahui pengaruh isian packing kolom ion exchange pada pengolahan air kebutuhan boiler dengan waktu kontak yang sama.
2. Mengetahui isian packing kolom ion exchanger yang paling optimum pada pengolahan air kebutuhan boiler

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Ion Exchanger

Ion exchanger atau resin penukar ion dapat didefinisikan sebagai senyawa hidrokarbon terpolimerisasi yang mengandung ikatan silang (crosslinking) serta gugus-gugus fungsional yang mempunyai ion-ion yang dapat dipertukarkan. Sebagai zat penukar ion resin mempunyai karakteristik yang berguna dalam analisis kimia, antara lain kemampuan menggelembung (swelling), kapasitas penukaran dan selektivitas penukaran. Pada saat dikontakkan dengan resin penukar ion, maka ion terlarut dalam air akan terserap ke resin penukar ion dan resin akan melepaskan ion lain dalam kesetaraan ekuivalen, dengan melihat kondisi tersebut maka dapat mengatur jenis ion yang diikat dan dilepas.

Sebagai media penukar ion, maka resin penukar ion harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

- Kelarutan yang rendah dalam berbagai larutan sehingga dapat digunakan berulang-ulang. Resin akan bekerja dalam cairan yang mempunyai sifat melarutkan, karena itu harus tahan terhadap air.
- Kapasitas yang tinggi, yaitu resin memiliki kapasitas pertukaran ion yang tinggi.
- Kestabilan fisik yang tinggi, yaitu resin diharapkan tahan terhadap tekanan mekanis tekanan hidrostatik cairan serta tekanan osmosis. (Sumber : Anonim, 2014)

B. Prinsip Pertukaran Ion

Ion Penukar ion kebanyakan berupa bahan organik, yang umumnya dibuat secara sintetik. Bahan tersebut sering juga disebut resin penukar ion. Penukar ion mengandung bagian-bagian aktif dengan ion yang dapat ditukar. Bagian aktif semacam itu misalnya adalah:

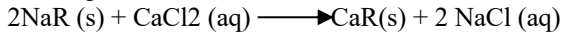
- Pada penukar kation: Kelompok-kelompok asam sulfo – $\text{SO}_3 - \text{H}^+$ (dengan sebuah ion H^+ yang dapat ditukar)
- Pada penukar anion: Kelompok-kelompok amonium kuarterner – $\text{N}^-(\text{CH}_3)_3 + \text{OH}^-$ (dengan sebuah ion OH^- yang dapat ditukar) Pertukaran ion adalah proses

fisika-kimia.

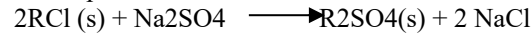
Pada proses tersebut senyawa yang tidak larut, dalam hal ini resin menerima ion positif atau negatif tertentu dari larutan dan melepaskan ion lain kedalam larutan tersebut dalam jumlah ekuivalen yang sama. Jika ion yang dipertukarkan berupa kation, maka resin tersebut dinamakan resin penukar kation, dan jika ion yang dipertukarkan berupa anion, maka resin tersebut dinamakan resin penukar anion.

Contoh reaksi pertukaran kation dan reaksi pertukaran anion disajikan pada reaksi :

Reaksi pertukaran kation:



Reaksi pertukaran anion :



Reaksi pertukaran kation menyatakan bahwa larutan yang mengandung CaCl_2 diolah dengan resin penukar kation NaR , dengan R menyatakan resin. Proses penukaran kation yang diikuti dengan penukaran anion untuk mendapatkan air yang bebas dari ion-ion penyebab kesadahan. Konstanta disosiasi air sangat kecil dan reaksi dari H^+ dengan OH^- sangat cepat. Ketika semua posisi pertukaran yang awalnya dipegang H^+ atau ion OH^- yang menempati Na^+ atau Cl^- (kation atau anion lain) yang masing-masing resin dikatakan habis. Resin kemudian dapat diregenerasi dengan ekuilibrisasi menggunakan asam atau basa yang sesuai.

