

Pengaruh Iradiasi Gamma terhadap Efektivitas Penukar Ion Jenis Amberlite 410

Faiz Zaki Murfid*¹
Moh. Sahindra Rico Pratama²

^{1,2}Politeknik Teknologi Nuklir Indonesia – Badan Riset Inovasi Nasional, Jl. Babarsari Kotak POB 6101/YKKB, Ngentak, Caturtunggal, Kec. Depok, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281
*e-mail: faiz.zaki@polteknuklir.ac.id¹

Abstrak

Pengaruh Iradiasi Gamma Terhadap Eektivitas Penukar Ion Jenis Amberlite 410. Telah dipelajari pengaruh iradiasi sinar gamma terhadap resin penukar anion jenis Amberlite 410 Cl. Daya serap resin diukur berdasarkan selisih ion OH- sebelum dan sesudah penjarapan dalam larutan NaOH. Dosis iradiasi yang digunakan sebesar 0 kGy; 5 kGy; 10 kGy; dan 15 kGy. Hasil penelitian menunjukkan bahwa iradiasi dapat memberikan efek langsung dan tidak langsung terhadap daya serap resin. Penurunan penjerapan ion ini dibuktikan dengan semakin menurunnya nilai %OH- terjerap seiring bertambahnya dosis iradiasi. Nilai % OH- terjerap pada dosis 0 kGy, 5 kGy, 10 kGy, 15 kGy secara berturut turut yaitu 45,437%; 29,691%; 18,155%; 8,612%. Dengan demikian, semakin tinggi dosis iradiasi yang digunakan, daya serap penukar ion akan semakin menurun.

Kata kunci: iradiasi gamma, penukar ion, Amberlite 410Cl

Abstract

The Effect of Gamma Irradiation on the Effectiveness of the Amberlite 410 Type Ion Exchanger. The effect of gamma ray irradiation on the Amberlite 410Cl type anion exchange resin has been studied. The absorption capacity of the resin is measured based on the difference in OH- ions before and after entrapment in the NaOH solution. The irradiation dose used was 0 kGy; 5 kGy; 10 kGy; and 15 kGy. The research results show that irradiation can have direct and indirect effects on the absorption capacity of the resin. This decrease in ion adsorption is evidenced by the decreasing value of % OH absorbed as the irradiation dose increases. The value of % OH absorbed at doses of 0 kGy, 5 kGy, 10 kGy, 15 kGy respectively is 45.437%; 29.691%; 18.155%; 8.612%. Thus, the higher the irradiation dose used, the more the ion exchange absorption capacity will decrease.

Keywords: gamma irradiation, ion exchange, Amberlite 410Cl

PENDAHULUAN

Teknik pemisahan adalah salah satu metode dalam analisis kimia untuk menghilangkan atau memisahkan suatu analit dalam suatu matriks sampel. Dalam kimia analitik ada beberapa teknik pemisahan yang bersifat konvensional dan instrumentasi. Beberapa teknik pemisahan yang dikenal adalah teknik ekstraksi yang meliputi ekstraksi cair-cair, ekstraksi padat cair, dan pertukaran ion (Asnadi, et. al., 2019). Pertukaran ion adalah proses dimana satu bentuk ion dalam senyawa dipertukarkan untuk beberapa bentuk, yaitu kation ditukar dengan kation dan anion ditukar dengan anion (Setiawan & Purwoto, 2019). Kapasitas penukar ion ditentukan oleh jumlah gugus fungsional per-satuan massa resin (Kosim, et. al., 2021). Resin penukar ion dapat didefinisikan sebagai senyawa hidrokarbon terpolimerisasi yang mengandung ikatan hubung silang (crosslinking) serta gugus fungsional yang mempunyai ion-ion yang dapat dipertukarkan (Nugraha, et. al., 2008; Gokhle, et. al., 1987). Resin penukar ion merupakan suatu polimer yang terdiri dari dua bagian yaitu struktur fungsional dan matrik resin yang sukar larut. Pada umumnya senyawa yang digunakan untuk kerangka dasar resin penukar ion adalah senyawa polimer stiren divinilbenzena (Lestari, et. al., 2007). Terdapat 2 jenis penukar ion yang digunakan, yaitu penukar kation dan penukar anion.

