

Pengaruh Suhu, Konsentrasi HNO_3 dan NH_4OH pada Aktivasi Arang Tempurung Kelapa sebagai Adsorben Radionuklida ^{131}I dan $^{32}\text{PO}_4^{=}$

Widya Rosita¹, Susetyo Hario Putero², Mey Ekowati³

^{1,2} Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknik-UGM

Jl. Grafika No. 2 Kampus UGM Yogyakarta 55281

³ Alumnus Teknik Fisika, Fakultas Teknik-UGM

Abstract

The study focusses on influence of physical activation (temperature) and chemical activation (HNO_3 concentration, NH_4OH concentration) on coconut charcoal capability to adsorp radionuclide ^{32}P and ^{131}I , in anionic form. The result indicated that physical activation (temperature) gives a significant decontamination factor meanwhile chemical activation (HNO_3 and NH_4OH concentration) doesnot provide a significant decontamination factor. The best results is obtained if coconut charcoal is dried at 600°C and reacted with 1, 75 M HNO_3 .

Keywords: Radionuclide, activation, dicontamination charcoal.

1. Pendahuluan

Proses daur bahan bakar nuklir akan menghasilkan limbah radioaktif cair dan padat yang bervariasi, mulai dari aktivitas rendah sampai tinggi. Penanganan dilakukan secara bertahap mulai saat dihasilkan limbah sampai pada penyimpanan lestari, yang meliputi pengelompokan, penyimpanan sementara, pengolahan dan immobilisasi serta *conditioning*. Pengolahan limbah cair dapat dilakukan antara lain dengan cara evaporasi, pertukaran ion dan adsorpsi. Proses pengolahan limbah radioaktif dengan metode pertukaran ion biasanya menggunakan resin penukar ion, namun harga resin cukup mahal sehingga perlu dicari alternatif lain yang dapat digunakan sebagai penukar ion.

Bahan alternatif yang mulai banyak digunakan saat ini untuk memisahkan radionuklida dari larutannya adalah bahan-bahan alamiah seperti bentonit, zeolit dan arang aktif. Pada penelitian ini akan digunakan karbon aktif dari arang tempurung kelapa sebagai adsorben untuk memisahkan radionuklida ^{131}I dan $^{32}\text{PO}_4^{=}$. Pemilihan tempurung kelapa sebagai bahan dasar pembuatan karbon aktif didasarkan pada pertimbangan bahwa tempurung kelapa mudah didapat serta murah harganya. Jika selama ini penelitian tentang zeolit

dan bentonit menunjukkan bahwa keduanya bersifat sebagai adsorben dan penukar kation, maka pada penelitian ini ingin diketahui pengaruh aktivasi fisis dan kimia terhadap kemampuan karbon aktif dari arang tempurung kelapa sebagai adsorben dan sebagai penukar anion.

2. Fundamental

Pada dasarnya, proses pemisahan radiokimia tidak jauh berbeda dengan cara-cara pemisahan kimia biasa. Beberapa teknik pemisahan radiokimia yang sering digunakan, antara lain adalah: ekstraksi pelarut atau ekstraksi cair-cair, pertukaran ion, adsorpsi, distilasi atau penyulingan (Ridwan, 1978).

Besar kecilnya daya adsorpsi dipengaruhi antara lain oleh jenis adsorben, jenis adsorbat, luas permukaan adsorben, konsentrasi dan pH larutan adsorbat, serta suhu dan tekanan adsorpsi. Semakin besar luas permukaan adsorben, konsentrasi adsorbat, dan tekanan adsorpsi, maka semakin besar pula daya adsorpsinya (Sayekti, 1999).

Karbon aktif adalah karbon yang telah diaktifkan sehingga mempunyai daya adsorpsi yang tinggi terhadap warna, bau, zat-zat beracun,

dan zat-zat kimia lainnya. (Jankowska dkk., 1991). Prinsip dasar pembuatan karbon aktif menurut Cheremisinoff (1978) adalah proses pirolisis bahan, yaitu pembakaran tanpa atau dengan sedikit oksigen. Jadi, pembakaran dilakukan tanpa berhubungan dengan udara luar sehingga akan terjadi dekomposisi komponen-komponen dalam bahan (Rachmanto, 1997). Karbon hasil pirolisis tersebut membentuk kristal yang tidak teratur dengan celah-celah kristal yang ditempati oleh zat-zat hasil dekomposisi tar yang terbentuk selama proses karbonisasi. Zat-zat tersebut menutupi pori-pori karbon sehingga karbon hasil karbonisasi hanya mempunyai luas permukaan yang kecil dan daya adsorpsi yang rendah (Jankowska dkk., 1991). Untuk membentuk pori-pori dan menambah luas permukaan karbon, maka zat-zat yang menutupi pori-pori pada permukaan karbon, yakni senyawa volatil dan tar yang dihasilkan dari proses karbonisasi, harus dihilangkan dengan cara aktivasi.