(Sumber : Anonim, 2015)

C. Kesadahan Air

Tingkat kesadahan di berbagai tempat perairan berbeda-beda, pada umumnya air tanah mempunyai tingkat kesadahan yang tinggi, hal ini terjadi, karena air tanah mengalami kontak dengan batuan kapur yang ada pada lapisan tanah yang dilalui air. Air permukaan tingkat kesadahan-nya rendah (air lunak), kesadahan non karbonat dalam air permukaan bersumber dari kalsium sulfat yang terdapat dalam tanah liat dan endapan lainnya. Tingkat kesadahan air biasanya digolongkan seperti ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel 1. Tingkat Kesadahan Air

| Mg/l CaCO_3 | Tingkat Kesadahan |
|----------------------|---------------------------|
| 0 – 75 | Lunak (soft) |
| 75 – 150 | Sedang (moderately hard) |
| 150 – 300 | Tinggi (hard) |
| >300 | Tinggi sekali (very hard) |

(Sumber : Anonim, 2013)

Tingkat kesadahan air dapat dinyatakan dalam satuan mg/L CaCO_3 atau ppm CaCO_3 atau dalam satuan Grain atau derajat. Hubungan antara satuan-satuan tersebut adalah sebagai berikut :

| | |
|-------------------------|--|
| 1 grain per US gallon | = 1 ° (derajat) = 17,1 ppm CaCO_3 |
| 100 ppm CaCO_3 | = 40 ppm kalsium |
| 1 derajat (Inggris) | = 10 mg CaCO_3 / 0,7 L air = 14,3 mg CaCO_3 / 1 air |
| 1 derajat (Jerman) | = 10 mg CaCO_3 = 17,8 mg CaCO_3 / 1 air |
| 1 derajat (perancis) | = 10 mg CaCO_3 / 1 air |

D. Karbon Aktif

Karbon aktif adalah senyawa karbon yang telah ditingkatkan daya adsorpsinya dengan melakukan proses karbonisasi dan aktivasi. Pada proses tersebut terjadi penghilangan hidrogen, gas-gas dan air dari permukaan karbon sehingga terjadi perubahan fisik pada permukaannya. Aktivasi ini terjadi karena terbentuknya gugus aktif akibat adanya interaksi radikal bebas pada permukaan karbon dengan atom-atom seperti oksigen dan nitrogen. Karbon aktif terdiri dari 87 - 97 % karbon dan sisanya berupa hidrogen, oksigen, sulfur dan nitrogen serta senyawa-senyawa lain yang terbentuk dari proses pembuatan. Volume pori-pori karbon aktif biasanya lebih besar dari 0,2 cm³ /gram. Pada dasarnya karbon aktif dapat dibuat dari semua bahan yang mengandung karbon baik yang berasal dari tumbuh-tumbuhan, binatang maupun barang tambang seperti berbagai jenis kayu, sekam padi, tulang binatang, batu bara, kulit biji kopi, tempurung kelapa, tempurung kelapa sawit dan lain-lain. Bahan-bahan alami tersebut dipreparasi dengan cara karbonisasi dan aktivasi sehingga menghasilkan karbon aktif. Karbon aktif digunakan pada berbagai bidang aplikasi sesuai dengan jenisnya. (Anonim, 2015)

E. Jenis-jenis Resin Penukar Ion

Berdasarkan jenis gugus fungsi yang digunakan, resin penukar ion dapat dibedakan menjadi empat jenis yaitu :

1. Resin penukar kation asam kuat (mengandung gugusan HSO_3) Contoh paling baik dari resin penukar kation asam kuat adalah “principal sulfonated styrene-divinylbenzene copolymer produc” seperti amberlite IRP69 (Rhom dan Haas) dan DOWEX MSC-1 (Dow Chemical). Resin ini dapat digunakan untuk menutup rasa dan aroma zat aktif kationik (mengandung amin) sebelum diformulasi dalam tablet kunyah. Resin ini merupakan produk sferik yang dibuat dengan mensulfonasi butir-butir kopolimer divinilbenzen srien dengan zat pensulfonasi pilihan berupa asam sulfat, asam klorosulfonatoat, atau sulfur trioksida. Penggunaan zat pengembang yang non reaktif umumnya diperlukan untuk pengembangan yang cepat dan seragam dengan kerusakan minimum. Resin penukar kation asam kuat berfungsi diseluruh kisaran pH.
2. Resin penukar kation asam lemah (mengandung gugusan COOH) Resin penukar kation asam lemah yang paling umum adalah yang dibuat dengan tautan silang atau asam karboksilat tak jenuh seperti asam metakrilat dengan suatu zat tautan silang seperti divinilbenzen. Contohnya mencakup DOWEX CCR-2 (DOW chemical) dan Amberlit IRP-65 (Rhom dan Haas). Resin pertukaran kation asam lemah berfungsi pada pH diatas 6.
3. Resin penukar anion basa kuat (mengandung gugusan amina tersier atau kuarterner) Resin penukar anion basa kuat adalah resin amin kuarterner sebagai hasil dari reaksi trietilamin yang kopolimer dari stiren dan divinil benzen yang diklorometilasi, misalnya amberlite IRP-276 (Rhom and Hass), dan DOWEX MSA-A (DOWnChemical). Resin penukar anion basa kuat ini berfungsi diseluruh kisaran pH.
4. Resin penukar anion basa lemah (mengandung OH sebagai gugusan labil). Resin penukar ion basa lemah

