

**PENGGUNAAN KARBON AKTIF 2186 DALAM PENYERAPAN
LOGAM Cr, Fe, Co DALAM ANALISA AIR LAUT DENGAN AAN**

SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar
Sarjana Sains (S.Si) Program Studi Ilmu Kimia
pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia
Jogjakarta**



Disusun oleh:

**SHARI MURNIATI
No Mhs : 99612038**

**JURUSAN ILMU KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA
2005**

**PENGGUNAAN KARBON AKTIF 2186 DALAM PENYERAPAN
LOGAM Cr, Fe, Co DALAM ANALISA AIR LAUT DENGAN AAN**

Oleh:
SHARI MURNIATI
No: 99612038

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Penguji Skripsi
Jurusan Ilmu Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia

Tanggal, 27 Agustus 2005

Dewan Penguji

Tanda Tangan

1. Dr. Ir. Agus Taftazani
2. Drs. Allwar, M.Sc
3. Tatang Shabur Julianto, S.Si
4. Dwiarso Rubiyanto, S.Si



.....
.....
.....
.....

Mengetahui,
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia



Jaka Nugraha, M.Si

Motto

Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan (QS 94 : 6)

...sesungguhnya shalatku, ibadahku, hidupku dan matiku hanyalah

untuk Allah, Rabb semesta alam. (QS 6 : 162)

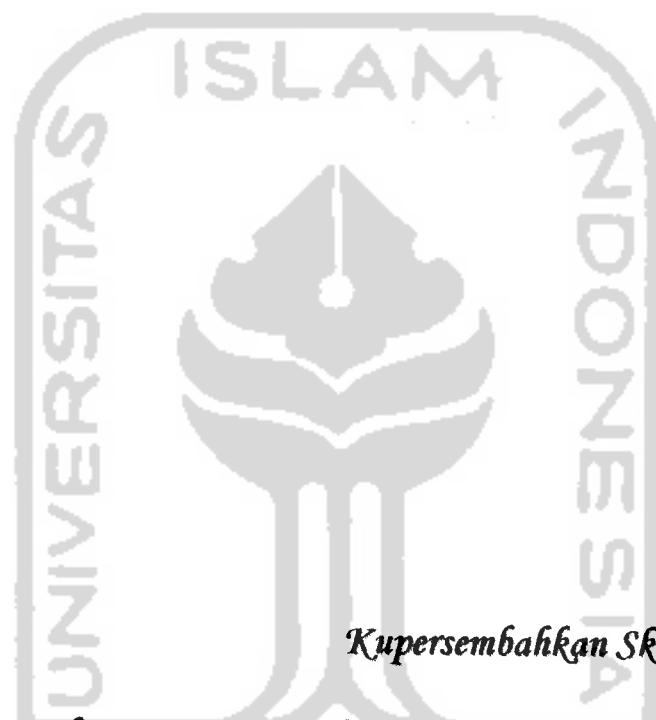
Tidak ada yang tidak mungkin di dunia ini dengan berusaha dan berdoa

kecuali yang sudah menjadi rahasia-Nya

(Shari-terinspirasi dari usaha menyelesaikan skripsi ini)

...I will survive, as long as I know how to love I know I'll be alive...

(Cake-I will survive)



Kupersembahkan Skripsi ini untuk:

*Mamak dan Bapak tercinta yang tak henti-hentinya berdoa dan pemberi semangat hidup kepada anak-anaknya ♥
Kakakku Novianti yang selalu menghibur
Adikku Aulia dan Amri yang selalu ada saat dibutuhkan*

(you are the best family in my life)

Terima kasih kuucapkan kepada:

- ❖ Motorku yang setia menemani kemana aja dan tak pernah mengeluh.
- ❖ Sobatku Reni yang selalu membantu dan menemani dalam segala hal (terima kasih banyaaaak banget!!!)
- ❖ Saudara sepupuku Rina en suami (terima kasih atas tumpangnya)
- ❖ Keluarga di Ponti, B'Moore, B'Joel+K'Itha (duh yg baru punya baby), B'Usen+k'Nita (kpn nyusul punya baby?), yang masih bulan madu B'iwon dan B'wawan+istri masing-masing, B'Is+k'Umy dan antek2nya yang slalu buat tertawa Farhan dan bibie, dan semua keluarga besar yang tak tersebutkan.
- ❖ Noel (thx ya di tungguin), Liza, anak-anak kos lama dan mbak Pat-nya, Mas Arif-kebab (smoga kebabnya sukses dan terima kasih atas pengalamannya), Yani (sabar ya...) dan Ery atas krupuknya.
- ❖ Teman-teman kontrakan sulawesi 26 yang memberi warna baru dalam hidup Robiyanto yang kurang merah, Erlina (semangatmu kutiru ^-^), Nurul besar (jangan nyerah dab!!!), Risma (kususul dirimu), Fadliyanti (kapan nih nyusul?), Vani (rindu ka' deh!!) dan m' Fitri (slamat berjuang!!) beserta Nurul kecilnya (dora lagi-dora lagi).
- ❖ Teman-teman dari sulawesi Susi, Tanti, Ana² dan Kak Mala.
- ❖ Teman-temanku Kim'99 terutama Yuli (makasih masukannya dan bantuannya yang tak ternilai) dan yang belum selesai cepat selesaikan, dan yang udah selesai smoga mendapatkan kerja yang baik dan sesuai dengan yang diinginkan
- ❖ Sahabat dan teman-temanku di Kal-bar, tunggu kamek ye!!!
- ❖ Dan yang tak akan terlupakan teman-teman KKN, Eks-68 angk 26, Sri (miss u), Meta (dicari dedy), Dedy (belum ketemu metanya?), Anien + masnya, Trie (dah selesai?), Agung, Ali, Priyo (katanya mo ke jogja, kapan?), Heri (thx atas semuanya) dan Seto.

KATA PENGANTAR

اسلام عليكم ورحمة الله وبركاته

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan menyusun skripsi ini sebagai syarat kelulusan. Shalawat serta salam tak lupa dihaturkan kepada junjungan besar Nabi Muhammad SAW yang senantiasa istiqomah dijalan-Nya.

Skripsi ini diajukan sebagai syarat mendapatkan gelar Sarjana Sains di Jurusan Ilmu Kimia Fakultas Matematika dan Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia. Skripsi ini berjudul *“Penggunaan Karbon Aktif 2186 Dalam Penyerapan Logam Cr, Fe dan Co Dalam Analisa Air Laut Dengan AAN.”*

Setelah dengan perjuangan yang cukup lama, akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan juga. Skripsi ini tidak akan selesai tanpa bantuan berbagai pihak, oleh karena itu kami ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Jaka Nugraha, M.Si selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
2. Drs. Sudjatmoko, SU. APU, selaku Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Maju, BATAN
3. Dr. Ir. Kris tri Basuki, M.Sc. APU, selaku Kepala Bidang Teknofisikokimia, P3TM-BATAN.
4. Bapak Rudy Syahputra, M.Si selaku Ketua Jurusan Ilmu Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
5. Bapak Dr. Ir. Agus Taftazani selaku dosen pembimbing I.

6. Bapak Drs. Allwar, M.Sc selaku dosen pembimbing II.
7. Bapak Sutanto, bapak Suhardi, ibu Sumining dan bapak Mulyono selaku pembimbing dilaboratorium BATAN.

Dan semua pihak yang tidak kami sebutkan satu per satu atas saran, dukungan, bantuan dan doa yang tak akan terlupakan.

Kami mengetahui bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini, oleh karena itu penyusun mengharapkan kritik dan sarannya. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jogjakarta, Agustus 2005

Penyusun

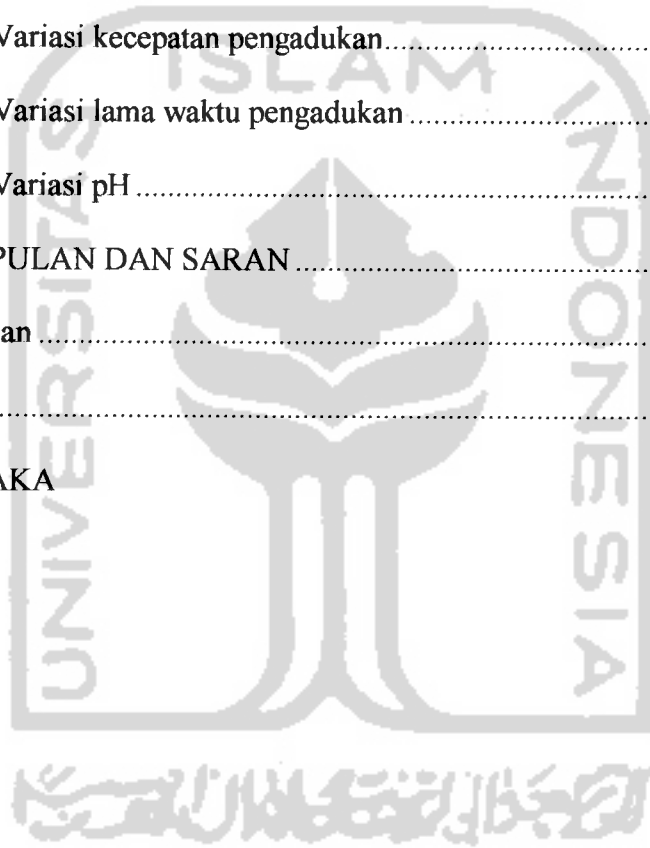


DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
INTISARI.....	xi
ABSTRACT.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
BAB III DASAR TEORI.....	7
3.1 Karbon Aktif.....	7
3.2 Adsorpsi.....	10
3.3 Air Laut.....	11
3.4 Pencemaran Perairan Laut Oleh Logam.....	12
3.4.1 Kromium (Cr).....	14

3.4.2 Besi (Fe).....	15
3.4.3 Kobalt (Co).....	16
3.5 Analisis Aktivitas Neutron (AAN).....	16
3.6 Hipotesis.....	20
BAB IV METODE PENELITIAN.....	21
4.1 Alat Yang Diperlukan.....	21
4.2 Bahan Yang Digunakan.....	21
4.3 Cara Kerja.....	22
4.3.1 Analisis kualitatif.....	22
4.3.1.1 Kalibrasi tenaga.....	22
4.3.1.2 Air laut.....	22
4.3.1.3 Karbon aktif.....	22
4.3.2 Pembuatan standar.....	23
4.3.3 Blangko.....	23
4.3.4 Analisis Kuantitatif.....	23
4.3.4.1 Variasi berat karbon aktif.....	23
4.3.4.2 Variasi kecepatan pengadukan.....	24
4.3.4.3 Variasi lama waktu aduk.....	24
4.3.4.4 Variasi pH.....	25
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
5.1 Kalibrasi tenaga.....	26

5.2 Analisis kualitatif.....	27
5.2.1 Air laut	27
5.2.2 Karbon aktif	28
5.3 Analisis kuantitatif.....	30
5.3.1 Variasi berat karbon aktif 2186.....	30
5.3.2 Variasi kecepatan pengadukan.....	32
5.3.3 Variasi lama waktu pengadukan	35
5.3.4 Variasi pH	37
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	41
6.1 Kesimpulan.....	41
6.2 Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Karakteristik karbon aktif buatan Merck	9
Tabel 2. Unsur-unsur utama air laut.....	12
Tabel 3. Data kalibrasi tenaga.....	26
Tabel 4 Unsur yang terdapat pada sampel air laut.....	28
Tabel 5. Unsur yang terdapat pada karbon aktif	28
Tabel 6. Unsur yang terdeteksi pada karbon aktif yang telah digunakan	29
Tabel 7. Kandungan logam Cr, Fe dan Co yang teradsorpsi karbon aktif pada variasi berat karbon aktif pH 1,5.....	31
Tabel 8. Kandungan logam Cr, Fe dan Co yang teradsorpsi karbon aktif pada variasi berat karbon aktif pH 8.....	31
Tabel 9. Kandungan logam Cr, Fe dan Co yang teradsorpsi karbon aktif pada variasi kecepatan pengadukan pH 1,5.....	33
Tabel 10. Kandungan logam Cr, Fe dan Co yang teradsorpsi karbon aktif pada variasi kecepatan pengadukan pH 8.....	33
Tabel 11. Kandungan logam Cr, Fe dan Co yang teradsorpsi karbon aktif pada variasi lama waktu pengadukan pH 1,5	35
Tabel 12. Kandungan logam Cr, Fe dan Co yang teradsorpsi karbon aktif pada variasi lama waktu pengadukan pH 8	35

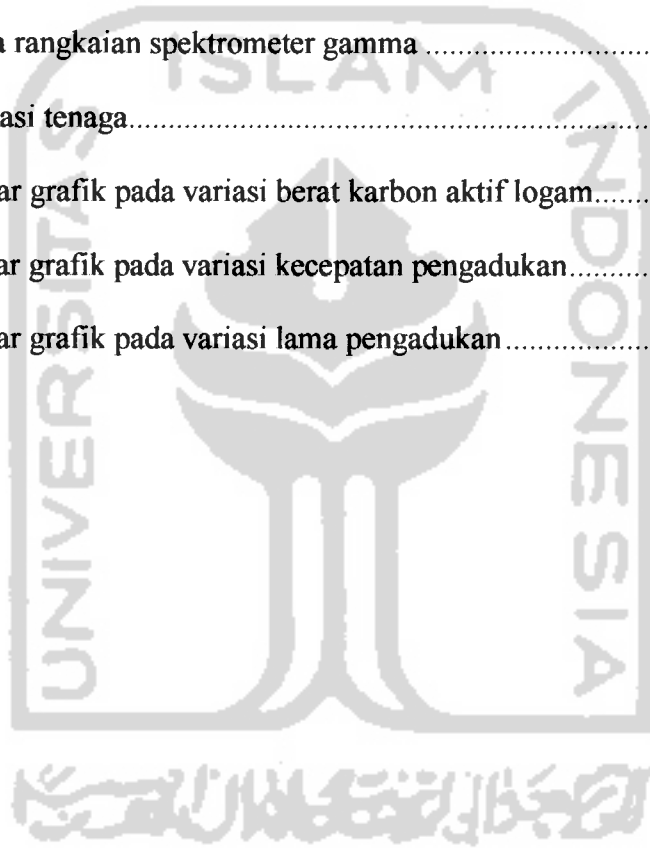
Tabel 13. Kandungan logam Cr, Fe dan Co pada karbon aktif yang belum digunakan..... 38

Tabel 14. Kandungan unsur Cr, Fe dan Co dalam air laut yang belum diberikan karbon aktif..... 39



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur karbon aktif.....	8
Gambar 2. Ikatan kimia karbon.....	8
Gambar 3. Prinsip dasar analisis aktivasi neutron (AAN).....	17
Gambar 4. Skema rangkaian spektrometer gamma.....	18
Gambar 5. Kalibrasi tenaga.....	27
Gambar 6. Gambar grafik pada variasi berat karbon aktif logam.....	32
Gambar 7. Gambar grafik pada variasi kecepatan pengadukan.....	34
Gambar 8. Gambar grafik pada variasi lama pengadukan.....	36



PENGGUNAAN KARBON AKTIF 2186 DALAM PENYERAPAN LOGAM Cr, Fe, Co DALAM ANALISA AIR LAUT DENGAN AAN

Shari Murniati
No Mhs: 99612038

INTISARI

Air laut banyak mengandung garam-garam terlarut, gas, senyawa organik serta unsur-unsur minor dan kelumit seperti Cr, Fe dan Co. Analisis unsur kelumit dalam air laut dengan metode AAN kurang memuaskan karena data pulsa unsur mayor menutupi unsur minor atau kelumit. Oleh karena itu perlu dilakukan pemisahan sebelum dianalisis. Salah satu proses pemisahan yang paling mudah adalah dengan proses adsorpsi. Dalam penelitian ini digunakan karbon aktif 2186 buatan Merck sebagai adsorben.