Menurut Wigmans dkk. (1985), aktivasi dapat dilakukan melalui :

- a. Aktivasi kimia, yaitu menambahkan zat-zat yang dapat mengubah produk tar pada karbon hasil karbonisasi
- b. Aktivasi fisis atau gasifikasi, yaitu menggunakan uap air atau CO₂ atau kombinasi keduanya sebagai zat pengaktivasi (Wuryandari, 2000).

Dari penelitian Rachmanto (1997) tentang aktivasi karbon tempurung kelapa yang berukuran -100+80 mesh, diketahui bahwa semakin tinggi suhu aktivasi fisis dan konsentrasi HCl sebagai bahan pengaktivasi kimianya, maka jumlah logam-logam pengotor yang tercuci semakin banyak sehingga daya jerapnya juga semakin besar. Penelitian untuk mengetahui pengaruh lamanya aktivasi kimia terhadap daya jerap karbon aktif tempurung kelapa telah dilakukan oleh Meilyany (1995) dengan hasil bahwa terjadi peningkatan daya jerap akibat peningkatan lamanya aktivasi kimia. Waktu optimum aktivasi kimia yang diperoleh dari penelitian tersebut adalah sama untuk pelarut air, HCl 1 M, serta (NH₄)₂CO₃ 0,25 M, 0,5 M, dan 1 M, yaitu selama 25 jam.

Beberapa penelitian tentang adsorpsi zat radioaktif oleh karbon aktif telah dilakukan, antara lain oleh Isman dan Sukasrono (1993) tentang adsorpsi limbah uranium cair fase organik dengan karbon aktif tempurung kelapa diperoleh hasil yaitu Faktor Dekontaminasi 4,704

Penelitian tentang adsorpsi limbah Sr cair dengan arang tempurung kelapa secara sinambung telah dilakukan oleh Subiyanta (1996). Hasilnya menunjukkan bahwa arang tempurung kelapa yang telah diaktivasi mempunyai kemampuan adsorpsi yang lebih baik daripada arang tempurung kelapa yang tidak diaktivasi. Dimana pada proses penjerapan ion Sr²⁺ maka ion ini berfungsi sebagai akseptor elektron sedang gugus fungsional pada permukaan karbon aktif bertindak sebagai donor elektron. Karena adanya peristiwa tersebut maka ion Sr²⁺ akan berikatan dengan gugus fungsional pada permukaan karbon.

Ukuran keberhasilan proses pemisahan radiokimia biasanya dinyatakan dengan FD (Faktor Dekontaminasi). FD menyatakan perbandingan aktivitas umpan sebelum mengalami proses adsorpsi dengan aktivitas umpan setelah mengalami proses adsorpsi.

$$FD = A_o / A_t$$

Dengan A_o = aktivitas jenis sampel sebelum proses adsorpsi (Bq/l)

A_t = aktivitas jenis sampel setelah proses adsorpsi (Bq/l)

3. Metodologi

Alat : Gelas beker, pipet effendrop, sentrifuge, planset dan aluminium foil, kertas saring, oven, detektor Geiger Muller, Furnace Carbolite 1600°C

Bahan : Arang tempurung kelapa, larutan Na¹³¹I, Larutan NaH₂³²PO₄, kristal NaH₂³²PO₄, Kristal NaI, kristal NaCl, larutan NH₄OH, larutan HNO₃, aquades.

Cara kerja

1. Aktivasi

a) Aktivasi Fisis

Arang tempurung kelapa ukuran -80 mesh + 100 mesh dipanaskan dengan variasi suhu (600, 700, 800 dan 900 °C) selama 2 jam, yang bertujuan untuk menguapkan air yang terperangkap dalam pori-pori kristal arang tempurung kelapa sehingga jumlah pori-pori dan luas permukaannya bertambah

b) Aktivasi Kimia

b.1. Aktivasi Kimia dengan HNO₃

Arang tempurung kelapa yang telah diperoleh pada langkah 1.a. diambil sebanyak 5 gram kemudian direndam dalam 250 ml larutan HNO₃ dengan variasi konsentrasi 1 M; 1,25 M; 1,5 M dan 1,75 M selama 24 jam. Setelah itu arang tempurung kelapa dicuci dengan aquades sebanyak 3 kali kemudian dikeringkan pada suhu 110 °C selama 1 jam.

b.2. Aktivasi Kimia dengan NH₄OH

Arang tempurung kelapa yang telah diperoleh pada langkah 1.a. diambil sebanyak 5 gram kemudian direndam dalam 250 ml larutan NH₄OH dengan variasi konsentrasi 1 M; 1,25 M; 1,5 M dan 1,75 M selama 24 jam. Setelah itu arang tempurung kelapa dicuci dengan aquades sebanyak 3 kali kemudian dikeringkan pada suhu 110 °C selama 1 jam.