dibentuk dengan mereaksikan amin primer dan amin sekunder atau amonia dengan kopolimer stiren dan divinil benzene yang diklorometilasi, biasanya digunakan dimetilamin. Resin penukar anion basa lemah ini berfungsi dengan baik dibawah pH. (Sumber : Imansyah, 2014)

III. BAHAN DAN METODE

A. Alat dan Bahan

Alat

- Seperangkat alat ion exchanger
- Beaker glass 600 ml
- Stop watch
- Buret
- Labu ukur
- Pipet seukuran 25 ml
- Corong gelas
- Beaker glass plastik 1000 mL
- Batang pengaduk
- Gelas ukur 100 mL
- Pipet tetes
- Pengaduk stiter
- Elemeyer 250 ml

Bahan

- Air sample
- Resin kation
- Resin anion
- Karbon Aktif
- Larutan Na₂EDTA.2H₂O
- Indikator EBT
- Kalsium Karbonat
- HCL (1:1)
- MgCl₂.6H₂O
- Larutan Buffer pH 10

B. Prosedur dan Skema Kerja

Prosedur Kerja

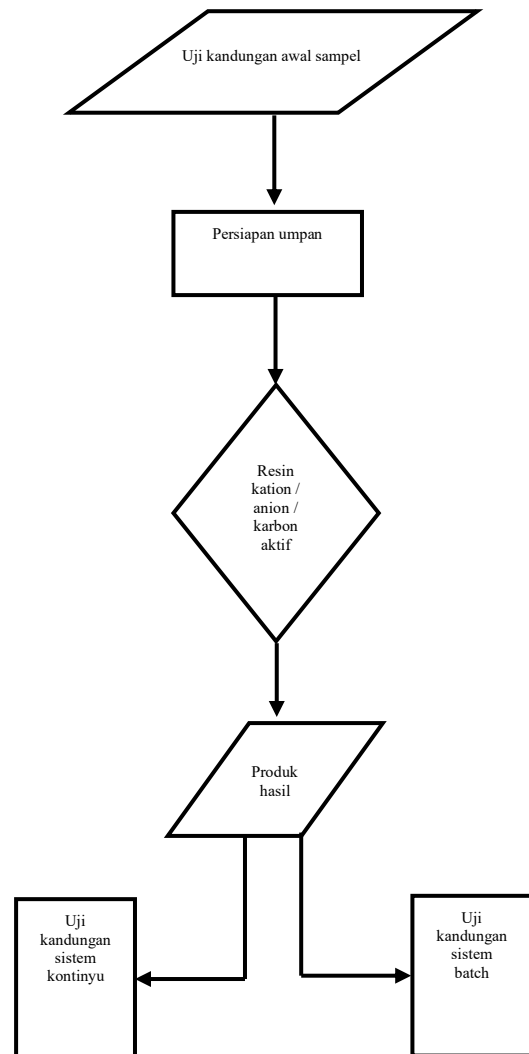
1. Persiapan isian kolom packing

- Mengisiskan kolom isian dengan bahan yang akan diteliti secara bergantian (resin kation, resin anion, dan karbon aktif)
- Mempersiapkan air sample untuk diolah kesadahan

2. Melaksanakan proses ion exchange pada alat ion exchanger

- Menjalankan proses ion exchanger dengan sistem batch
- Mengatur waktu kontak masing - masing bahan isian kolom packing
- Mengambil data hasil pengolahan dan dilakukan analisa kesadahan air

Skema Kerja



IV.