Sampel air laut 300mL dimasukkan kedalam gelas beker dan ditambahkan karbon aktif, diaduk dan dibuat dalam keadaan asam dan basa, kemudian disaring dan dimasukkan kedalam vial dan diiradiasi dengan fluks neutron $1,05 \times 10^{11} \text{ n.cm}^{-2}\text{det}^{-1}$ selama 12 jam dan dicacah. Variasi dilakukan terhadap berat karbon aktif, kecepatan pengadukan dan lama waktu pengadukan. Hasil analisis menunjukkan bahwa unsur kelumit dapat terlihat setelah dilakukan adsorpsi dengan karbon aktif.

Dari data yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa penggunaan karbon aktif mempengaruhi analisis logam dalam air laut dengan menggunakan AAN. Logam Cr, Fe dan Co dalam sampel air laut yang dipreparasi dengan karbon aktif menunjukkan konsentrasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel yang tidak dipreparasi. Sedangkan kandungan logam pada pH 8 dan berat karbon aktif 0,4 g adalah 0,009927 $\mu\text{g/mL}$ untuk logam Cr, 0,041057 $\mu\text{g/mL}$ untuk logam Fe dan 0,000639 $\mu\text{g/mL}$ untuk logam Co; pada pH 8 dan kecepatan pengadukan 500 rpm adalah 0,006797 $\mu\text{g/mL}$ untuk logam Cr, 0,043935 $\mu\text{g/mL}$ untuk logam Fe dan 0,000359 $\mu\text{g/mL}$ untuk logam Co; dan pada pH dan lama waktu pengadukan 60 menit adalah 0,003549 $\mu\text{g/mL}$ untuk logam Cr, 0,015023 $\mu\text{g/mL}$ untuk logam Fe dan 0,000161 $\mu\text{g/mL}$ untuk logam Co.

kata kunci : air laut, karbon aktif dan analisis aktivasi neutron (AAN)

APPLICATION OF CHARCOAL ACTIVATED FOR ABSORPTION Cr, Fe, Co IN SEA WATER BY NAA

Shari Murniati
No: 99612038

ABSTRACT

Seawater contains dissolved salt, gases, organic compounds, minor elements and trace elements such as Cr, Fe, and Co. Analysis of trace element in the seawater by NAA wasn't satisfied because the pulse data of major elements covered the minor's. So, it is needed to do separation of seawater before it was analyzed. One of separation process that is relatively simple is adsorption process. In this research, the charcoal activated 2186 from Merck was used as adsorbent.

300 mL of seawater was placed in beaker glass, added charcoal activated, stirred and it was conducted at acid and base condition. After that it was filtered and both charcoal activated and filtrate were placed in vial. Then, vials were radiated by using $1,05 \times 10^{11} \text{ n.cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ neutron flux for about 12 hours and finally they were counted. Variation was conducted for some parameters; they are the weight of charcoal active, the rapidity of stirring, and the stirring time. The result data show that the trace element can be seen after the adsorption by charcoal active.

From data resulted, it can be concluded that Application of charcoal activated influenced metal analysis in seawater using NAA. Cr, Fe and Co in seawater that was adsorbed by charcoal activated show higher concentration than sample was not. While, the amount of trace element at pH 8 and 0,4 g charcoal active are 0,009927 $\mu\text{g/mL}$ for Cr, 0,041057 $\mu\text{g/mL}$ for Fe, 0,000639 $\mu\text{g/mL}$ for Co; at pH 8 and 500 rpm are 0,006797 $\mu\text{g/mL}$ for Cr, 0,043935 $\mu\text{g/mL}$ for Fe, 0,000359 $\mu\text{g/mL}$ for Co; at pH 8 and 60 minutes of stirring are 0,003549 $\mu\text{g/mL}$ for Cr, 0,015023 $\mu\text{g/mL}$ for Fe and 0,000161 $\mu\text{g/mL}$ for Co.

Keywords: seawater, charcoal activated, neutron activated analysis (NAA)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Karbon aktif dewasa ini sering digunakan dalam industri dan penelitian untuk penyerapan, karena karbon aktif mempunyai bentuk berpori yang digunakan untuk menyerap gas dan zat-zat pengotor dalam suatu hasil produksi. Karbon aktif atau biasa disebut arang aktif adalah arang yang diaktifkan untuk penyerapan, diolah dengan memberi uap atau dipanaskan dalam vakum. Arang aktif berwarna hitam, tidak berbau, tidak berasa dan mempunyai daya serap yang tinggi terhadap logam. Arang aktif merupakan karbon dalam bentuk grafit. Bentuk lain karbon adalah intan.

Penelitian ini menggunakan sampel air laut Lemah Abang. Daerah Lemah Abang dimana merupakan wilayah Semenanjung Muria, tepatnya didaerah tingkat II Jepara. Daerah Lemah Abang merupakan calon tempat pembangunannya pembangkit listrik nuklir atau disebut juga PLTN. Adanya pusat pembangkit listrik ini akan disusul dengan pembangunan industri-industri besar maupun kecil, sehingga kemungkinan besar timbul dampak negatif yaitu pencemaran bagi lingkungan. Industri yang telah berkembang di sekitar daerah tersebut adalah industri meubel dan industri keramik. Limbah industri tersebut

biasanya dibuang kesungai atau kelaut. Oleh karena itu analisis logam sangat diperlukan untuk memantau seberapa besar pencemaran telah terjadi.

Pencemaran logam dapat dianalisis dengan berbagai cara. Salah satu cara menganalisis logam adalah dengan menggunakan Analisis Aktivasi Neutron (AAN). AAN digunakan untuk menentukan banyak unsur secara serentak tanpa merusak cuplikan dan waktu analisisnya relatif cepat.

AAN mempunyai prinsip kerja apabila suatu sampel yang mengandung beberapa macam unsur diiradiasi dengan neutron, maka akan terjadi penangkapan neutron oleh inti unsur-unsur tersebut. Unsur yang teraktivasi neutron akan menjadi unsur radioaktif yang memancarkan sinar gamma. AAN dapat digunakan untuk analisis kualitatif dan kuantitatif. Pada analisis kualitatif jenis unsur dapat ditentukan dari besarnya energi sinar gamma karena energi sinar gamma yang dipancarkan masing-masing unsur adalah spesifik, sedangkan besarnya intensitas sinar gamma dari isotop hasil pengaktifan neutron sebanding dengan konsentrasi unsur tersebut adalah analisis kuantitatif.

Analisis air laut dengan menggunakan AAN tanpa preparasi mempunyai kelemahan yaitu tidak semua logam kelumit dapat terdeteksi. Hal ini disebabkan karena puncak sinar gamma dari unsur-unsur kelumit tertutup oleh puncak sinar gamma unsur Na dan Cl dimana kedua unsur ini merupakan unsur yang paling banyak terdapat dalam air laut (unsur mayor). Oleh karena itu perlu dilakukan preparasi sampel lebih lanjut.

Ada beberapa cara preparasi agar unsur dapat terdeteksi, yang pertama dengan pemekatan air dan yang kedua dengan cara menggunakan adsorben seperti karbon aktif. Cara pemekatan untuk air laut sering mengalami kendala, yaitu sering terjadi pemisahan (pembentukan garam), sehingga sampel menjadi tidak homogen. Cara lainnya dengan menggunakan karbon aktif untuk menyerap unsur kelumit, sehingga unsur-unsur tersebut dapat terdeteksi.

Kualitas penyerapan dengan karbon aktif dipengaruhi oleh beberapa hal, salah satunya adalah berat jumlah karbon aktif untuk penyerapan, pH, waktu pengadukan, suhu, ukuran butir karbon aktif dan kecepatan pengadukan. (Taftazani.A, 2001).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas, dapat diambil perumusan masalah sebagai berikut:

1. Apakah penggunaan karbon aktif mempengaruhi analisis logam Cr, Fe dan Co dalam sampel air laut Lemah Abang dengan menggunakan metode AAN?
2. Bagaimana kondisi karbon aktif yang lebih baik dalam menyerap logam Cr, Fe dan Co?
3. Berapa kadar logam Cr, Fe dan Co dalam air laut Lemah Abang yang telah terserap oleh karbon aktif?

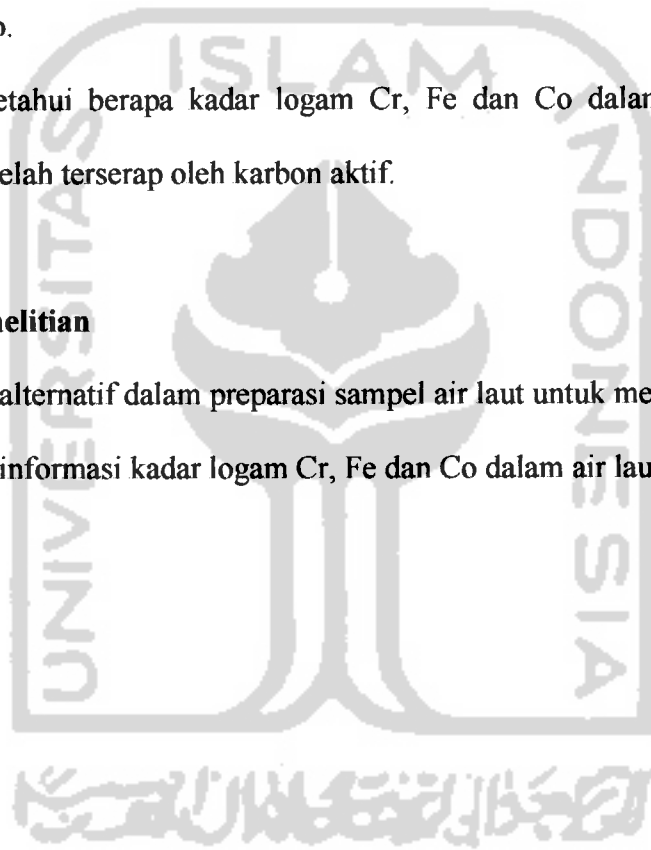
1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh karbon aktif dalam analisis logam Cr, Fe dan Co dalam air laut Lemah Abang dengan menggunakan metode AAN.
2. Untuk mengetahui kondisi karbon aktif yang lebih baik dalam menyerap logam Cr, Fe dan Co.
3. Untuk mengetahui berapa kadar logam Cr, Fe dan Co dalam air laut Lemah Abang yang telah terserap oleh karbon aktif.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Memberikan alternatif dalam preparasi sampel air laut untuk metode AAN.
2. Memberikan informasi kadar logam Cr, Fe dan Co dalam air laut Lemah Abang.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Air laut mempunyai kandungan yang sangat kompleks. Banyak unsur yang terkandung di dalamnya. Untuk mengetahui kadar logam dalam air laut, maka dilakukan penelitian dengan menggunakan metoda AAN. Metoda ini efektif untuk mengetahui kadar logam dalam air, karena dengan metoda ini unsur yang dapat terdeteksi sekitar 30 unsur. Banyaknya unsur yang dapat terdeteksi ini karena AAN sangat sensitif. (Sumining, 2001).

Daerah Lemah Abang merupakan lokasi calon pembangunan PLTN. Oleh karena itu diadakannya penelitian untuk pemantauan lingkungan di daerah tersebut. (Sukirno, 1997). Kualitas air laut daerah Lemah Abang telah diteliti dengan menggunakan AAN. Preparasi pada penelitian untuk air laut ini dilakukan dengan pemekatan air laut sebanyak lima kali faktor pemekatan. Pemekatan yang dilakukan dari jumlah air satu liter menjadi 200 mL air laut. Kemudian cuplikan diiradiasi selama 12 jam bersama standar dengan Lazy Susan reaktor Kartini pada fluks neutron $5,58.10^{10} \text{ n.cm}^{-2}.\text{det}^{-1}$ dari cuplikan tersebut teridentifikasi unsur logam berat Sm, Ce, Cr, Zr, Fe dan Co. (Djati.P, 2000)

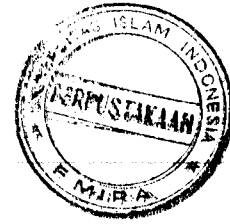
Pernah dilakukan pula penelitian air laut menggunakan metoda AAN dengan menambahkan karbon aktif pada cuplikan yang ada. Pada penelitian ini karbon aktif yang digunakan adalah karbon aktif 2186 buatan Merck pada air laut tanpa

pemekatan. Penggunaan karbon aktif ini untuk mengatasi interferensi unsur dalam analisis secara AAN. Unsur tersebut antara lain adalah Na dan Cl yang paling banyak terkandung dalam air laut. Analisis air laut yang diberi karbon aktif ini setelah dianalisis unsur yang terdeteksi lebih banyak dengan konsentrasi lebih tinggi daripada tidak menggunakan karbon aktif. (Taftazani.A, 2001).