2. Pembuatan larutan standar

a) Pembuatan Larutan Standar ¹³¹I

Kristal NaI dilarutkan dalam aquades sehingga diperoleh larutan NaI dengan konsentrasi 0,03 M. Kemudian diambil 600 ml Larutan NaI dan ditambah Na¹³¹I sebanyak 600 µl. Larutan ini disebut larutan standar Na¹³¹I.

Larutan standar Na¹³¹I diambil sebanyak 200 µl lalu dimasukkan ke dalam planset kemudian dikeringkan. Sampel tersebut dicacah dengan menggunakan detektor Geiger Muller untuk mengetahui besarnya aktivitas awal (A₀).

b) Pembuatan Larutan Standar ³²P

Kristal NaH₂PO₄ dilarutkan dalam aquades sehingga diperoleh larutan NaH₂PO₄ dengan konsentrasi 0,03 M. Sebanyak 600 ml larutan NaH₂PO₄ ditambahkan NaH₂³²PO₄ sebanyak 600 µl. Larutan ini disebut larutan standar NaH₂³²PO₄.

Larutan standar NaH₂³²PO₄ diambil sebanyak 200 µl, lalu dimasukkan ke dalam planset kemudian dikeringkan. Sampel tersebut dicacah dengan menggunakan detektor Geiger Muller untuk mengetahui besarnya aktivitas awal (A₀).

3. Pengaruh variasi suhu, konsentrasi HNO₃ dan konsentrasi NH₄OH pada adsorpsi ³²PO₄³⁻.

Arang tempurung kelapa yang sudah diaktivasi fisis dengan berbagai variasi suhu dan diaktivasi kimia dengan berbagai variasi konsentrasi HNO₃ sebanyak 0,5 gram kemudian ditambahkan larutan umpan NaH₂³²PO₄ sebanyak 10 ml. Setelah itu campuran ini *disentrifuge* selama 5 menit dan diambil efluennya sebanyak 200 µl, lalu dimasukkan ke dalam planset dan dikeringkan selama 5 menit. Kemudian sampel dicacah dengan menggunakan detektor Geiger Muller.

Dengan cara yang sama percobaan dilanjutkan dengan arang tempurung kelapa yang sudah diaktivasi fisis dengan berbagai variasi suhu dan diaktivasi kimia dengan berbagai variasi konsentrasi NH₄OH. Dari data penelitian ini dapat dihitung faktor dekontaminasi (FD).

4. Pengaruh variasi suhu, konsentrasi HNO₃ dan konsentrasi NH₄OH pada adsorpsi ¹³¹I.

Arang tempurung kelapa yang sudah diaktivasi fisis dengan berbagai variasi suhu dan diaktivasi kimia dengan berbagai variasi konsentrasi HNO₃ diambil sebanyak 0,5 gram kemudian ditambahkan larutan umpan Na¹³¹I sebanyak 10 ml. Kemudian campuran ini *disentrifuge* selama 5 menit dan diambil efluennya sebanyak 200 µl, lalu dimasukkan ke dalam planset dan dikeringkan selama 5 menit. Sampel dicacah dengan menggunakan detektor Geiger Muller.

Dengan cara yang sama percobaan dilanjutkan dengan arang tempurung kelapa yang sudah diaktivasi fisis dengan berbagai variasi suhu dan diaktivasi kimia dengan berbagai variasi konsentrasi NH_4OH . Dari data penelitian ini dapat dihitung faktor dekontaminasi (FD)

4. Hasil dan Pembahasan

1. Pengaruh konsentrasi HNO_3 pada adsorpsi radionuklida $^{32}\text{PO}_4^-$ dan $^{131}\text{I}^-$

Tujuan aktivasi kimia adalah membersihkan permukaan pori, mencuci logam-logam yang terdapat pada gugus fungsional pada arang tempurung kelapa.