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Analisa

Tabel 1. Sistem Batch volum air sample 500 ml

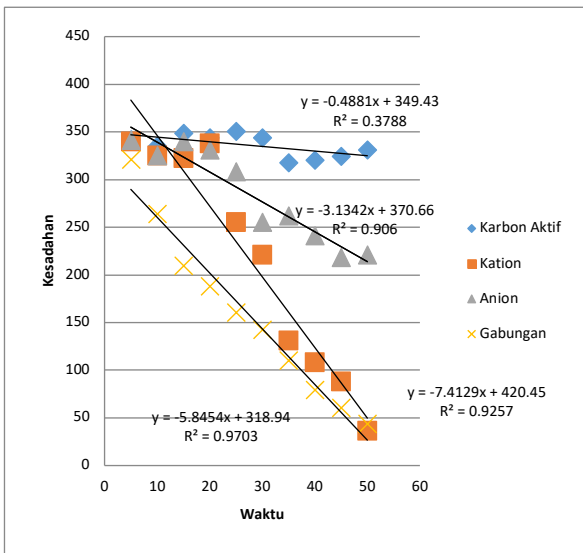
| WAKTU (MENIT) | KESADAHAN AIR (ppm) | | | |
|---------------|---------------------|--------|--------|----------|
| | KARBON AKTIF | ANION | KATION | GABUNGAN |
| 5 | 342.37 | 341.33 | 340.01 | 321.06 |
| 10 | 335.28 | 325.22 | 325.05 | 264.39 |
| 15 | 348.88 | 340.15 | 322.25 | 210.02 |
| 20 | 344.21 | 331.1 | 338.01 | 188.24 |
| 25 | 351.01 | 308.65 | 255.62 | 160.92 |
| 30 | 344.25 | 255.51 | 220.97 | 142.51 |
| 35 | 318.02 | 262.11 | 131.26 | 110.29 |
| 40 | 320.22 | 241.31 | 108.05 | 79.64 |

| | | | | |
|----|--------|--------|-------|-------|
| 45 | 324.28 | 218.28 | 88.52 | 60.58 |
| 50 | 331.59 | 221.02 | 36.23 | 44.21 |

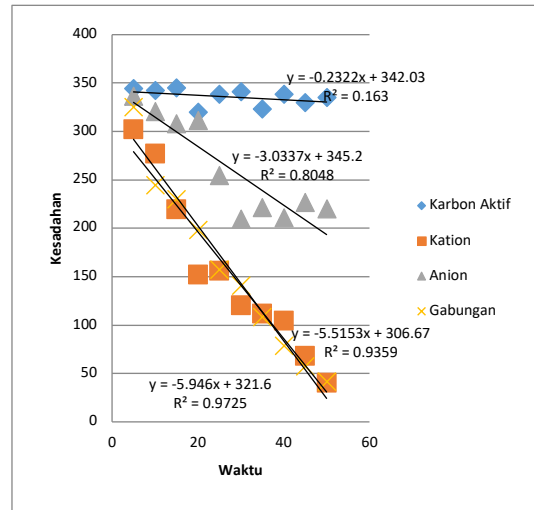
Tabel 2. Sistem kontinue dengan laju alir air sample 1ml/s

| WAKTU (MENIT) | KESADAHAN AIR (ppm) | | | |
|------------------|---------------------|--------|--------|----------|
| | KARBON AKTIF | ANION | KATION | GABUNGAN |
| 5 | 344.13 | 336.1 | 302.01 | 325.06 |
| 10 | 342.12 | 320.31 | 277.05 | 244.39 |
| 15 | 344.88 | 308.11 | 219.25 | 230.02 |
| 20 | 320.15 | 311.2 | 152.01 | 198.24 |
| 25 | 338.18 | 254.27 | 155.62 | 156.92 |
| 30 | 341.25 | 209.18 | 120.18 | 140.51 |
| 35 | 322.97 | 221.13 | 111.28 | 108.29 |
| 40 | 338.2 | 211.01 | 104.02 | 78.64 |
| 45 | 329.53 | 226.34 | 68.17 | 57.58 |
| 50 | 335.07 | 220.08 | 40.43 | 41.21 |