Karbon aktif juga pernah digunakan dalam penelitian Sitorus (2002) dimana karbon aktif berfungsi sebagai penurunan minyak dan limbah cair pabrik minyak kelapa sawit. Karbon aktif atau arang aktif yang sering digunakan adalah tempurung kelapa, karena bentuknya tidak terlalu tebal dan komposisinya membuat adsorpsi dapat berlangsung dengan baik.

Penelitian dengan menggunakan karbon aktif sebagai filter terhadap gas argon aktif (Ar-41) dengan memvariasikan ketebalan media dan ukuran butir pernah dilakukan Purnomo (1996).

BAB III DASAR TEORI



3.1 Karbon Aktif

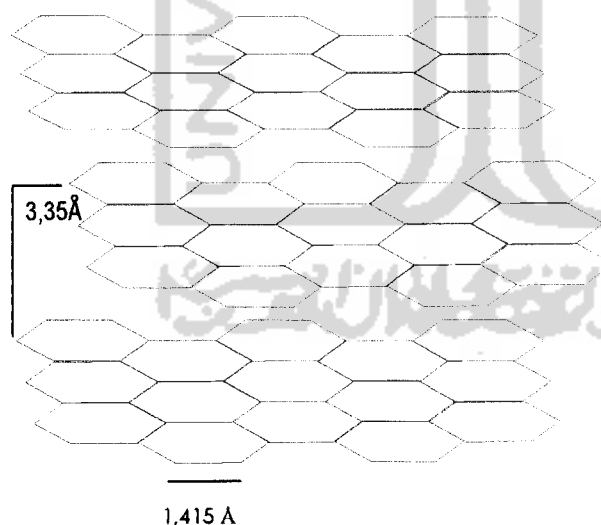
Karbon aktif atau yang disebut arang aktif adalah arang yang telah diaktifkan yang dipergunakan untuk penyerapan, diolah diberi uap atau memanaskannya dalam vakum. (Anonim, 1997). Karbon aktif berwarna hitam, tidak berbau, tidak berasa, mempunyai daya serap lebih besar dibandingkan dengan karbon sebelum diaktivasi. Karbon aktif pertama kali digunakan pada Perang Dunia I dalam topeng pelindung gas untuk penyerapan gas beracun. (Austin, 1996)

Arang aktif merupakan karbon yang mempunyai bentuk grafit dapat menyerap bau, warna, dan zat-zat lainnya. Karbon aktif digunakan dalam bermacam-macam teknologi proses, aplikasi karbon aktif dalam analisis meliputi adsorpsi gas dan cairan. Karbon aktif banyak diaplikasikan dalam menangani limbah dan penyerapan logam. Dalam air laut ada beberapa unsur yang terdapat dalam kadar mayor yang sangat mengganggu dalam analisis secara AAN seperti Na, Cl, dimana puncak sinar gamma yang dipancarkan menutupi puncak sinar gamma unsur-unsur yang lain. Karbon aktif dapat digunakan untuk menyerap unsur kelumit dari air tawar maupun air asin sebagai preparasi awal sebelum dilakukan AAN sehingga tidak perlu dilakukan pemekatan. (Sumining, 2001)

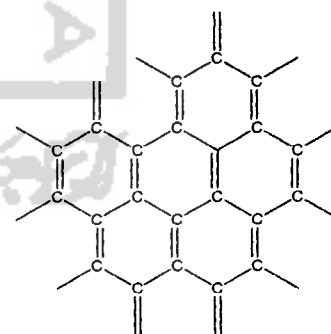
Ukuran partikel dan luas permukaan merupakan hal yang penting dalam karbon aktif. Ukuran partikel karbon mempengaruhi kapasitas adsorpsi. Makin kecil

ukuran partikel, makin besar kecepatan adsorpsi. Jadi kecepatan adsorpsi yang menggunakan karbon aktif serbuk (powder) lebih besar daripada yang menggunakan butiran (granular). (Siswo Purnomo, 1996)

Karbon aktif mempunyai struktur menyerupai struktur grafit murni seperti disajikan pada Gambar 1. Kristal grafit terdiri dari lapisan-lapisan yang masing-masing terpisah $3,35 \text{ \AA}$. Antar lapisan tersebut terikat dengan gaya Van Der Waals dan menyatakan bahwa gaya tarik menarik diantara lapisan itu relatif kecil. Karena kecilnya gaya tarik menarik ini maka tiap lapisannya mudah bergeser sehingga grafit dapat digunakan sebagai pelicin dan sangat lembut. Tiga dari empat atom karbon yang mengelilingi lapisan grafit membentuk ikatan koordinasi dengan atom sekitar, sedangkan elektron keempat beresonansi dengan beberapa struktur ikatan valensi (Gambar2).



Gambar 1. Struktur grafit



Gambar 2. Ikatan karbon

Karbon aktif 2186 adalah salah satu jenis karbon aktif yang dikeluarkan oleh Merck, Jerman. Karakteristik karbon aktif tersebut disajikan pada Tabel 1

Tabel 1. Karakteristik karbon aktif buatan Merck.

Karakteristik	Kuantitas
Komponen terlarut dalam air	Max 0,3%
Komponen terlarut dalam etanol	Max 0,2%
Komponen terlarut dalam HCl	Max 1,0%
Cl	Max 0,01%
SO ₄	Max 0,01%
Pb	Max 0,003%
Fe	Max 0,03%
Penyerapan Iodium (0,05 mol/L)	Min 70 ml/g
Penyerapan Metilen Biru (0,5%)	Min 12 ml/0,1gr
Residu dalam pengabuan (600°C)	Max 1%
Yang hilang pada pemanasan (120°C)	Max 10%

Sumber: Reagent Diagnostica Chemicals, Merck, 1984.

Penggunaan karbon aktif 2186 buatan Merck ini karena praktis, lebih stabil dan diproduksi untuk analisis, selain dari pada itu karbon aktif 2186 ini dipilih karena pada pemukaannya mengandung NaHCO₃, Na₂CO₃, NaOH, NaOC₂H₅ dan HCl. Karbon aktif 2186 ini mempunyai kerapatan 1,8 – 2,1 g/cm³, luas permukaan 663,3 m²/g dan mempunyai ukuran pori sebesar 22,4 Å.

3.2 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan penyerapan suatu zat pada permukaan zat yang lain. Peristiwa adsorpsi disebabkan karena gaya tarik menarik antara molekul dengan molekul dipermukaan adsorben. Penyerapan zat cair oleh zat padat, mirip dengan penyerapan gas oleh zat padat. Penyerapan zat cair oleh zat padat bersifat selektif, yang terserap hanya zat terlarut atau zat pelarut. Bila dalam larutan terdapat dua unsur atau lebih, unsur yang satu akan diserap lebih kuat dari yang lain. Zat-zat yang dapat menurunkan tegangan muka antara lebih mudah diserap. Makin kompleks zat terlarut, makin kuat zat diserap oleh adsorbens.

Adsorpsi dalam karbon aktif dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor sebagai berikut:

1. Ukuran Butir

Ukuran butir karbon aktif mempengaruhi kecepatan adsorpsi, tetapi tidak mempunyai pengaruh kapasitas adsorpsi. Makin kecil ukuran butir, maka akan semakin besar kecepatan adsorpsinya. Ukuran dalam bentuk serbuk diameternya kurang dari 200 mesh, sedangkan bentuk butir ukuran diameternya lebih dari 0,1 mm, sehingga dapat dikatakan bentuk serbuk dapat lebih cepat mengadsorpsi dibandingkan dengan bentuk butiran.

2. Luas Permukaan

Luas permukaan karbon dapat mempengaruhi kapasitas adsorpsi total, bahwa dengan makin luas permukaan maka semakin banyak adsorbat yang dapat diserap sehingga proses adsorpsi akan semakin efektif.

3. Temperatur

Reaksi-reaksi adsorpsi yang terjadi adalah eksoterm, maka itu tingkat adsorpsi sejalan dengan menurunnya temperatur. Perbedaan temperatur yang kecil cenderung tidak mempengaruhi proses adsorpsi.

4. Waktu Kontak

Waktu kontak merupakan hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi. Daya adsorpsi molekul dari suatu adsorbat akan meningkat apabila waktu kontak dengan karbon aktif makin lama. Waktu kontak yang lama akan memungkinkan proses difusi dan menempel molekul adsorbat berlangsung lebih baik.

3.3 Air Laut

Laut merupakan wilayah paling luas dimuka bumi ini. Kandungan air sangat berlimpah, volume seluruhnya mencapai $1.400.000.000 \text{ km}^3$. Lebih kurang 97% merupakan air laut (Prihanto, 1999). Air laut adalah zat pelarut yang bersifat sangat berdayaguna, mampu melarutkan zat-zat lain dalam jumlah yang lebih besar daripada zat cair lainnya, karena laut mengandung unsur-unsur pokok seperti disajikan di Tabel 2.

Tabel 2. Unsur-unsur utama air laut dan besarnya konsentrasi dihitung dalam perbandingan berat perseribu.

Ion	⁰ / ₁₀₀ dari berat
Ion negatif (anion)	
Cl ⁻	18,980
SO ₄ ²⁻	2,649
HCO ³⁻	0,140
Br ⁻	0,068
H ₂ BO ³⁻	0,025
F ⁻	0,001
Ion positif (kation)	
Na ⁺	10,556
Mg ²⁺	1,272
Ca ²⁺	0,400
K ⁺	0,380
Sr ²⁺	0,013
Jumlah seluruh ion = 34,482 ⁰/₁₀₀	

Sumber: Hutabarat dan Evan, 1987

Air laut mengandung garam-garam terlarut, gas dan senyawa tersuspensi yang biasanya terdiri dari karang organik. Mineral lumpur, mangan oksida dan besi oksida. Sebagian dilapisi dengan bahan organik, oksigen, nitrogen, helium, argon dan zat organik biasanya menyelimuti karbohidrat, protein, asam humat dan sebagainya.

Dengan berkembangnya teknologi, semakin banyak didirikan industri besar dan kecil dimana juga memberikan berbagai dampak yang ada. Salah satunya adalah menimbulkan pencemaran lingkungan. Daerah semenanjung Muria merupakan calon lokasi PLTN, sehingga tidak menutup kemungkinan timbulnya dampak negatif pada lingkungan, oleh karena itu diperlukan adanya penelitian di daerah tersebut. (Sukirno, 1997)

3.4 Pencemaran Perairan Laut oleh Logam

Pencemaran lingkungan menurut UU No. 23 tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup diartikan sebagai masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga kualitas lingkungan turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan hidup tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya.

Sedangkan pencemaran laut diartikan sebagai akibat kegiatan manusia baik secara langsung maupun tidak langsung menyebabkan masuknya material atau energi ke dalam lingkungan perairan laut termasuk estuaria, yang mengganggu kehidupan biota, membahayakan kesehatan manusia dan mengurangi aktivitas di laut termasuk perikanan dan mengurangi kesenangan dan kenyamanan berekreasi di laut.

Sumber pencemaran perairan laut dapat dikelompokkan menjadi 7 kelas yaitu limbah industri, limbah pemukiman (*Sewage*), pelayaran (*Shipping*), limbah cair perkotaan (*Urban storm water*), pertambangan, pertanian dan perikanan budidaya. Bahan pencemaran utama yang terkandung dalam buangan limbah dari ketujuh sumber tersebut berupa sedimen, unsur hara (*nutrients*), logam beracun, pestisida, organisme patogen, sampah dan *oxygen depleting substances* (bahan- bahan yang menyebabkan oksigen terlarut dalam air laut berkurang).

Pencemaran yang ditimbulkan oleh logam sampai tingkat tertentu dapat mengganggu kesehatan manusia. Masalah yang ditimbulkan oleh unsur-unsur logam ini cukup rumit, karena logam ini mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

- a. Beracun

- b. Tidak dapat dirombak atau dihancurkan oleh organisme hidup.
- c. Dapat diakumulasi dalam tubuh organisme termasuk manusia, baik secara langsung maupun tidak langsung.

Berdasarkan sifat racunnya logam yang berdampak terhadap kesehatan manusia dapat dikelompokkan dalam empat golongan:

- a. Sangat beracun, dapat menyebabkan kematian atau gangguan kesehatan yang tidak pulih dalam waktu singkat yaitu: Pb, Hg, Cd, Cr, As, Sb, Ti, U, Be.
- b. Moderat, menyebabkan gangguan kesehatan baik yang dapat pulih maupun tidak dapat pulih dalam jangka waktu yang relatif lama yaitu: Ba, Be, Cu, Au, Li, Mn, Se, Te, Va, Co, Rb.
- c. Kurang racun, dalam jumlah besar mengakibatkan gangguan kesehatan yaitu: Bi, Co, Fe, Ca, Mg, Ni, K, Ti, Zn.
- d. Tidak beracun, tidak menimbulkan gangguan kesehatan yaitu: Al, Na, Sr, Ca.

3.4.1 Kromium (Cr)

Logam murni Cr tidak pernah ditemukan di alam. Logam ini di alam dalam bentuk persenyawaan padat atau mineral. Cr paling banyak ditemukan dalam bentuk "Chromite" (FeOCr_2O_3). Kadang-kadang pada batuan mineral kromit juga ditemukan logam-logam Mg (magnesium), Al (Aluminium) dan senyawa SiO_3 (Silikat). Batuan yang paling baik mempunyai kandungan kromat (Cr_2O_3) sebanyak 48%.