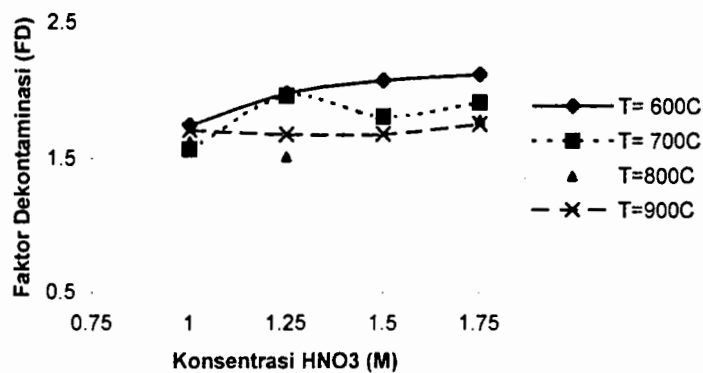
Hasil penelitian untuk mengetahui adanya pengaruh konsentrasi HNO_3 pada adsorpsi $^{32}\text{PO}_4^-$ dan $^{131}\text{I}^-$ dapat dilihat pada tabel 1 dan tabel 2, gambar 1 dan gambar 2.

Tabel 1. Pengaruh suhu dan konsentrasi HNO_3 terhadap Faktor Dekontaminasi pada adsorpsi $^{32}\text{PO}_4^-$

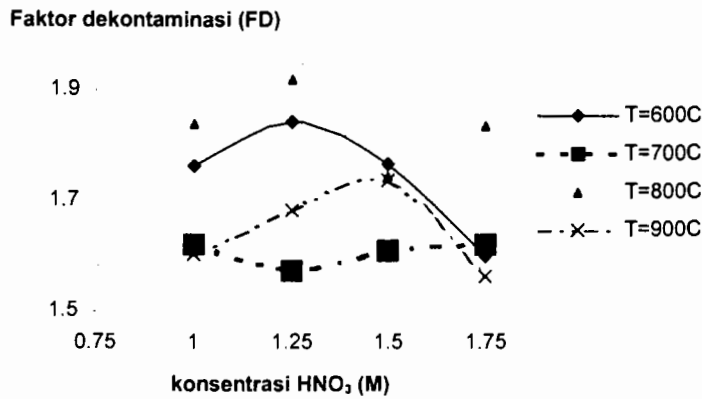
Suhu \ Konsentrasi	600 °C	700 °C	800 °C	900 °C
1,00 M	1,746	1,567	1,625	1,708
1,25 M	1,980	1,963	1,512	1,676
1,50 M	2,075	1,810	1,815	1,680
1,75 M	2,120	1,911	1,782	1,753

Tabel 2. Pengaruh suhu dan konsentrasi HNO_3 Faktor Dekontaminasi pada adsorpsi $^{131}\text{I}^-$

Suhu \ Konsentrasi	600°C	700 °C	800 °C	900 °C
1,00 M	1,762	1,619	1,838	1,602
1,25 M	1,839	1,571	1,915	1,680
1,50 M	1,765	1,607	1,743	1,737
1,75 M	1,597	1,618	1,833	1,561



Gambar 1. Hubungan antara Faktor Dekontaminasi dan konsentrasi HNO_3 pada adsorpsi $^{32}\text{PO}_4^-$



Gambar 2. Hubungan antara Faktor Dekontaminasi dan konsentrasi HNO₃ pada adsorpsi ¹³¹I

Dari gambar 1 terlihat bahwa kurva adsorpsi ³²PO₄⁼ cenderung naik yang berarti bahwa semakin tinggi konsentrasi HNO₃ maka faktor dekontaminasinya akan semakin besar sedangkan pada gambar 2, kurva adsorpsi ¹³¹I terlihat cenderung turun yang berarti semakin tinggi konsentrasi HNO₃ semakin kecil faktor dekontaminasinya. Hal ini dapat disebabkan sifat radionuklida ¹³¹I yang mudah menguap (*volatile*) sehingga mempengaruhi jumlah ¹³¹I yang dapat dijerap.

Berdasarkan uji statistik menggunakan metode ANOVA diperoleh hasil bahwa konsentrasi HNO₃ tidak berpengaruh terhadap Faktor Dekontaminasi ³²PO₄⁼ dan ¹³¹I. Tidak berpengaruhnya konsentrasi HNO₃ dapat disebabkan aktivasi kimia yang menggunakan HNO₃ akan membentuk gugus fungsional yang lebih bersifat sebagai penukar kation daripada