Resin penukar ion telah menjadi solusi yang luas dan diterapkan di berbagai bidang, seperti dalam Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) yang mengandalkan resin penukar ion dalam berbagai aktivitas seperti pemurnian air pendingin primer, pengolahan limbah primer,

pengolahan air kolam penyimpanan bahan bakar, pengolahan limbah cair, dan lain lain (Voena, 2002).. Ketika resin digunakan pada kondisi tersebut, resin penukar ion akan mendapatkan paparan radiasi gamma yang bersumber dari berbagai radionuklida (Saryati, 1983). Apabila suatu materi berinteraksi dengan radiasi akan menimbulkan perubahan baik secara kimia maupun fisika. Secara kimia, perubahan tersebut dapat diketahui pada perubahan gugus polimer resin akibat efek radiasi. Secara fisika, radiasi kemungkinan akan memberikan perubahan terhadap warna resin yang digunakan. Perubahan ini selalu bergantung kepada banyaknya dosis yang diterima, laju dosis, energi radiasi dan materi itu sendiri. Perubahan ini tentunya akan mempengaruhi efektivitas resin dalam melakukan penjerapan.

Variabel penting dari resin penukaran ion yang mempengaruhi efektivitas resin dalam melakukan pertukaran ion adalah banyaknya ikatan silang. Banyaknya ikatan silang menunjukkan banyaknya divinil benzene di dalam polimer dan akan membuat resin menjadi semakin selektif dan semakin lambat dalam proses difusi ion (Saryati, 1983). Apabila resin penukar ion berinteraksi dengan sinar radiasi gamma maka ia akan menyerap tenaga sinar itu. Semua resin yang mengandung polimer yang telah dipelajari akan mengalami ionisasi dan oksidasi dan dilanjutkan oleh beberapa kemungkinan reaksi yang akan terjadi (Dano, 1970). Reaksi dibedakan mejadi dua macam yaitu raksi pemutusan ikatan lebih dominan atau reaksi penggabungan lebih dominan. Pada umumnya kedua macam reaksi tersebut terjadi secara bersama sama di dalam resin yang diiradiasi. Tidak ada aturan pasti untuk menentukan apakah suatu resin yang diiradiasi akan mengalami reaksi penggabungan atau pemutusan ikatan. Reaksi tersebut hanya didasarkan pada percobaan.

Resin Amberlite 410 Cl adalah salah satu jenis resin penukar ion yang dapat digunakan sebagai kolom penukar ion dalam suatu instalasi nuklir. Penggunaan resin dalam kolom penukar ion digunakan untuk pengolahan dan pemurnian air pendingin primer, maupun air pendingin sekunder pada PLTN. Hal tersebut menjadi komponen yang sangat penting, karena umumnya unsur radioaktif dalam kedua pendingin tersebut terdisosiasi dalam bentuk ion. Penukaran ion OH^- terhadap ion Cl^- yang dimiliki oleh resin akan berlangsung dalam paparan radiasi yang dihasilkan oleh radionuklida instalasi nuklir yang dapat mempengaruhi kinerja dari resin Amberlite 410 Cl. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan iradiasi terhadap resin amberlite 410 Cl untuk mengamati pengaruh radiasi terhadap daya serap resin Amberlite 410 Cl.

METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam percobaan ini adalah aquadest, NaOH, dan resin Amberlite 410 (Cl). Sementara alat yang digunakan pada percobaan ini adalah plastik klip, irradiator gamma, sendok sungsu, pH meter, neraca analitik, gelas beaker, dan kertas timbang.