Cr termasuk mempunyai daya racun tinggi. Ion Cr^{6+} merupakan bentuk logam yang paling banyak dipelajari sifat racunnya, bila dibandingkan dengan ion-ion Cr^{2+}

dan Cr^{3+} . Sifat racun yang dibawa oleh logam ini juga dapat mengakibatkan terjadinya keracunan akut dan keracunan kronis. (Palar.H, 1994)

3.4.2 Besi (Fe)

Besi (Fe) beracun jika berlebihan, dalam proses fisiologi dan telah banyak diketahui kepentingan dalam proses biokimia. Besi banyak ditemukan dalam makanan yang jumlahnya bervariasi dari yang rendah (dalam sayuran) dan yang tinggi (dalam daging). Kandungan yang rendah dari Fe dalam makanan akan menyebabkan naiknya efisiensi absorpsi Fe, tetapi sebaliknya yang banyak mengandung Fe dapat menurunkan absorpsi Zn pada manusia.

Besi di dalam tubuh biasa berkaitan dengan protein yang melibatkan kelompok hemoglobin yaitu rantai asam amino dan ikatan Fe – S, menjadi residu sistem dalam protein ferredoksin dari bakteri lain yang menyangkut Fe ini kedalam jaringan penyimpanan sebagai bentuk ion Fe (III) yang sangat stabil dan tidak terhidroksida.

Pada manusia mineral esensial yang sering terjadi defisiensi adalah besi (Fe). Di Amerika defisiensi Fe sering terjadi pada anak umur 1 sampai 3 tahun, pria dewasa dan wanita yang sedang hamil. Kasus defisiensi Fe ini merupakan faktor yang disebabkan oleh malnutrisi, hambatan absorpsi, pendarahan dan hamil yang berulang kali. Dua penyebab utama kasus defisiensi pada orang dewasa adalah kehilangan darah yang berat pada penderita tumor saluran pencernaan, ulcer lambung dan pendarahan waktu menstruasi.

3.4.3. Kobalt (Co)

Kobalt (Co) kehadirannya di alam jarang diketahui, tetapi peranannya sangat penting dalam sistem biologi makhluk hidup. Kobalt dalam tubuh makhluk hidup biasanya berikatan sebagai Vitamin Kobalamin (B_{12}).

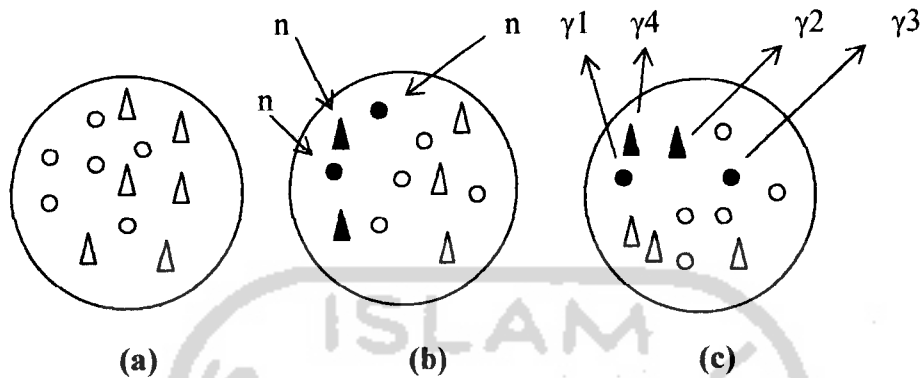
Co^{3+} merupakan ikatan ion yang lambat mencapai keseimbangan karena ionnya terlibat dalam ikatan yang lebih kompleks dan ionnya jarang berikatan dengan protein makanan.

Beberapa enzim penting yang disekresi oleh sel-sel insang ialah enzim *Carbonic anhydrase* yaitu enzim yang mengandung Seng (Zn) yang berperan dalam katalisis CO_2 menjadi asam Karbonat (H_2CO_3). Logam Seng yang terikat enzim ini dapat diganti oleh logam Co sehingga aktivitasnya berkurang sampai 56%.

3.5. Analisis aktivitas neutron (AAN)

Analisa Aktivasi Neutron (AAN) merupakan teknik analisis unsur-unsur kelumit (*trace element*), yakni unsur-unsur dalam kadar yang sangat rendah. Analisis ini didasarkan pada pembentukan radionuklida sebagai hasil reaksi dari nuklida-nuklida dalam bahan yang dianalisis. Cuplikan yang akan dianalisis, diradiasi menggunakan suatu sumber neutron. Inti atom unsur-unsur yang berada dalam cuplikan akan menangkap neutron dan berubah menjadi radioaktif. Sinar α yang dipancarkan oleh berbagai unsur dalam cuplikan yang telah diradiasi, dapat dianalisis secara spektrofotometri gamma.

Prinsip dasar analisis pengaktifan neutron dapat dilihat pada gambar 1 berikut:



Gambar 3. Prinsip dasar analisis aktivasi neutron

- Cuplikan terdiri dari bahan dasar (o) dan unsur-unsur kelumit (Δ)
- Cuplikan diiradiasi dengan neutron dan membuat beberapa atom menjadi radioaktif (\bullet dan \blacktriangle).
- Sinar γ yang dipancarkan oleh cuplikan dideteksi untuk data kualitatif dan data kuantitatif.

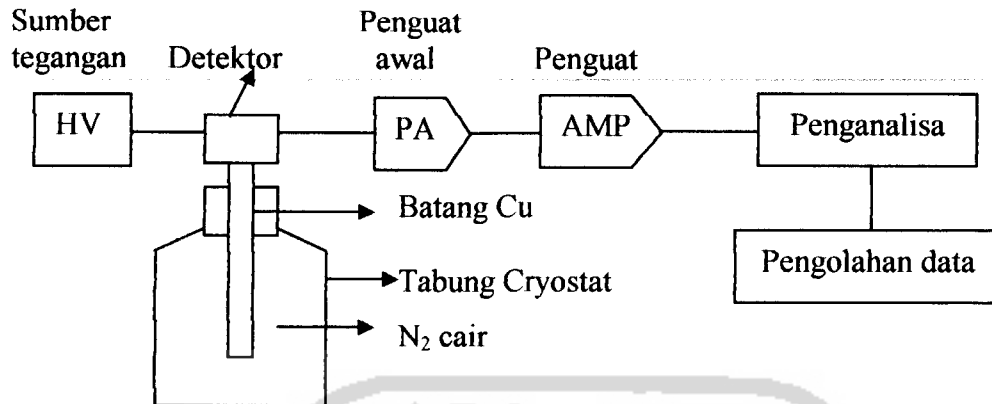
Secara sederhana reaksi dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:



Contoh reaksi dengan Cr:



Kualitas data hasil pengukuran kadar unsur dengan teknik AAN ini dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain saat pengambilan cuplikan (sampling) dan preparasi cuplikan, termasuk pemipetan, penimbangan, penutupan vial/ pengelasan, kebersihan/ kontaminasi, dan homogenitas cuplikan.



Gambar 4. Spektrometer gamma

Teknik pengukuran secara absolut dilakukan dengan mengukur aktivitas isotop hasil pengaktifan langsung untuk menghitung berat unsur induk tanpa menggunakan standar, sedangkan pengukuran komperatif adalah penentuan berat unsur dalam suatu cuplikan, dengan membandingkan intensitas sinar gamma dari isotop hasil pengaktifan neutron dengan intensitas sinar gamma dari standar yang diketahui beratnya.

Analisis secara absolut :

$$N = \frac{A_0}{\phi \sigma (1 - e^{-0,693 t/T})} \quad (1)$$

$$A_t = A_0 e^{-0,693 t/T} \quad (2)$$

$$W = \frac{N}{N_A \zeta} \text{ BA} \quad (3)$$

$$W_{\text{std}} = \frac{A_0 \cdot \text{BA}}{N_A \zeta \cdot \phi \cdot \sigma (1 - e^{-0,693 t/T})} \quad (4)$$

W = berat unsur dari isotop yang ditentukan (gram)

N = cacah atom isotop yang ditentukan dalam cuplikan

ζ = kelimpahan isotop (dari tabel)

BA = berat atom isotop yang ditentukan (dari tabel)

A_t = aktivitas radionuklida pada saat pengukuran

A_o = Aktivitas pada saat dikeluarkan dari iradiasi

N_A = Bilangan avogadro ($6,02 \times 10^{23}$)

Analisa secara komparatif:

$$W_{\text{cuplikan}} = \frac{(Cps)_{\text{cuplikan}}}{(Cps)_{\text{standar}}} \times W_{\text{standar}} \quad (5)$$

W_{cuplikan} : Berat cuplikan

$(Cps)_{\text{cuplikan}}$: Cacah per detik

W_{standar} : Berat standar

$(Cps)_{\text{standar}}$: Cacah per detik

$$Cps = \frac{\text{Netto}}{T \text{ cacah}} \times e^{0,693 \cdot t / T_{1/2}} \quad (6)$$

t : waktu tunda

$T_{1/2}$: waktu paruh logam

T cacah: lama waktu pencacahan

Teknik analisa pengaktifan neutron mempunyai keunggulan yang sangat menonjol jika dibandingkan dengan metode atau teknik analisis lain, yaitu karena

analisis pengaktifan neutron dapat digunakan untuk menganalisis unsur dalam kadar yang sangat rendah dan mempunyai selektivitas yang tinggi. (Taftazani.A,2001)

3.6. Hipotesis

Dari penelitian-penelitian terdahulu dan dasar teori yang ada dibuat hipotesis bahwa karbon aktif dapat membantu mengurangi atau menghilangkan interferensi unsur-unsur mayor dalam analisis air laut dengan metode AAN.



BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Alat yang diperlukan meliputi:

1. Jerigen air volume 5 liter
2. Alat saring air
3. Kertas saring Whatman 41
4. Tabung gelas tahan panas
5. Gelas ukur
6. Gelas beker 500mL
7. Mikropipet (Eppendorf, Mettler)
8. Kompor gas
9. Alat saring 100 mesh
10. Neraca analitik, digital
11. Cawan porselin
12. Erlenmeyer
13. Pengaduk magnet
14. Reaktor Kartini dengan fluks neutron $1,05 \times 10^{11} \text{ n.cm}^{-2}\text{det}^{-1}$
15. Detektor Ge-Li

4.2 Bahan yang digunakan meliputi:

1. Karbon Aktif 2186 buatan Merck
2. HNO_3 pekat buatan Merck

3. NH_4OH 0,01M buatan Merck

4. Air laut Lemah Abang

4.3 Caranya:

4.3.1 Kalibrasi tenaga

Kalibrasi tenaga dilakukan dengan cara mencacah sumber radioaktif standar yang telah diketahui tingkat tenaga karakteristik gammanya. Pada penelitian ini menggunakan sumber standar multigamma ^{152}Eu , dengan puncak tenaga dapat dilihat pada Tabel 3. Jika dibuat plot antara tenaga sinar $-\gamma$ versus nomor salur, maka akan di dapat suatu garis lurus.

4.3.2 Analisis Kualitatif

4.3.2.1 Air laut

1. Sampel air laut Lemah Abang 300 mL dipekatkan sebanyak 3 kali kemudian dimasukkan kedalam vial 0,1 mL.
2. Diiradiasi dengan reaktor Kartini selama 12 jam dan kemudian dicacah dengan spektrometer gamma selama 2000 detik.

4.3.2.2 Karbon aktif

1. Sampel air laut Lemah Abang 300 mL dimasukkan ke dalam gelas beker 500 mL.
2. Karbon aktif 2186 sebanyak 0,4 g yang telah dikeringkan dimasukkan ke dalam sampel air laut dan diaduk dengan pengaduk magnet pada kecepatan 500 rpm selama 30 menit.
3. Kemudian disaring dengan kertas saring Whatman 41.

4. Residu dikeringkan dan ditimbang, air sisa yang ada kemudian dipekatkan sebanyak 3X faktor pemekatan.
5. Masukkan residu dan air kedalam vial, dan diiradiasi dengan reaktor Kartini selama 12 jam dan kemudian di cacah dengan gamma selama 2000 detik

4.3.3 Pembuatan standar

Larutan standar sekunder dibuat dengan melakukan pengenceran dari larutan induk Cr, Co dan Fe buatan Merck dimana masing-masing mempunyai kadar 1000 ppm dengan mengambil larutan standar Cr 20 ppm, Co 5 ppm dan Fe 500 ppm dari larutan standar yang tersedia dan diencerkan 50 mL dengan aquadest.

4.3.4 Blangko

Karbon aktif 2186 sebanyak 0,1 g dimasukkan ke dalam vial kecil dan air laut sebanyak 1 mL tanpa di adsorpsi dengan karbon aktif 2186 dimasukkan kedalam vial besar.

4.3.5 Analisis Kuantitatif

4.3.5.1 Variasi berat karbon aktif 2186

1. Sampel air Lemah Abang 300 mL dimasukkan ke dalam gelas beker 500 mL.
2. Karbon aktif 2186 sebanyak 0,1 g yang telah dikeringkan dimasukkan ke dalam sampel air laut dan diaduk dengan pengaduk magnet pada kecepatan 400 rpm.
3. Kemudian untuk kondisi pH 1,5 ditambahkan HNO₃ pekat dan diaduk selama 30 menit, setelah itu disaring dengan kertas saring Whatman 41.

4. Residu dikeringkan dan ditimbang, air sisa yang ada kemudian dipekatkan sebanyak 3X faktor pemekatan.
5. Diulangi langkah 1-4 untuk 0,2 g dan 0,4 g karbon aktif 2186
6. Diulangi langkah 3 untuk pH 8 dengan penambahan NH_4OH 0,01M.
7. Kemudian 1mL air sisa dan 0,1 g residu kering dimasukkan kedalam masing-masing vial dan siap diiradiasi.