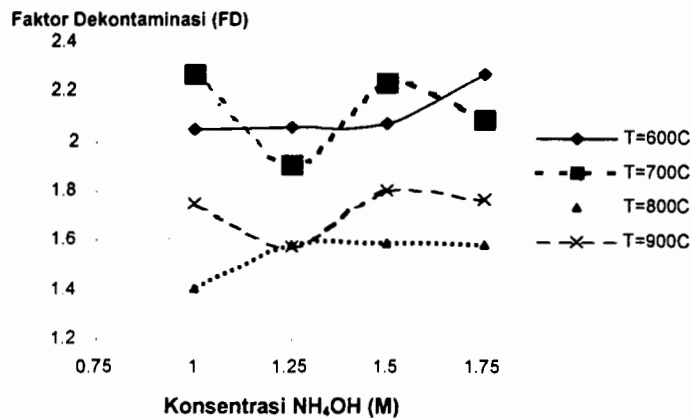
sebagai penukar anion. Dalam penelitian Guo (1999), dikatakan bahwa daya jerap arang tempurung kelapa tidak hanya dipengaruhi oleh struktur porinya tetapi juga oleh gugus fungsional yang terbentuk pada saat aktivasi kimia. Berdasarkan penelitian Mangun (1999), diperoleh hasil bahwa aktivasi kimia menggunakan HNO₃ dan H₂SO₄ memperlihatkan gugus fungsional karboksilat, fenol dan kuinon yang bersifat penukar kation sehingga arang tempurung kelapa kurang efisien dalam menyerap ³²PO₄⁼ dan ¹³¹I.

2. Pengaruh konsentrasi NH₄OH pada adsorpsi ³²PO₄⁼ dan ¹³¹I

Hasil penelitian untuk mengetahui adanya pengaruh konsentrasi NH₄OH dan suhu aktivasi pada adsorpsi ³²PO₄⁼ dan ¹³¹I dapat dilihat pada tabel 3, tabel 4, gambar 3 dan gambar 4.

Tabel 3. Pengaruh suhu aktivasi dan konsentrasi NH₄OH terhadap Faktor Dekontaminasi pada adsorpsi ³²PO₄⁼

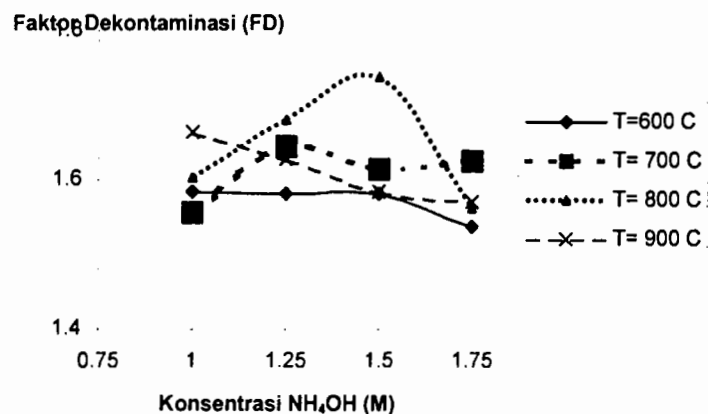
Konsentrasi	Suhu (°C)			
	600 °C	700 °C	800 °C	900 °C
1,00 M	2,046	2,269	1,408	1,749
1,25 M	2,057	1,901	1,577	1,572
1,50 M	2,072	2,233	1,588	1,798
1,75 M	2,268	2,089	1,578	1,765



Gambar 3. Hubungan antara Faktor Dekontaminasi dan konsentrasi NH₄OH pada adsorpsi ³²PO₄³⁻

Tabel 4. Pengaruh suhu aktivasi dan konsentrasi NH₄OH Faktor Dekontaminasi pada adsorpsi ¹³¹I⁻

Konsentrasi	Suhu			
	600 °C	700 °C	800 °C	900 °C
1,00 M	1,583	1,555	1,602	1,662
1,25 M	1,581	1,645	1,680	1,627
1,50 M	1,581	1,613	1,737	1,584
1,75 M	1,538	1,625	1,561	1,571



Gambar 4. Hubungan antara Faktor Dekontaminasi dan konsentrasi NH₄OH pada adsorpsi ¹³¹I⁻

Dari gambar 3 dapat dilihat bahwa kurva untuk adsorpsi ³²PO₄³⁻ cenderung naik yang berarti bahwa semakin tinggi konsentrasi NH₄OH maka faktor dekontaminasinya akan semakin besar sedangkan gambar 4 menunjukkan bahwa kurva adsorpsi ¹³¹I⁻ terlihat cenderung turun yang berarti bahwa semakin tinggi konsentrasi NH₄OH semakin kecil Faktor Dekontaminasinya. Ini dapat disebabkan sifat ¹³¹I⁻ yang mudah menguap

sehingga mengurangi jumlah ¹³¹I⁻ yang dapat dijerap oleh arang.