Cara Kerja

Langkah-langkah untuk mengetahui pengaruh iradiasi gamma terhadap efektivitas resin penukar ion Amberlite 410 Cl dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Preparasi sampel

Resin amberlite 410 (Cl) ditimbang sebanyak dua gram dan dilakukan empat kali penimbangan untuk mendapatkan empat buah sampel. Masing-masing sampel dimasukkan kedalam plastik klip dan dilabeli dengan 0 kGy, 5 kGy, 10 kGy, dan 15 kGy.

2. Iradiasi sampel

Resin diiradiasi sesuai dengan dosis pada masing- masing sampel yaitu 0 kGy, 5 kGy, 10 kGy, dan 15 kGy.

3. Analisis sampel hasil iradiasi

Larutan NaOH dibuat pada empat gelas beaker dengan masing masing gelas memiliki konsentrasi 0,1 M dan volume 40 mL. Larutan NaOH diukur pH dan dicatat hasil pengukuran menggunakan pH meter. Larutan NaOH dan masing-masing sampel resin dimasukkan kedalam larutan NaOH sehingga terdapat campuran larutan NaOH dengan resin. Campuran larutan diaduk selama 40 menit. Resin dipisahkan dari campuran larutan dan larutan NaOH

dilakukan pengukuran pH kembali. Analisis data dilakukan terhadap nilai pH yang diperoleh untuk menentukan nilai %OH⁻ terjerap melalui persamaan berikut

$$pOH = 14 - pH \quad 1.$$

$$pOH = -\log [OH^-] \quad 2.$$

$$\text{Persentase OH}^- \text{ terserap} = \frac{A - B}{A} \times 100 \quad 3.$$

Dengan:

A = Kadar OH⁻ sebelum pengadukan resin

B = Kadar OH⁻ setelah pengadukan dengan resin

4. Penentuan tetapan kesetimbangan

Penentuan tetapan kesetimbangan dapat diperoleh dari perbandingan konsentrasi antara produk dan reaktan pada kondisi setimbang. Penentuan tetapan kesetimbangan dapat dicari melalui persamaan berikut ini :

$$K_c = \frac{[ROH^-][Cl^-]}{[RCl^-][OH^-]} \quad 4.$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Salah satu jenis resin yang sering digunakan saat ini adalah resin Amberlite 410 (Cl) yang memiliki struktur dasar polisteren yang saling berikatan silang dan memiliki efisiensi regenerasi yang sangat baik. Polisteren merupakan kopolimerisasi sterene dan divenil benzene. Resin ini sangat cocok untuk digunakan dalam proses demineralisasi air. Hingga saat ini, resin banyak digunakan pada Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir untuk berbagai keperluan seperti pemurnian air pendingin primer, pengolahan limbah primer, pengolahan air kolam penyimpanan bahan bakar, pengolahan limbah cair. Hal tersebut dapat memberikan potensi terhadap penggunaan resin amberlite 410 Cl yang merupakan salah satu jenis resin anion kuat dengan daya serap yang tinggi dan mampu melakukan tugasnya pada pH tinggi atau basa kuat. Dengan keunggulan yang dimilikinya, resin Amberlite 410 Cl dapat digunakan sebagai pemurnian air primer maupun sekunder, serta pengolahan limbah cair yang dihasilkan oleh reaktor PLTN.