4.3.5.2 Variasi kecepatan pengadukan

1. Sampel air Lemah Abang 300 mL dimasukkan ke dalam gelas beker 500 mL.
2. Karbon aktif 2186 sebanyak 0,1 g yang telah dikeringkan dimasukkan ke dalam sampel dan diaduk dengan kecepatan 300 rpm.
3. Kemudian untuk pH 1,5 ditambahkan HNO_3 pekat dan diaduk selama 30 menit, setelah itu disaring dengan kertas saring Whatman 41.
4. Residu dikeringkan dan ditimbang. air sisa yang ada kemudian dipekatkan sebanyak 3X faktor pemekatan.
5. Diulangi langkah 1-4 untuk pengadukan 400 dan 500 rpm
6. Diulangi langkah 3 untuk pH 8 dengan penambahan NH_4OH 0,01 M.
7. Kemudian 1mL air sisa dan 0,1 g residu kering masing-masing dimasukkan kedalam vial dan siap diiradiasi

4.3.5.3 Variasi waktu pengadukan

1. Sampel air Lemah Abang 300 mL dimasukkan ke dalam gelas beker 500 mL.

2. Karbon aktif 2186 sebanyak 0,1 g yang telah dikeringkan dimasukkan ke dalam sampel air laut dan diaduk dengan pengaduk magnet pada kecepatan 400 rpm.
3. Kemudian untuk kondisi pH 1,5 ditambahkan HNO₃ pekat dan diaduk selama 30 menit, setelah itu disaring dengan kertas saring Whatman 41.
4. Residu dikeringkan dan ditimbang, air sisa yang ada kemudian dipekatkan sebanyak 3X faktor pemekatan.
5. Diulangi langkah 1-4 untuk waktu pengadukan 10 dan 60 menit
6. Diulangi untuk pH 8 dengan penambahan NH₄OH 0,01 M.
7. Kemudian 1mL air sisa dan 0,1g residu kering masing-masing dimasukkan kedalam vial dan siap diiradiasi.

4.3.5.4 Variasi pH

Pada variasi pH dilakukan untuk setiap variasi dan vial siap diiradiasi.

Vial-vial yang telah siap diiradiasi kemudian dimasukkan kedalam kelongsong bersama dengan standar yang telah dibuat, blangko berupa karbon aktif yang belum digunakan, air laut sisa dari preparasi sampel dan vial kosong diiradiasi selama 12 jam dengan fluks neutron $1,05 \cdot 10^{11} \text{ n.cm}^{-2}\text{.det}^{-1}$ kemudian masing-masing vial dicacah selama 2000 detik. Dihitung kadarnya dengan membandingkan aktifitas unsur standar dan unsur cuplikan setelah dikoreksi dengan blangko.

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Kalibrasi Tenaga

Untuk suatu perangkat spektrometri γ perlu dilakukan kalibrasi tenaga. Kalibrasi tenaga dengan menggunakan satu sumber multigamma yaitu sumber yang telah diketahui tingkat karakteristik gammanya. Karakteristik radionuklida standar dapat dilihat di Tabel 3.

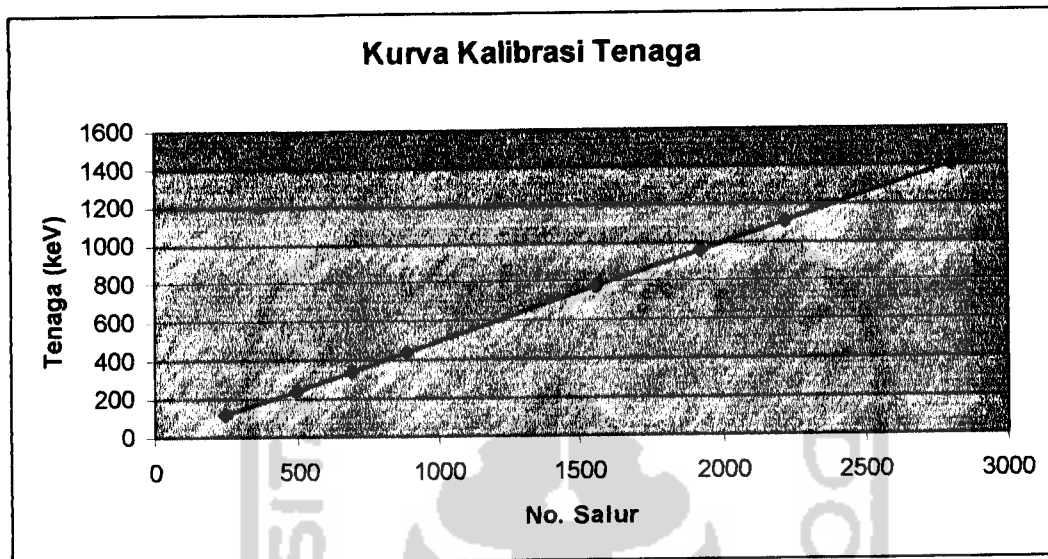
Tabel 3. Data Kalibrasi tenaga menggunakan sumber multigamma ^{152}Eu

No	No Salur	Tenaga (KeV)
1	245	121,78
2	491	244,69
3	688	344,28
4	886	443,98
5	1557	778,90
6	1924	963,43
7	2216	1112,08
8	2802	1408,03

Persamaan regresi: $Y = aX + b$,
 $Y = 0,502X - 0,199$
 $R = 0,9999$

Apabila dibuat plot tenaga sinar gamma standar versus nomor dalur puncak serapan total masing-masing, maka didapatkan hasil suatu garis lurus. Dapat dilihat pada Gambar 10 merupakan gambar kalibrasi tenaga, dimana mempunyai koefisien korelasi (r) = 0,9999 mendekati 1, ini menunjukkan bahwa alat ini dalam kondisi

baik. Setelah mendapat harga tenaga (E) kemudian dicocokkan dengan tabel isotop maka akan diketahui logam apa saja yang ada pada cuplikan tersebut.



Gambar 5. Grafik kalibrasi tenaga standar multi gamma ^{152}Eu

5.2 Analisis Kualitatif

5.2.1 Air laut

Berdasarkan Tabel 4 pada analisis kualitatif untuk air laut, identifikasi unsur menunjukkan ada 7 unsur yang dapat terdeteksi dengan AAN. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwasannya air laut mempunyai kandungan yang sangat kompleks.

Tabel 4 . Data kualitatif unsur-unsur yang terdapat pada air laut dengan 3X faktor pemekatan

No	Nama Isotop	Tenaga (KeV)	Waktu Paruh	Air laut dengan 3X faktor pemekatan
1.	Sm-153	104,2	47,1 jam	T
2.	Ce-141	145,4	32,5 hari	Tt
3.	Cr-51	320	27,8 hari	T
4.	Br-82	554,3	35,87 jam	T
5.	Cs-134	604,7	2,07 tahun	T
6.	Sc-46	889,4	83,9 hari	Tt
7.	Fe-59	1098,6	45,1 hari	T
8.	Zn-65	1115,4	265 hari	Tt
9.	Co-60	1173,1	5,24 tahun	T
10.	Ca-47	1296,9	4,7 hari	Tt
11.	Na-24	1368,9	15 jam	T
12.	La-140	328,6	40,27 jam	Tt

Sumber: Data Primer, Maret 2004

Keterangan: T= Terdeteksi, Tt= Tidak terdeteksi

5.2.2 Karbon aktif

Tabel 5. Data kualitatif unsur-unsur yang terdapat pada karbon aktif yang belum digunakan

No	Nama Isotop	Tenaga (KeV)	Waktu Paruh	Karbon Aktif yang belum digunakan
1.	Sm-153	104,2	47,1 jam	Tt
2.	Ce-141	145,4	32,5 hari	Tt
3.	Cr-51	320	27,8 hari	T
4.	Br-82	554,3	35,87 jam	T
5.	Sc-46	889,4	83,9 hari	T
6.	Fe-59	1098,6	45,1 hari	T
7.	Zn-65	1115,4	265 hari	Tt
8.	Co-60	1173,1	5,24 tahun	T
9.	Ca-47	1296,9	4,7 hari	Tt
10.	Na-24	1368,9	15 jam	T
11.	La-140	328,6	40,27 jam	Tt

Sumber: Data Primer, Maret 2004

Keterangan: T= Terdeteksi, Tt= Tidak terdeteksi

Pada Tabel 5 untuk karbon aktif yang belum digunakan terdapat 6 unsur yang dapat terdeteksi dengan AAN. Dalam karbon aktif yang belum digunakan juga terdapat unsur kelumit. Unsur-unsur kelumit tersebut dapat terlihat pada karbon aktif yang belum digunakan kemungkinan besar adalah karena dalam karbon aktif tersebut telah terkandung berbagai macam unsur atau penyimpanan yang kurang baik sehingga karbon aktif telah terkontaminasi dari luar.

Pada Tabel 6 untuk karbon aktif yang telah digunakan terdapat 11 unsur yang dapat terdeteksi. Karbon aktif yang telah digunakan ini mengandung lebih banyak unsur dibandingkan dengan air laut dan karbon aktif yang belum digunakan karena karbon aktif merupakan adsorben yang mempunyai banyak pori, sehingga dapat menyerap banyak unsur didalamnya.

Tabel 6. Data kualitatif unsur-unsur yang terdapat pada karbon aktif yang telah digunakan

No	Nama Isotop	Tenaga (KeV)	Waktu Paruh	Karbon aktif yang telah digunakan
1.	Sm-153	104,2	47,1 jam	T
2.	Ce-141	145,4	32,5 hari	T
3.	Cr-51	320	27,8 hari	T
4.	Br-82	554,3	35,87 jam	T
5.	Sc-46	889,4	83,9 hari	T
6.	Fe-59	1098,6	45,1 hari	T
7.	Zn-65	1115,4	265 hari	T
8.	Co-60	1173,1	5,24 tahun	T
9.	Ca-47	1296,9	4,7 hari	T
10.	Na-24	1368,9	15 jam	T
11.	La-140	328,6	40,27 jam	T

Sumber: Data Primer, Maret 2004

Keterangan: T= Terdeteksi, Tt= Tidak terdeteksi

5.3 Analisis Kuantitatif

Dalam penelitian ini, analisis hanya dibatasi pada unsur-unsur logam berat Cr, Fe dan Co. Pengambilan logam-logam ini karena Cr, Fe dan Co merupakan logam kelumit, dimana logam ini dibutuhkan dalam jumlah yang kecil, tetapi dapat membahayakan makhluk hidup dan lingkungan jika berlebihan. Agar kadar ketiga logam tersebut dapat terdeteksi maka di tambahkan karbon aktif dalam sampel. Untuk mengoptimalkan penyerapan logam dalam karbon aktif, dilakukan pengadukan dengan menggunakan pengaduk magnetik (*magnetic stirrer*) dengan lama waktu yang telah ditentukan.

Dalam analisis kuantitatif ini dilakukan beberapa variasi, yaitu variasi berat jumlah karbon aktif, variasi kecepatan pengadukan dan variasi lama waktu pengadukan. Karbon aktif yang digunakan pada penelitian ini adalah karbon aktif 2186 buatan Merck.

5.3.1 Variasi berat jumlah karbon aktif 2186

Pada analisa kuantitatif dengan karbon aktif dilakukan variasi berat karbon aktif, yaitu 0,1 g; 0,2 g dan 0,4 g. Dari hasil cacah yang didapat dari pencacahan tiap-tiap cuplikan, didapatkan netto yang kemudian dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$W_{\text{cuplikan}} = \frac{\text{Cps}_{\text{cuplikan}}}{\text{Cps}_{\text{standar}}} \times W_{\text{standar}}$$

Dari perhitungan tersebut akan diperoleh hasil kadar masing-masing logam dalam karbon aktif seperti pada Tabel 7 dan Tabel 8 dimana hasil yang disajikan telah dikurangi dengan blanko berupa vial kosong dan karbon aktif yang belum digunakan.

Tabel 7. Kandungan unsur logam yang teradsorpsi oleh karbon aktif pada variasi berat karbon aktif 2186 dengan pH 1,5; kecepatan 400 rpm selama 30 menit dengan waktu cacah 2000 detik

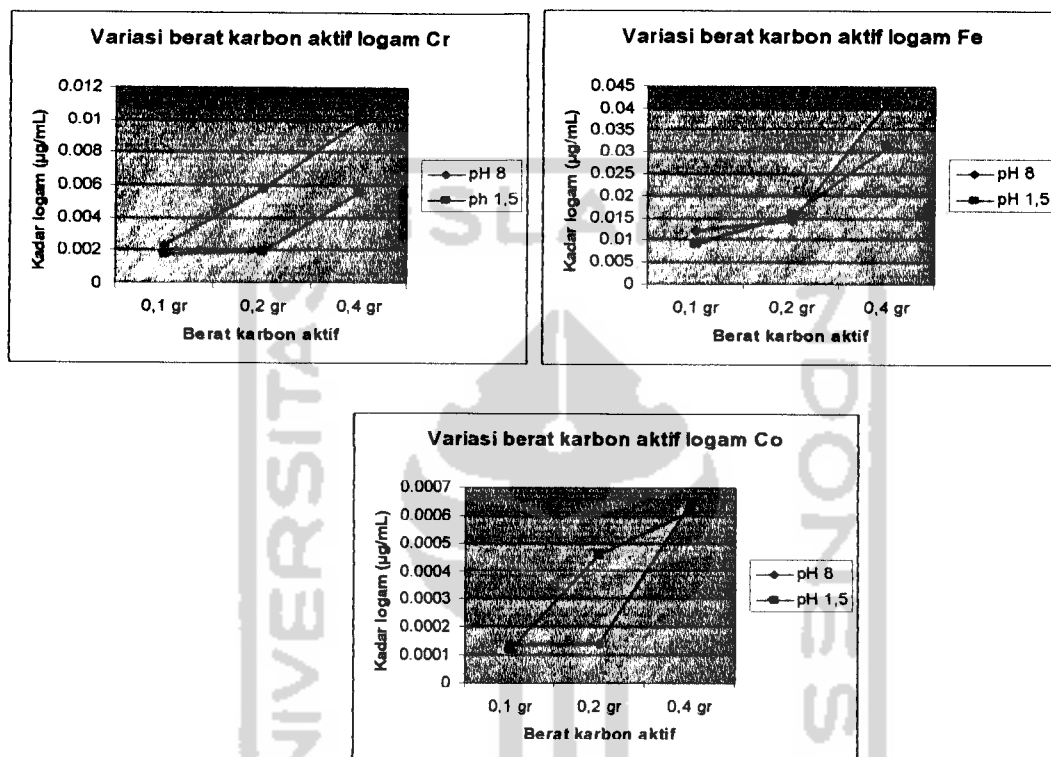
Variasi berat karbon aktif	Kadar logam ($\mu\text{g/mL}$)		
	Cr	Fe	Co
0,1 g	0,001781	0,009104	0,000119
0,2 g	0,001949	0,015646	0,00046
0,4 g	0,005551	0,030931	0,000613

Tabel 8. Kandungan unsur logam yang telah teradsorpsi oleh karbon aktif pada variasi berat karbon aktif 2186 dengan pH 8; kecepatan 400 rpm selama 30 menit dengan waktu cacah 2000 detik

Variasi berat karbon aktif	Kadar logam ($\mu\text{g/mL}$)		
	Cr	Fe	Co
0,1 g	0,002344	0,012066	0,000134
0,2 g	0,005766	0,014215	0,000142
0,4 g	0,009927	0,041057	0,000639

Dari tabel diatas kadar logam Cr, Fe dan Co sangat bervariasi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik Gambar 6. Pada tabel dapat dilihat logam Cr, Fe dan Co yang terserap pada karbon aktif menunjukkan semakin berat jumlah karbon aktif yang digunakan, maka semakin berat logam yang dapat terserap dalam karbon

aktif tersebut dan dapat terdeteksi oleh AAN, karena semakin banyak pori yang tersedia pada karbon aktif untuk menyerap logam. Hal tersebut berlaku pada pH 1,5 dan pH 8.