Berdasarkan uji statistik menggunakan ANOVA diperoleh hasil bahwa konsentrasi NH₄OH tidak berpengaruh terhadap Faktor Dekontaminasi ³²PO₄³⁻ dan Faktor Dekontaminasi ¹³¹I⁻. Tidak berpengaruhnya konsentrasi NH₄OH karena NH₄OH termasuk basa lemah, dengan rentang konsentrasi NH₄OH yang kecil

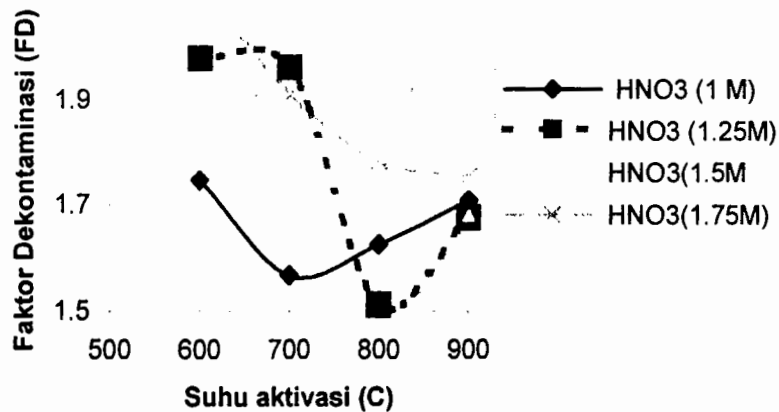
menyebabkan jumlah logam yang tertukar dalam arang tempurung kelapa sedikit sekali. Akibatnya rentang konsentrasi NH_4OH tidak meningkatkan jumlah ion yang terjerap, yang dapat dilihat dari nilai Faktor Dekontaminasi untuk setiap variasi konsentrasi NH_4OH tidak jauh berbeda seperti yang terlihat pada tabel 3 dan 4.

3. Pengaruh suhu aktivasi terhadap adsorpsi $^{32}\text{PO}_4^-$ dan $^{131}\text{I}^-$.

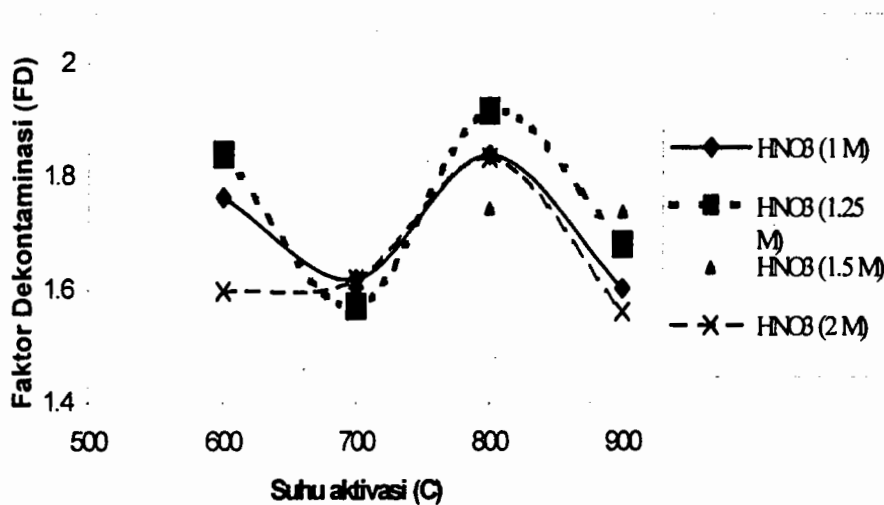
Hasil penelitian untuk mengetahui adanya pengaruh suhu aktivasi untuk berbagai konsentrasi

HNO_3 pada adsorpsi $^{32}\text{PO}_4^-$ dapat dilihat pada tabel 1 dan gambar 5 sedangkan pengaruhnya terhadap adsorpsi $^{131}\text{I}^-$ dapat dilihat pada tabel 2 dan gambar 6.

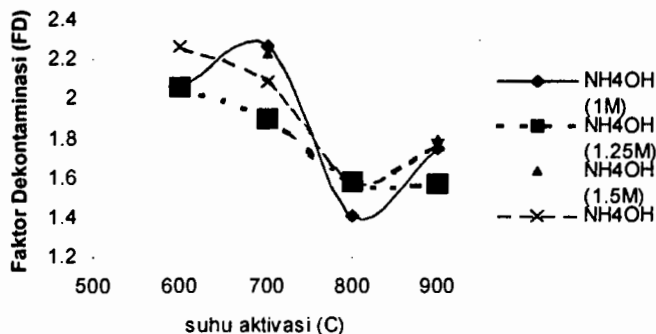
Hasil penelitian untuk mengetahui adanya pengaruh suhu aktivasi untuk berbagai konsentrasi NH_4OH pada adsorpsi $^{32}\text{PO}_4^-$ dapat dilihat pada tabel 3 dan gambar 7 sedangkan pengaruhnya terhadap adsorpsi $^{131}\text{I}^-$ dapat dilihat pada tabel 4 dan gambar dan 8.