B. Grafik Hasil Data Pengamatan



Gambar 1. Sistem Batch volum air sample 500 ml



Gambar 2. Sistem kontinue dengan laju alir air sample 1ml/s

C. Pembahasan

Dari hasil penelitian yang dilakukan dengan menggunakan berbagai jenis isian kolom packing telah didapatkan berbagai data seperti diatas. Dari data diatas dapat dilihat bahwa untuk isian karbon aktif baik dalam system batch maupun continue tidak memberikan pengaruh yang terlalu besar, dilihat dari grafik yang didapat menunjukkan hasil yang mendatar dari nilai awal 342,37 ppm setelah 50 menit menjadi 331,59 ppm. Berbeda dengan isian kation dan anion kedua isian packing kolom ini dapat memberikan perubahan dari nilai kesadahan air yang diproses untuk isian anion nilai kesadahan awal sebesar 341,33 ppm menjadi 221,02 ppm, tetapi diantara keduanya yang memberikan perubahan yang paling signifikan adalah untuk isian kolom kation yang bisa menurunkan kesadahan yang hampir setengah dari kesadahan air tiap waktunya dari nilai kesadahan awal 340,01 ppm setelah melalui proses selama 50 menit menjadi 36,23 ppm. Untuk hasil analisa yang paling bagus adalah hasil dengan menggabungkan kesemua bahan isian packing kolom. Kesadahan yang dihasilkan bisa turun lebih dari setengah kesadahan air awal yaitu 321,06 ppm setelah diproses selama 50 menit menjadi 44,21 ppm.

Untuk perlakuan proses secara continue hasil yang didapatkan tidak jauh beda dengan yang system batch namun untuk yang continue hasil yang diperoleh lebih bagus dibandingkan dengan batch karena air diproses secara mengalir.kecuali karbon aktif yang kurang memberikan pengaruh terhadap nilai kesadahan air terlihat dari nilai kesadahan awal 344,13 ppm setelah diproses selama 50 menit nilai kesadahannya menjadi 335,07 ppm. Untuk nilai kesadahan hasil proses dengan menggunakan anion menurun dari 336,1 ppm menjadi 220,07 ppm. Dan untuk isian kation tetap menghasilkan penurunan kesadahan yang paling baik diantara keduanya yaitu dari nilai kesadahan awal 302,01 ppm menjadi 40,43 ppm. Hasil untuk isian gabungan juga hasilnya lebih bagus dibandingkan dengan system batch yaitu dari nilai kesadahan awal sebesar 325,06 setelah diproses selama 50 menit turun menjadi 41,21 ppm. System continue ini menguntungkan apabila dilakukan dalam industry sehingga air tidak harus ditampung terlebih dahulu dalam wadah tertentu dahulu sebelum proses, tetapi bisa langsung dialirkan menuju system proses selanjutnya.

VI. KESIMPULAN

Berdasarkan dari pembahasan diatas dapat disimpulkan bahwa :

1. Isian kolom packing mempengaruhi hasil dari kesadahan air yang diproses. Isian kation lebih bagus dibandingkan dengan anion, dan isian karbon aktif kurang memberikan pengaruh pada proses ionexchangepada sehingga kurang memberikan pengaruh hasil penurunan kesadahan air yang diproses.
2. Untuk system batch dan system continue juga menghasilkan perubahan yang berbeda. System continue lebih baikdibandingkan dengan system batch. Semakin lama waktu kontak maka akan semakin turun kesadahan air yang di proses.
3. Perubahan kesadahan air menggunakan karbon aktif awal 344,13 ppm setelah diproses selama 50 menit nilai kesadahannya menjadi 335,07 ppm.. Isian anion menurun dari 336,1 ppm menjadi 220,07 ppm. nilai kesadahan awal kation juga menurun dari kesadahan awal 302,01 ppm menjadi 40,43 ppm. Namun apabila ketiga isian digabung maka hasil proses ion exchangernya lebih maksimal untuk proses continue karena bisa menurunkan kesadahan dari kesadahan awal 325,06 setelah diproses selama 50 menit turun menjadi 41,21 ppm.

VII. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Coulson, JM & JF Richardson. 2002. *Chemical Engineering*. Volume 2.Fifth Edition. *Particle Technology and Separation Processes*.Bath : TheBath Press
- [2] Geankoplis, Christie J. *Transport Processes and Unit Operation*.Second Edition. Allyn and Bacon
- [3] Kister, Henry Z.1990. *ion exchanger*. New York :McGraw Hill Inc
- [4] Woolf, Peter J. 2006. *Chemical Process Dynamics & Control*. Open textbook. Michigan :University of Michigan