Gambar 6. Gambar grafik pada variasi berat karbon aktif untuk logam Cr, Fe dan Co

Sehingga didapatkan kesimpulan sementara bahwa pH 8 dengan berat jumlah karbon aktif 0,4 g adalah yang paling banyak mengadsorbsi logam Cr, Fe dan Co dalam air laut dengan AAN.

5.3.2 Variasi kecepatan pengadukan

Pada analisa kuantitatif dilakukan pengadukan pada sampel air laut yang telah ditambahkan karbon aktif dengan pengaduk magnet (*magnetic stirrer*) agar

homogen. Kecepatan pengadukan dengan pengaduk magnet divariasikan, yaitu 300 rpm; 400 rpm dan 500 rpm.

Setelah dicacah menggunakan detektor Ge-Li, kemudian didapatkan netto yang kemudian diubah kedalam besaran cps. Besaran cps ini kemudian dihitung untuk mengetahui kadar logam Cr, Fe dan Co, dimana rumus dari perhitungan ini dapat dilihat pada persamaan 4 sampai 7, perhitungannya dapat dilihat pada lampiran 2 sehingga didapatkan hasil seperti pada Tabel 9 dan Tabel 10, untuk lebih jelasnya dapat dilihat grafik pada Gambar 7.

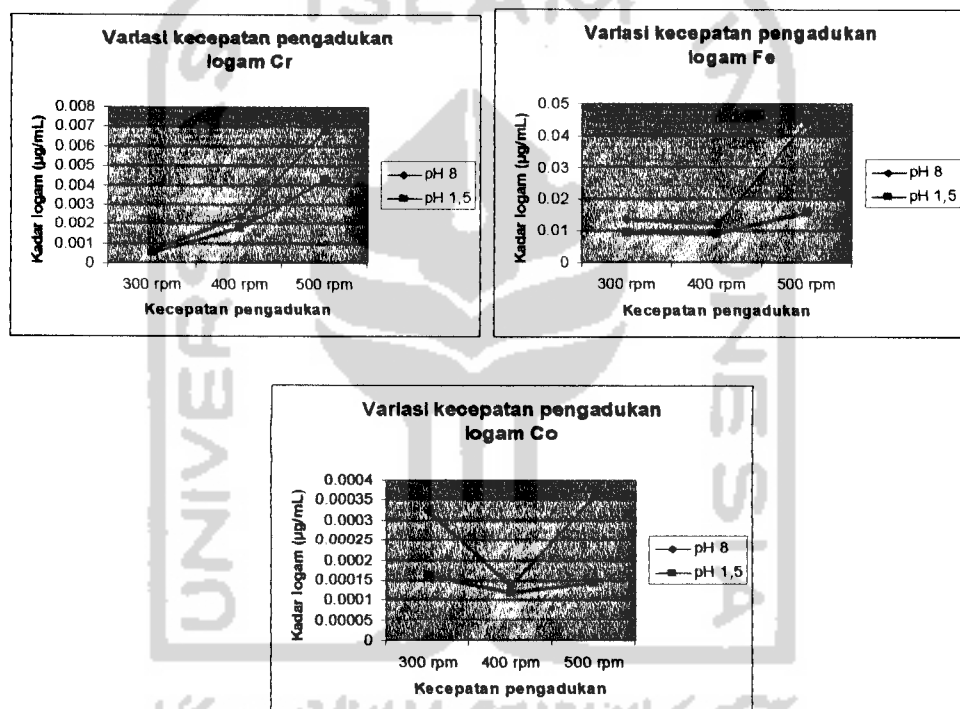
Tabel 9. Kandungan unsur logam yang telah teradsorpsi oleh karbon aktif pada variasi kecepatan pengadukan dengan pH 1,5 selama 30 menit dengan karbon aktif 0,1 g waktu cacah 2000 detik.

Variasi kecepatan pengadukan	Kadar logam ($\mu\text{g/mL}$)		
	Cr	Fe	Co
300 rpm	0,00054	0,009481	0,000161
400 rpm	0,001781	0,009104	0,000119
500 rpm	0,004253	0,015953	0,000143

Tabel 10. Kandungan unsur logam yang telah teradsorpsi oleh karbon aktif pada variasi kecepatan pengadukan dengan pH 8 selama 30 menit dengan karbon aktif 0,1 g waktu cacah 2000 detik.

Variasi kecepatan pengadukan	Kadar logam ($\mu\text{g/mL}$)		
	Cr	Fe	Co
300 rpm	0,000629	0,013797	0,000321
400 rpm	0,002344	0,012066	0,000134
500 rpm	0,006797	0,043935	0,000359

Dari tabel dan gambar tersebut dapat dilihat bahwa semakin cepat pengadukan yang dilakukan, maka semakin banyak logam yang dapat terserap pada karbon aktif dan dapat terdeteksi oleh AAN. Kecepatan pengadukan dilakukan agar karbon aktif dalam sampel air laut lebih homogen, semakin besar homogenitasnya semakin besar pula interaksi karbon aktif terhadap sampel air laut sehingga logam dapat terserap dalam karbon aktif lebih baik. Hal ini berlaku untuk pH 1,5 dan pH 8.



Gambar 7. Gambar grafik dengan variasi kecepatan pengadukan untuk logam Cr, Fe dan Co

Sehingga didapatkan kesimpulan sementara bahwa pH 8 dengan kecepatan pengadukan 500 rpm karbon aktif paling banyak mengadsorpsi logam Cr, Fe dan Co dalam air laut dengan AAN.

5.3.3 Variasi lama waktu pengadukan.

Pada analisis kuantitatif karbon aktif dimasukkan ke dalam sampel air laut yang kemudian diaduk dengan pengaduk magnet dimana waktu pengadukan juga diperlukan. Oleh karena itu dilakukanlah variasi lama waktu pengadukan, dimana variasi yang dilakukan yaitu 10, 30 dan 60 menit.

Dari perhitungan didapatkan hasil seperti pada Tabel 11 dan 12. Dimana hasil tersebut didapatkan dari perhitungan laju pencacahan dan aktivitas sinar gamma setiap unsur setelah diiradiasi dengan neutron dan di cacah dengan detektor Ge-Li, dengan rumus perhitungan dari 4 hingga 7.

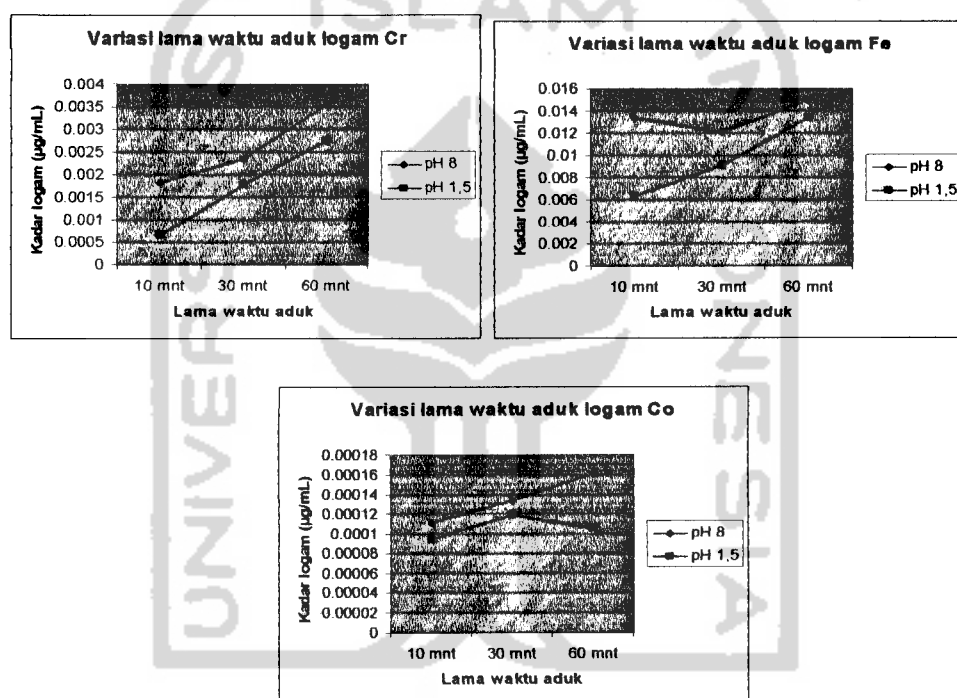
Tabel 11. Kandungan unsur logam yang telah teradsorpsi oleh karbon aktif pada variasi lama waktu pengadukan dengan penambahan 0,1 gr karbon aktif, pH 1,5 pada kecepatan 400 rpm dan waktu cacah 2000 detik.

Variasi lama waktu pengadukan	Kadar logam ($\mu\text{g/mL}$)		
	Cr	Fe	Co
10 menit	0,000643	0,006305	$9,51 \times 10^{-5}$
30 menit	0,001781	0,009104	0,000119
60 menit	0,002752	0,013403	0,000106

Tabel 12. Kandungan unsur logam yang telah teradsorpsi oleh karbon aktif pada variasi lama waktu pengadukan dengan penambahan 0,1 gr karbon aktif, pH 8 pada kecepatan 400 rpm dan ph 8 waktu cacah 2000 detik.

Variasi lama waktu pengadukan	Kadar logam ($\mu\text{g/mL}$)		
	Cr	Fe	Co
10 menit	0,001837	0,01341	0,000111
30 menit	0,002344	0,012066	0,000134
60 menit	0,003549	0,015023	0,000161

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa semakin lama waktu pengadukan yang dilakukan, maka semakin banyak logam yang dapat terserap dan dapat terdeteksi oleh AAN. Lama waktu pengadukan dilakukan agar interaksi karbon aktif terhadap sampel air laut dapat lebih maksimal, sehingga semakin lama waktu yang dibutuhkan, semakin maksimal karbon aktif dapat menyerap logam pada air laut. Hal ini juga berlaku pada pH 1,5 dan pH 8, lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Gambar grafik dengan variasi lama waktu pengadukan untuk logam Cr, Fe dan Co

Pada gambar menunjukkan bahwa pH 8 lebih optimal dalam menyerap logam dibandingkan pH 1,5. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pH 8 dengan lama waktu pengadukan 60 menit karbon aktif paling banyak mengadsorbsi logam Cr, Fe dan Co dalam air laut dengan AAN.

5.3.4 Variasi pH

Analisis kuantitatif pada percobaan ini menggunakan variasi pH, dimana pH yang divariasi adalah pH 1,5 dengan menambahkan HNO₃ pekat buatan Merck dan pH 8 dengan menambahkan NH₄OH 0,01M. Data untuk variasi pH dapat dilihat pada data sebelumnya.

Pada hasil keseluruhan yang ada dapat dilihat bahwa pH 8 mempunyai kemampuan adsorpsi lebih baik daripada pH 1,5 baik untuk logam Cr, Fe dan Co. Pada logam Cr dan Fe pH yang lebih asam mempunyai konsentrasi semakin kecil karena kestabilan senyawa kompleks yang terbentuk dipengaruhi oleh keasaman ion logam dan kebasaan ligan. Semakin besar muatan ion logam semakin tinggi keasamannya, semakin besar kemampuannya untuk menerima pasangan elektron, sehingga senyawa kompleks yang terbentuk semakin stabil dan senyawa akan menjadi pasif.

Konsentrasi logam Co, dalam suasana asam lebih kecil daripada suasana basa karena logam ini mudah terlarut dalam suasana asam. Sedangkan karbon aktif lebih suka menyerap senyawa yang lebih kompleks dari pada ion logam bebas. Sehingga Co yang telah larut tersebut akan sulit terserap oleh karbon.

Pada analisis air laut dengan menggunakan karbon aktif mempunyai air sisa yang kemudian dipekatkan sebanyak tiga kali faktor pemekatan. Setelah dianalisis dengan AAN, didapatkan hasil seperti pada Lampiran 2. Air laut sisa yang telah dipekatkan sebanyak tiga kali faktor pemekatan mengandung unsur-unsur yang sangat beragam. Unsur-unsur tersebut dapat terlihat tetapi sangat kecil kadarnya

dibandingkan dengan kadar unsur dalam karbon aktif yang telah menyerap unsur-unsur dalam sampel air laut. Kecilnya kadar logam tersebut karena unsur-unsur tersebut dalam sampel air laut sisa telah terserap oleh karbon aktif.

Dari hasil keseluruhan dapat dilihat bahwasannya karbon aktif 2186 merupakan adsorben yang baik untuk digunakan dalam analisis air laut untuk metode AAN.

Tabel 13. Kandungan unsur Cr, Fe dan Co dalam karbon aktif yang belum digunakan

Karbon aktif	T tunda	Berat (μg)		
		Cr	Fe	Co
	10.8	0.209034	1.55532	0.013108

Dari Tabel 13 dapat dilihat bahwa karbon aktif yang belum digunakan juga mengandung unsur-unsur kelumit, tetapi unsur-unsur ini mempunyai kadar yang sangat kecil jika dibandingkan dengan karbon aktif yang telah dikeringkan hasil campuran dengan air laut. Unsur-unsur kelumit tersebut terdapat pada karbon aktif yang belum digunakan kemungkinan dikarenakan faktor bawaan dan faktor penyimpanan yang kurang baik (karbon aktif telah terkontaminasi dari luar).