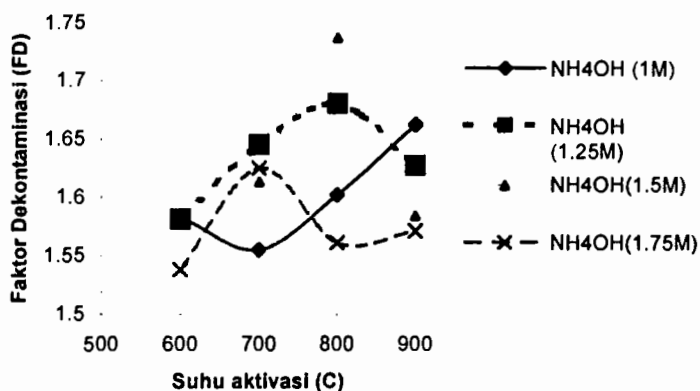
Gambar 5. Hubungan antara Faktor Dekontaminasi dan suhu aktivasi pada adsorpsi $^{32}\text{PO}_4^-$



Gambar 6. Hubungan antara Faktor Dekontaminasi dan suhu aktivasi pada adsorpsi $^{131}\text{I}^-$



Gambar 7. Hubungan antara Faktor Dekontaminasi dan suhu aktivasi pada adsorpsi $^{32}\text{PO}_4^=$



Gambar 8. Hubungan antara Faktor Dekontaminasi dan suhu aktivasi pada adsorpsi ^{131}I

Berdasarkan uji statistik menggunakan metode ANOVA diperoleh hasil bahwa suhu aktivasi berpengaruh terhadap adsorpsi ^{131}I dengan aktivasi kimia HNO_3 dan adsorpsi $^{32}\text{PO}_4^=$ dengan aktivasi kimia NH_4OH . Namun suhu aktivasi tidak berpengaruh terhadap adsorpsi $^{32}\text{PO}_4^=$ dengan aktivasi kimia HNO_3 dan adsorpsi ^{131}I dengan aktivasi kimia NH_4OH . Berdasarkan hasil percobaan, aktivasi fisis pada arang tempurung kelapa memberikan pengaruh yang signifikan pada proses adsorpsi $^{32}\text{PO}_4^=$ dan ^{131}I karena dapat menambah daya jerap arang tempurung kelapa tetapi pada kenaikan suhu tertentu sudah tidak menguntungkan. Dalam penelitian Srinivasan (1999) dinyatakan bahwa daya jerap arang tempurung kelapa akan bertambah dengan naiknya suhu aktivasi. Kenaikan daya jerap ini disebabkan semakin tingginya mikropori arang akibat bertambahnya

suhu aktivasi, tetapi pada batas suhu tertentu kenaikan suhu justru akan mengubah struktur kristal arang dan menambah jumlah abu yang dapat menutup pori-pori arang sehingga daya jerap menjadi turun. Dari 4 analisis tentang pengaruh suhu aktivasi terdapat 2 analisis yang menyatakan bahwa suhu aktivasi tidak berpengaruh pada proses adsorpsi sehingga dapat dikatakan bahwa aktivasi fisis menggunakan oven memiliki kelemahan. Selama pemanasan berlangsung, panas yang diterima oleh tiap bagian arang tempurung kelapa tidak akan sama. Panas yang diterima oleh arang yang terletak dibagian bawah akan berbeda dengan yang diterima oleh bagian atas sehingga mengakibatkan kadar air, tar dan bahan lain yang mudah menguap juga akan berbeda-beda.

4. Perbandingan dengan penelitian Lain

Tabel 5. Perbandingan dengan Penelitian lain

No	Peneliti	Adsorben	Adsorbat	FD
1	Sukosrono (1993)	Karbon aktif tempurung kelapa	Uranium	4,704
2	Nasution (2000)	Breksi batu apung yang tidak diaktivasi	Sr-90	9,35
3	Nasution (2000)	Lempung yang tidak diaktivasi	Sr-90	12,18