Pada percobaan ini, dilakukan proses iradiasi terhadap resin penukar ion Amberlite 410 (Cl) dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh radiasi terhadap efektivitas resin berupa daya serap resin. Variabel penting untuk mengetahui daya serap suatu resin adalah banyaknya ikatan silang (*crosslinking*) yang dimiliki. Semakin besar derajat ikatan silang suatu resin maka semakin selektif dan semakin lambat proses pertukaran ion dari dan ke dalam resin. Penelitian dilakukan dengan mengukur perubahan konsentrasi larutan NaOH yang dilakukan pengadukan bersamaan dengan resin dengan pH awal 12,493. Penggunaan larutan basa dikarenakan resin Amberlite 410 Cl merupakan resin anion kuat yang memiliki daerah kerja optimal pada pH tinggi atau basa kuat. Pengukuran daya serap resin terhadap larutan NaOH menggunakan instrument pH meter yang dapat memberikan nilai pH pada larutan baik sebelum dan setelah penjerapan oleh resin itu sendiri. Nilai pH yang diperoleh digunakan untuk mengetahui kadar OH⁻ yang terjerap dengan mengubah nilai pH tersebut kedalam konsentrasi OH⁻ menggunakan persamaan 1 dan 2. Dengan melakukan perbandingan terhadap konsentrasi OH⁻ sebelum dan setelah pengadukan dengan resin maka dapat diketahui persentase OH⁻ yang terserap oleh resin atau seperti yang ditunjukkan oleh persamaan 3. Radiasi dilakukan terhadap resin Amberlite 410 (Cl) dengan sumber radionuklida Co-60 yang terdapat di fasilitas irradiator Poltek Nuklir – BRIN pada rentang dosis 0 kGy, 5 kGy, 10 kGy, dan 15 kGy. Adapun reaksi yang terjadi pada saat penjerapan resin terhadap ion OH⁻ ditunjukkan sebagai berikut.

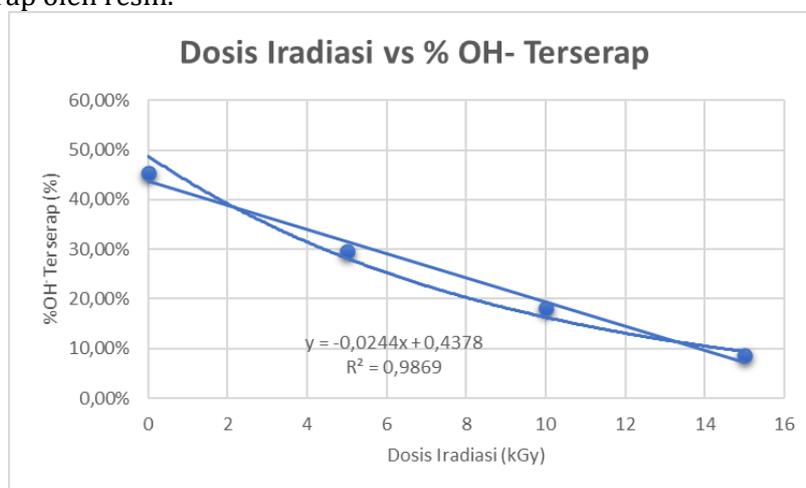


Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Pengamatan Penjerapan Resin

Dosis	Nilai pH	Kadar OH- sebelum pengadukan dengan resin (A)	Kadar OH- setelah pengadukan dengan resin (B)	A-B	Persentase OH- Terseerap
Larutan NaOH awal	12,493	3,112.10 ⁻² M	-	-	-
0 kGy	12,23	3,112.10 ⁻² M	1,698.10 ⁻² M	0,01414 M	45,437%
5 kGy	12,34	3,112.10 ⁻² M	2,188.10 ⁻² M	0,00924 M	29,691%
10 kGy	12,406	3,112.10 ⁻² M	2,547.10 ⁻² M	0,00565 M	18,155%
15 kGy	12,454	3,112.10 ⁻² M	2,844.10 ⁻² M	0,00268 M	8,612%