Air laut yang dipekatkan sebanyak tiga kali sebelum diberi karbon aktif juga dapat dijumpai unsur Cr, Fe dan Co, tetapi jika dibandingkan dengan karbon aktif yang digunakan sebagai adsorben kadar unsur dalam sampel air laut jauh lebih kecil.

Tabel 14. Kandungan unsur Cr, Fe dan Co dalam air laut sebelum diberi adsorben karbon aktif.

Air laut	T tunda	Berat ($\mu\text{g/mL}$)		
		Cr	Fe	Co
amm	16.85	0.0021325	0.009121	0.0002085

Keterangan: amm = air Muria murni

Dalam analisis dengan menggunakan air laut unsur mayor seperti Na, Cl dan Br dapat mengganggu unsur-unsur minor dan kelumit, sehingga konsentrasi unsur-unsur yang lain kecil karena sulit dideteksi dengan AAN, tetapi dengan penambahan karbon aktif dalam air laut unsur-unsur tersebut tidak mengganggu unsur-unsur lain. Hal ini dikarenakan sifat karbon aktif dimana apabila dalam suatu larutan terdapat lebih dari satu senyawa, maka yang akan lebih terserap adalah senyawa yang lebih kompleks atau yang dapat menurunkan tegangan muka.

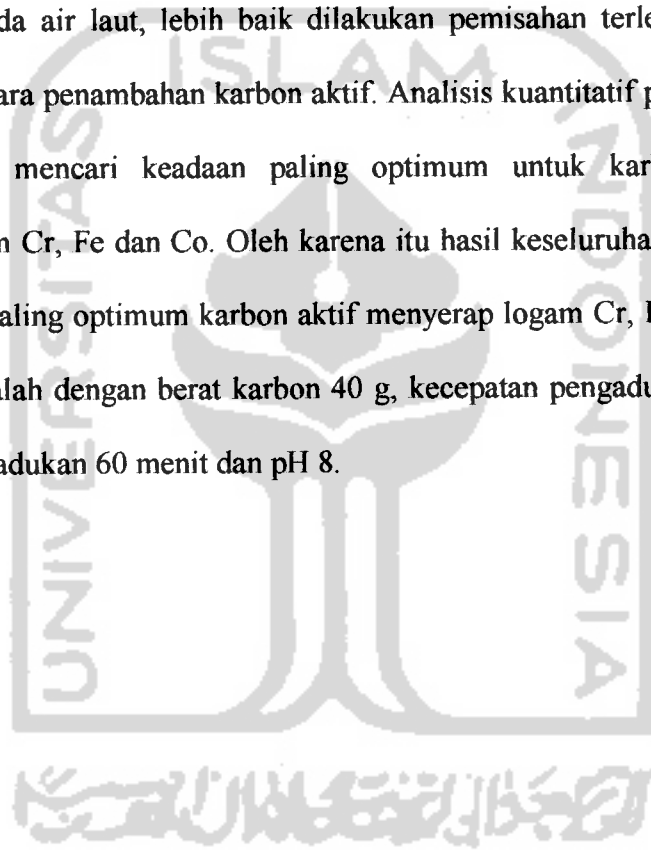
Unsur Cr, Fe dan Co merupakan unsur transisi dimana mempunyai struktur elektron d, sehingga lebih mudah untuk terbentuk kompleks, tetapi tidak demikian dengan unsur Na, Cl dan Br (unsur yang terdapat paling banyak dalam air laut). Sehingga unsur-unsur seperti Na, Cl dan Br dalam karbon aktif tidak diperhitungkan atau dapat diabaikan meskipun dapat terdeteksi.

Hasil penelitian yang dilakukan juga dapat dipengaruhi yang oleh beberapa hal, antara lain:

1. Pengambilan cuplikan
2. Preparasi cuplikan, termasuk pemipetan, penimbangan, penutupan vial, kebersihan/kontaminasi dan homogenitas cuplikan.

3. Kestabilan alat.
4. Pembacaan alat/ luas spektrum (counting).
5. Ketelitian perhitungan data yang di dapat.
6. Sifat unsur yang dianalisis.

Dari hasil yang ada dapat ditarik kesimpulan bahwa untuk analisis menggunakan metode AAN pada air laut, lebih baik dilakukan pemisahan terlebih dahulu salah satunya dengan cara penambahan karbon aktif. Analisis kuantitatif pada penelitian ini bertujuan untuk mencari keadaan paling optimum untuk karbon aktif dalam penyerapan logam Cr, Fe dan Co. Oleh karena itu hasil keseluruhan dapat dikatakan bahwa keadaan paling optimum karbon aktif menyerap logam Cr, Fe dan Co dengan metode AAN adalah dengan berat karbon 40 g, kecepatan pengadukan 500 rpm dan lama waktu pengadukan 60 menit dan pH 8.



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

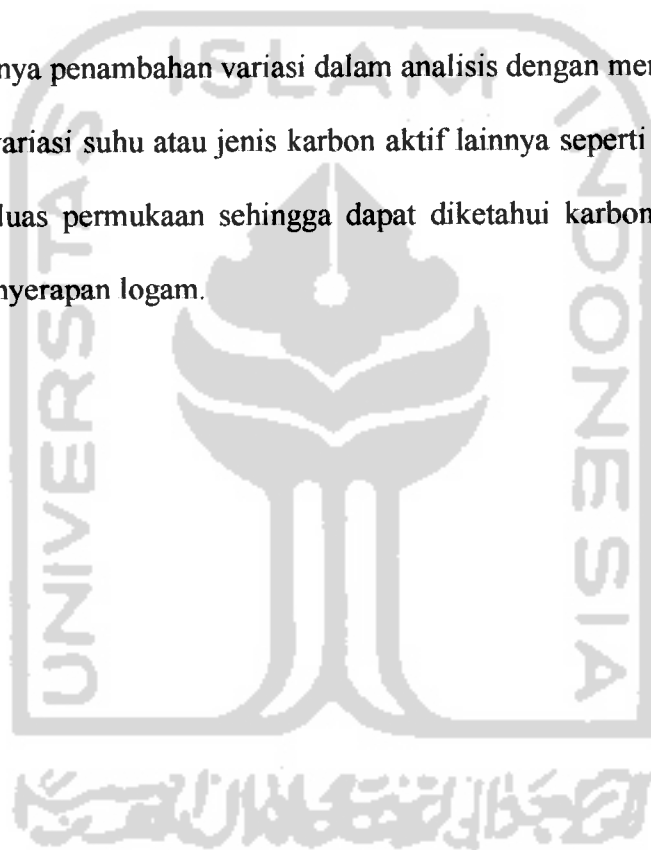
Dari penelitian ini dapat disimpulkan:

1. Penggunaan karbon aktif mempengaruhi analisis logam dalam air laut dengan menggunakan AAN. Logam Cr, Fe dan Co dalam sampel air laut yang dipreparasi dengan karbon aktif menunjukkan konsentrasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel yang tidak dipreparasi.
2. Penggunaan karbon aktif yang lebih baik dalam menyerap logam Cr, Fe dan Co pada kondisi berat karbon aktif 0,4 g, kecepatan pengadukan 500 rpm, lama waktu aduk 60 menit dan pH 8.
3. Kandungan logam Cr, Fe dan Co pada air laut Lemah Abang dengan metode AAN adalah:
 - a) Kandungan unsur logam untuk variasi berat karbon aktif 0,4 g dengan pH 8 kadar logam Cr 0,009927 $\mu\text{g/mL}$, logam Fe 0,041057 $\mu\text{g/mL}$ dan logam Co 0,000639 $\mu\text{g/mL}$.
 - b) Kandungan unsur logam untuk variasi kecepatan pengadukan 500 rpm dengan pH 8 kadar logam Cr 0,006797 $\mu\text{g/mL}$, logam Fe 0,043935 $\mu\text{g/mL}$ dan logam Co 0,000359 $\mu\text{g/mL}$.

- c) Kandungan unsur logam untuk variasi lama waktu pengadukan 60 menit dengan pH 8 kadar logam Cr 0,003549 $\mu\text{g/mL}$, logam Fe 0,015023 $\mu\text{g/mL}$ dan logam Co 0,000161 $\mu\text{g/mL}$.

6.2 Saran

Perlu adanya penambahan variasi dalam analisis dengan menggunakan karbon aktif ini seperti variasi suhu atau jenis karbon aktif lainnya seperti ukuran butir, luas permukaan dan luas permukaan sehingga dapat diketahui karbon aktif mana yang terbaik dalam penyerapan logam.



DAFTAR PUSTAKA

- Annonim, 1997. *Kamus Lengkap Kimia*, Erlangga, Jakarta
- Austin, G.T., 1996, *Industri Proses Kimia*, Jilid I, Erlangga, Jakarta
- Fitaharat, Evan, 1987, *Pengantar Oceanografi*, UI-Press, Jakarta
- Iswanoro, Sutanto, W., Suhardjo, H.S., 2002, *Penentuan Logam Berat di Dalam Sedimen Sungai Semarang Dengan Menggunakan Metoda APN*, Prosiding seminar national penelitian dan pengolahan perangkat nuklir, P3TN-BATAN, Jogjakarta, 122.
- Kuswadi Didi, 1985, *Kimia Anorganik*, Jilid 2, Tarsito, Bandung
- Palar, H., 1994, *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, p.133, Rineka Cipta, Jakarta.
- Pramana, D., Sudarmadji, 2000, *Sebaran Logam Berat Dalam Cuplikan Air Laut, Algae, dan Ikan di Daerah Semananjung Muria*, Prosiding Pertemuan Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir, P3TN-BATAN, Jogjakarta, 340.
- Prihanto, D., dkk, 1999, *Siklus Air*, PPPGT/VEDC, Malang.
- Rahmawati, Sri, 1994, *Evaluasi Komposisi Unsur-Unsur Kimia Berumur Pendek di Dalam Cuplikan Makanan Lendhutuk Lereng Gunung Merapi Secara APN*, Skripsi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Jogjakarta
- Sitorus, E.P., 2002, *Efektifitas Karbon Arang Aktif Dalam pemurnan Minyak dan Lemak Limbah Cair*, Skripsi, STTL, Jogjakarta
- Sukardjo, 1985, *Kimia Anorganik*, Bina Aksara, Yogyakarta
- Sukirnes, dkk, 1997, *Analisis Unsur Mayor dan Minor Sedimen Sungai di Daerah Muria secara APN*, Prosiding-Batan
- Sunandono, Agus F., Djati, P., 2001, *Penggunaan Karbon Aktif 2186 Untuk Mengatasi Interferensi Unsur Mayor Dalam Analisis Secara APN*, Prosiding Seminar Nasional Kimia dalam Pembangunan, Jogjakarta, 146-150.



Taftazani Agus., Sumining., Kris Tri Basuki., 2001, *Unjuk Kerja AANI Pada Analisis Logam Berat Dalam Cuplikan Lingkungan*, Prosiding Seminar Sains dan Teknologi Nuklir, PSIN-BATAN, Bandung, 263-271

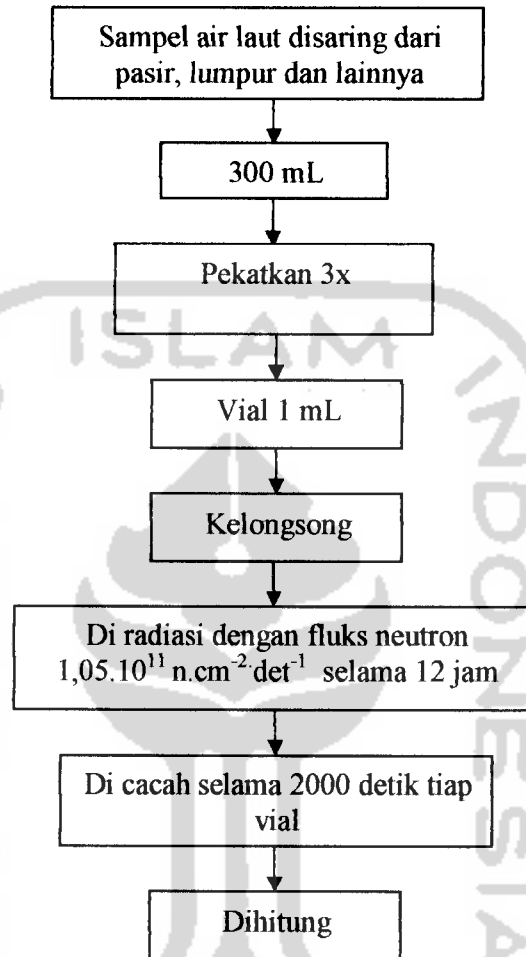
Underwood, A., L., 1999, *Analisis Kimia Kuantitatif*, Erlangga, Jakarta.