Dari tabel 5 dapat dilihat bahwa pada penelitian-penelitian tersebut adsorbat berbentuk kation sehingga sesuai dengan gugus fungsional adsorben yang bersifat sebagai penukar kation. Oleh karena itu kemampuan adsorpsi dan penukar kation dari adsorben-adsorben diatas cukup baik, yang ditunjukkan dengan nilai FD yang relatif tinggi. Jika dibandingkan dengan penelitian lain, maka arang tempurung kelapa yang diaktivasi kimia menggunakan HNO_3 dan NH_4OH memiliki efektivitas penyerapan yang lebih kecil daripada penelitian lain karena aktivasi kimia menggunakan HNO_3 dan NH_4OH memperlihatkan gugus fungsional yang bersifat penukar kation sedangkan adsorbat berbentuk anion sehingga cara aktivasi ini kurang efektif untuk meningkatkan kemampuan adsorpsi dan penukar anion dari arang tempurung kelapa.

Kesimpulan

1. Arang aktif tempurung kelapa kurang baik jika digunakan sebagai penukar anion.
2. Konsentrasi HNO_3 dan NH_4OH pada aktivasi kimia arang tempurung kelapa kurang berpengaruh terhadap kemampuannya sebagai adsorben $^{32}\text{PO}_4^-$ dan $^{131}\text{I}^-$
3. Suhu aktivasi arang tempurung kelapa berpengaruh terhadap kemampuannya untuk mengadsorpsi $^{32}\text{PO}_4^-$ dan $^{131}\text{I}^-$
4. Hasil terbaik yang dicapai pada penelitian ini adalah Faktor Dekontaminasi (FD) arang tempurung kelapa terhadap $^{32}\text{PO}_4^-$ sebesar 2,120 dan terhadap $^{131}\text{I}^-$ adalah 1,597

Daftar Pustaka

Cheremisinoff, N.P., and Gonzalves, E.E., 1998, *Principles and Applications of Carbon*

Adsorption, dalam Cheremisinoff, N.P., Handbook Heat and Mass Transfer, Vol 2., Gulf Publishing Company, Houston.

Gou, J., Chong, L.A., 1999, Textural and Chemical Characterisations of Activated Carbon Prepared from Oil-Palm Stone with H_2SO_4 and KOH impregnation, *Microporous dan Mesoporous Material*, No.32, p.111-117, New York.

Jankowska, H., Swiatkowski, A., and Choima, J., 1994, *Active Carbon*, edisi pertama, Ellis Horwood Limited, London.

Meilyany, 1995, Pengaruh Ekstraksi dengan Pelarut Aseton dan Pencucian oleh Air Panas, Air Dingin, Larutan HCl dan Larutan $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ terhadap kadar K, Na, Ca, Mg, dan Fe dalam Arang Tempurung Kelapa, *Skripsi*, Jurusan Kimia Fakultas MIPA, Yogyakarta.

Nasution, S.J, 2000, Pengaruh pH Umpan Limbah Cair Sr-90 terhadap Adsorben Breksi Batuapung dan Lempung, *Skripsi*, Jurusan Teknik Nuklir Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Rachmanto, A., 1997, Aktivasi Menggunakan CO_2 dan Eliminasi Kandungan Logam-logam dalam Karbon Tempurung Kelapa, *Skripsi*, Jurusan Kimia Fakultas MIPA UGM, Yogyakarta.

Ridwan, M., 1978, *Pengantar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir*, BATAN, Jakarta

Sayekti, S., 1999, Pembuatan, Karakterisasi dan Uji Aktivitas Se/Karbon Aktif untuk Menurunkan Kandungan Radikal Bebas dalam Minyak Kelapa, *Skripsi*, Jurusan Kimia Fakultas MIPA UGM, Yogyakarta

Srinivasan, M.F., 1999, Activated Carbon Prepared from Coconut Shell with Potassium

- Hydroxide, *Microporous and Mesoporous Material*, No 27, p. 12-18, New York.
- Subiyanta, H., 1996, Pengaruh Jenis Arang terhadap Penyerapan Limbah Strontium Cair, *Skripsi*, Jurusan Teknik Nuklir, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sukosrono, I., 1993, Penyerapan Limbah Uranium Fase Organik Menggunakan Arang Tempurung, *Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah PPNY BATAN*, Buku II, hal.330-336, Yogyakarta.
- Mangun, C.L., Benak, K.R., Daley, M.A., and Economy, J., 1999, Oxidation of Activated Carbon Fibers: Effect on Pore Size, Surface Chemistry and Adsorption Properties, *Chemistry Material*, Vol 11, hal. 3476-3483, Illinois.
- Wuryandari, A., 2000, Pembuatan Kalatlis Tembaga dengan Pengemban Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa untuk Konversi N-Butanol, *Skripsi*, Jurusan Kimia Fakultas MIPA UGM, Yogyakarta.