Berdasarkan hasil analisis di atas, dapat diketahui bahwa radiasi gamma dapat menurunkan daya serap resin Amberlite 410 (Cl). Hal ini sejalan dengan penelitian Saryati (1983) yang memberikan perlakuan iradiasi terhadap resin penukar ion dowex 50 untuk menyerap uranium dimana semakin tinggi dosis radiasi yang diterima resin, semakin menurun nilai persentase penjerapan yang berlangsung. Penurunan nilai penjerapan tersebut kemungkinan disebabkan oleh perubahan gugus aktif resin akibat iradiasi. Iradisi secara langsung dapat mengakibatkan eksitasi dan ionisasi pada struktur resin sehingga menyebabkan terjadinya reaksi ikatan silang sesama pada resin. Resin yang memiliki derajat ikat silang yang tinggi akan membentuk resin yang lebih kuat namun derajat ikatan silang ini akan mengurangi ketersediaan gugus aktif pada permukaan resin untuk penukaran dengan ion dalam larutan. Selain diakibatkan oleh radiasi langsung, perubahan struktur resin juga disebabkan oleh radiasi tidak langsung yaitu oleh aktifitas radiolisis media materi tersebut. Adanya kandungan air di dalam resin memungkinkan radikal bebas hasil radiolisis air mengubah gugus fungsional resin dan terjadi reaksi penggabungan silang antara dua polimer sehingga kemampuan daya serap terhadap OH- menurun. Penurunan penjerapan ion ini dibuktikan dengan semakin menurunnya nilai %OH terjerap seiring bertambahnya dosis iradiasi. Nilai % OH terjerap pada dosis 0 kGy, 5 kGy, 10 kGy, 15 kGy secara berturut turut yaitu 45,437%; 29,691%; 18,155%; 8,612%. Hal itu semakin menunjukkan bahwa iradiasi dapat menurunkan kualitas dari penjerapan resin terhadap ion di dalam larutan dimana semakin tinggi dosis radiasi yang diberikan maka semakin kecil persentase OH- yang terseerap oleh resin.



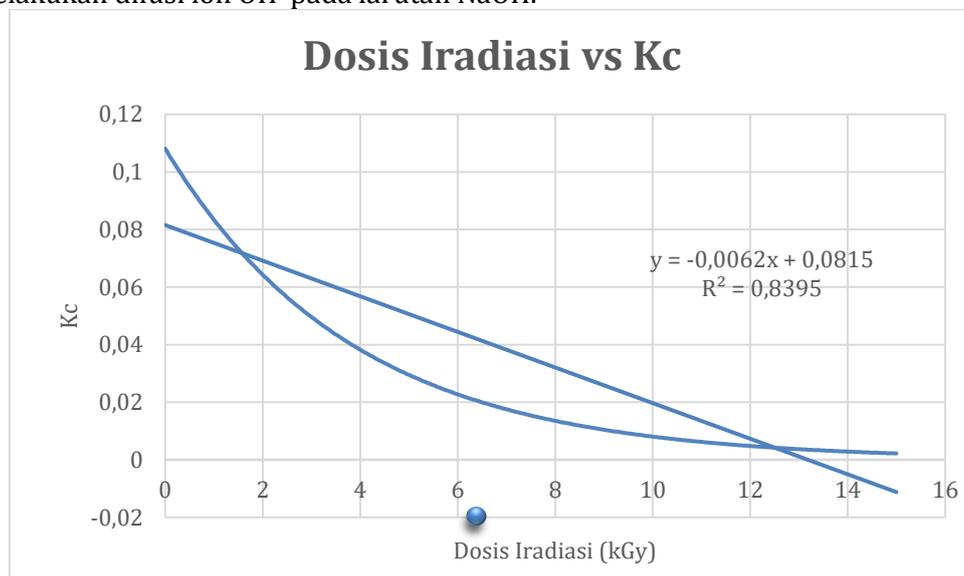
Gambar 1. Grafik Hubungan Dosis dan Persen OH Terjerap

Pengaruh iradiasi terhadap daya serap resin juga dapat diketahui melalui tetapan konstanta kesetimbangan (Kc) penyerapan yang dapat diperoleh dari perbandingan konsentrasi antara produk dan reaktan pada kondisi setimbang. Tetapan kesetimbangan (Kc) adalah nilai konstanta kesetimbangan dalam hukum kesetimbangan kimia yang menghubungkan konsentrasi produk dan reaktan dalam suatu reaksi kesetimbangan. Tetapan kesetimbangan dilakukan untuk menentukan apakah suatu reaksi kimia berjalan ke arah produk atau reaktan. Hal ini menjadi penting untuk diketahui agar mendapatkan informasi terkait kesetimbangan reaksi yang terjadi antara resin dan ion OH⁻ di dalam larutan. Tetapan kesetimbangan diperoleh melalui persamaan 4 dengan hasil yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan seperti berikut.

Tabel 2. Nilai Tetapan Kesetimbangan (Kc)

Dosis	Kc
0 kGy	0,0978
5 kGy	0,0312
10 kGy	0,0097
15 kGy	0,0019

Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan Nilai Kc yang dihasilkan pada semua variasi sampel menunjukkan nilai dibawah satu. Hal ini menandakan bahwa konsentrasi produk jauh lebih kecil daripada konsentrasi reaktan atau reaksi cenderung berlangsung mengarah ke arah reaktan yang dalam hal ini adalah ion hidroksil. Penurunan daya serap resin juga ditunjukkan dengan penurunan nilai tetapan kesetimbangan reaksi seiring bertambahnya dosis iradiasi. Nilai Kc pada dosis 0 kGy, 5 kGy, 10 kGy, 15 kGy secara berturut turut yaitu 0,0978; 0,0312; 0,0097; dan 0,0019. Hal ini sesuai dengan hasil pengukuran dimana ion hidroksil berada disisi reaktan menunjukkan adanya peningkatan kadar ion hidroksil pada resin seiring dengan meningkatnya dosis yang diberikan. Peningkatan kadar ion hidroksil ini akan menurunkan nilai tetapan kesetimbangan dari masing-masing reaksi karena menurunnya daya jerap resin. Hal ini kemungkinan dapat disebabkan terjadinya *crosslinking* pada resin yang dapat menghambat resin dalam melakukan difusi ion OH⁻ pada larutan NaOH.



Gambar 2. Grafik Hubungan Dosis Iradiasi dengan Kc

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi dosis iradiasi yang diberikan mengakibatkan daya serap resin akan semakin menurun

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada Bapak Sugili Putra, M.Sc selaku dosen pembimbing mata kuliah Praktikum Kimia Radiasi atas bimbingan yang telah diberikan untuk pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Asnadi, C., Enriyani, R., Muhamad, R. (2019). Kajian Analitik pada Pemisahan Ion Timbel Menggunakan Resin Lewatit K-2621, WARTA AKAB, Vol. 43, No.2, hal 10-13.
- Danno, A. (1970). Radiation Effect on Polymer. The regional training course on industrial radiation processing. Takasaki: IAEA-JAERI.
- GOKHLE, A.S., et.al. (1987). Ion Exchange Resin for Water Purification: Properties and Characterization. Bombay-India : Water Chemistry Division Bhabha Atomic Research Centre.
- Kosim, M.E., Prambudi, D., dan Siskayanti, R. (2021). Analisis Efisiensi Penukar Ion Sistem Demineralisasi Pada Pengolahan Air di Proses Produksi Electroplating, Jurnal UMJ, hal 1-7.
- Lestari, D. E., Utomo, S. B., Pujiarta, S. (2014). Uji Kemampuan Resin Penukar Ion Sistem Purifikasi Air Pendingin Primer Reaktor RSG-Gas Menggunakan Air Bekas Pencucian Batu Topas, Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Aplikasi Reaktor Nuklir PRSG Tahun 2014, PRSG BATAN, hal 71-81.
- Nugraha, H., dkk. (2008). Analisis Limbah Resin di Reaktor Serba Guna GA. Siwabessy, Prosiding Seminar Nasional IV SDM teknologi nuklir, STTN, Yogyakarta.
- Saryati. (1983). Pengaruh Radiasi Sinar Gamma Terhadap Resin Penukar Ion. Yogyakarta: PPBMI BATAN.
- Setiawan, A., Purwoto, S. (2019). Pengolahan Air Tanah Berbasis Treatment Resin Penukar Ion, Zeolit dan Sinar UV, Jurnal Teknik WAKTU, Vol. 17, No.2, hal 19-28.
- Technical Reports Series No. 408. (2002). Application of Ion Exchange Processes for the Treatment of Radioactive Waste and Management of Spent Ion Exchangers. Viena: IAEA.