Lampiran - lampiran

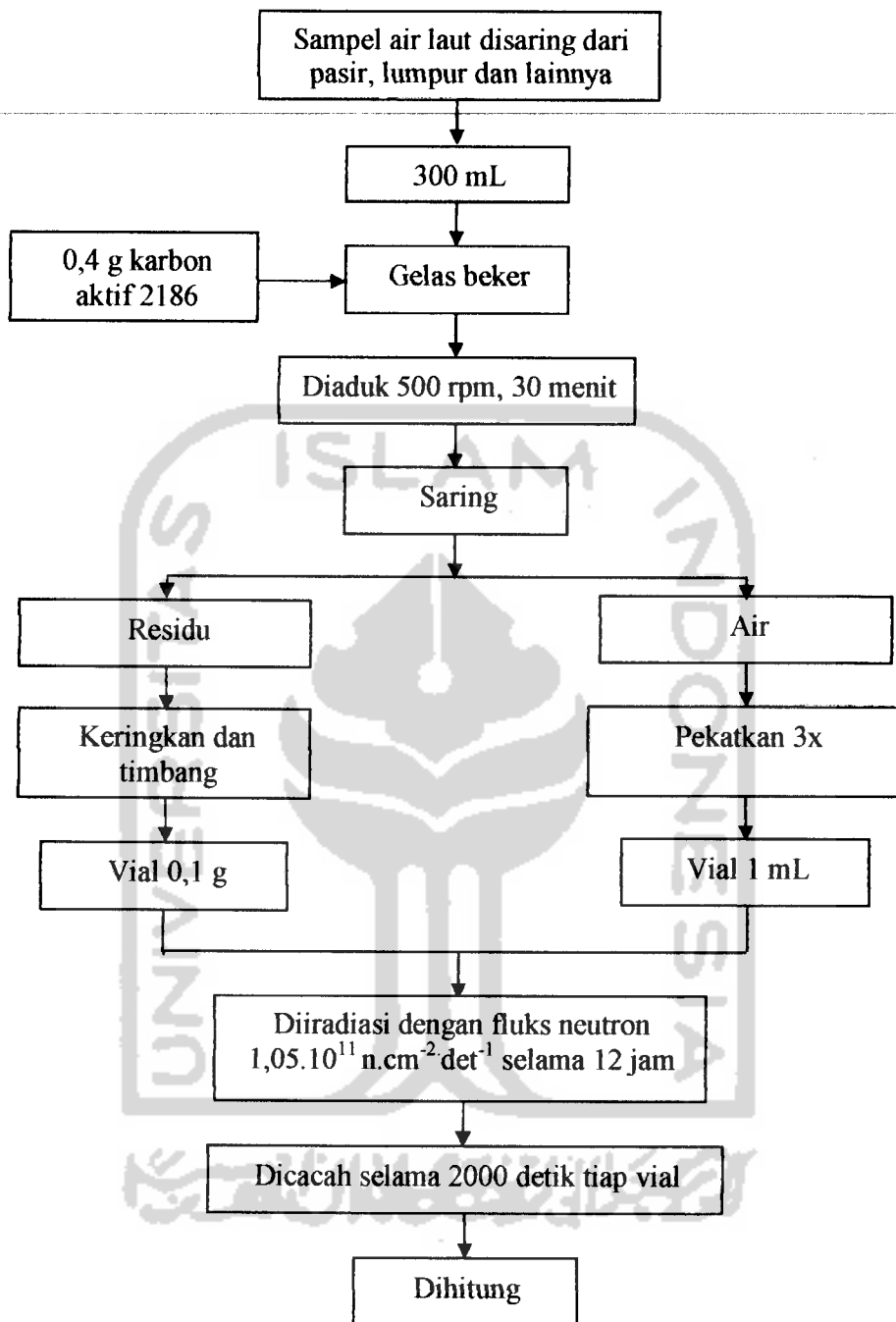


Lampiran 1. Skematika Kerja

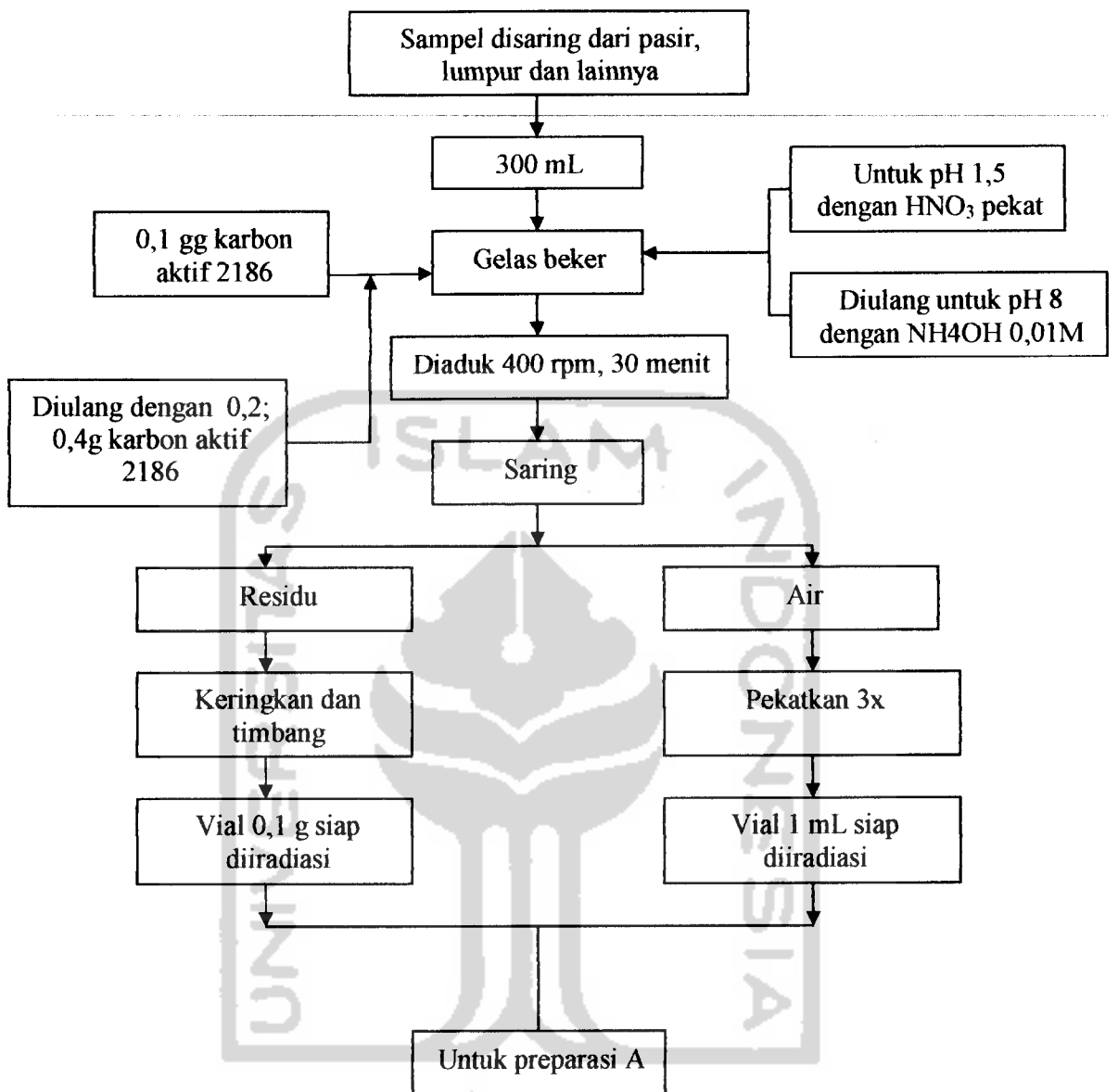


Skematika analisis kualitatif untuk air laut

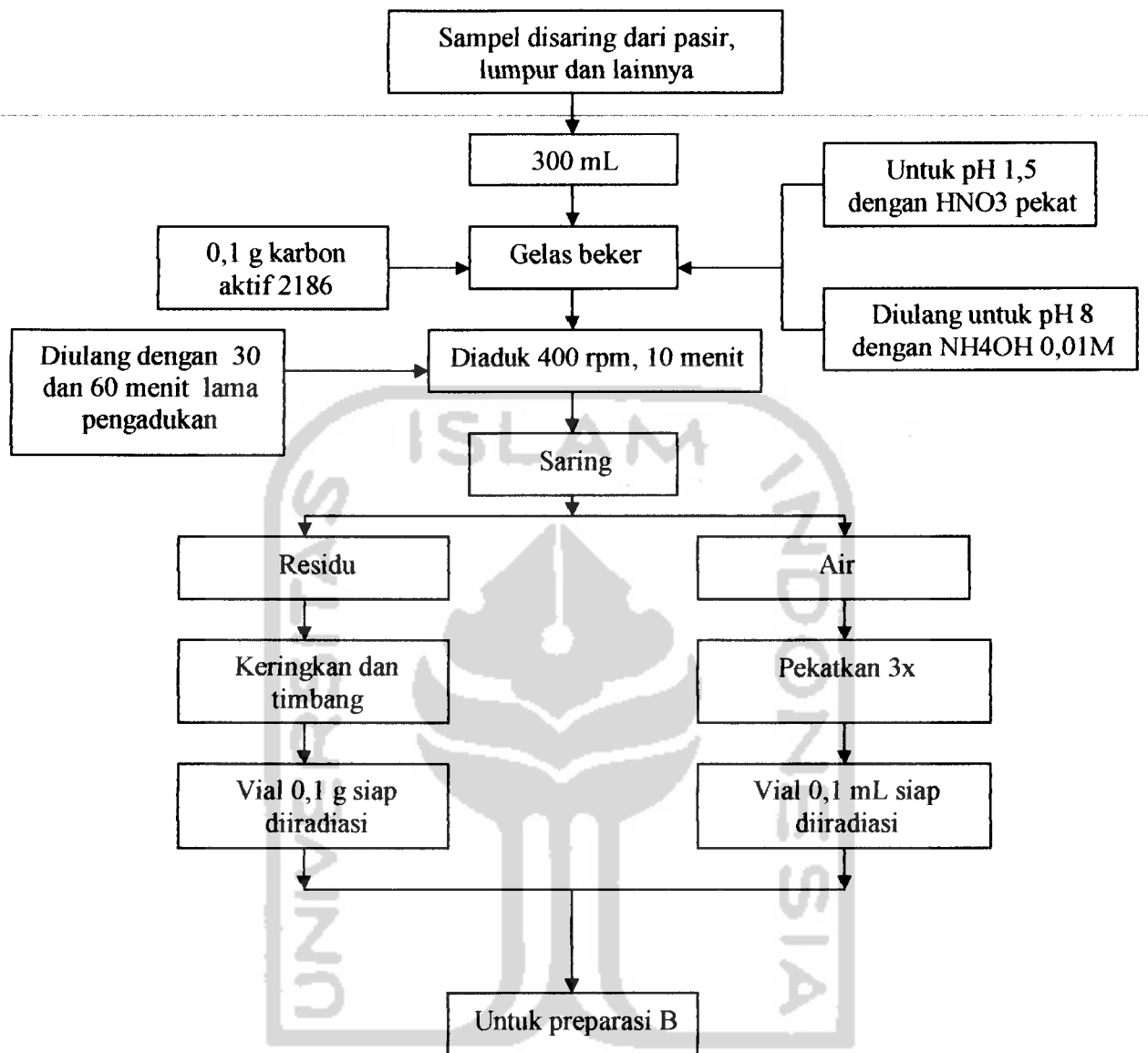




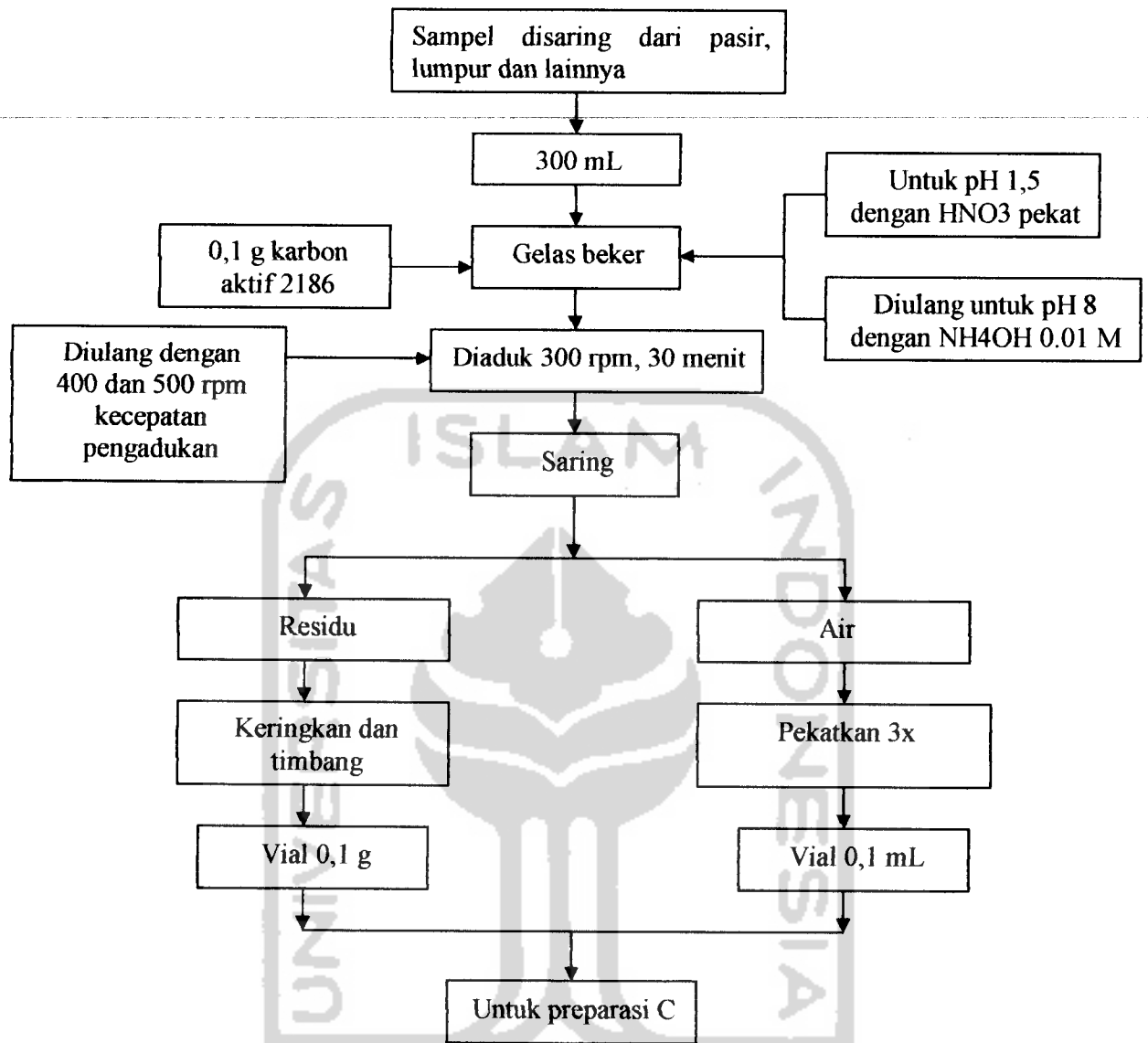
Skematika analisis kualitatif untuk karbon aktif



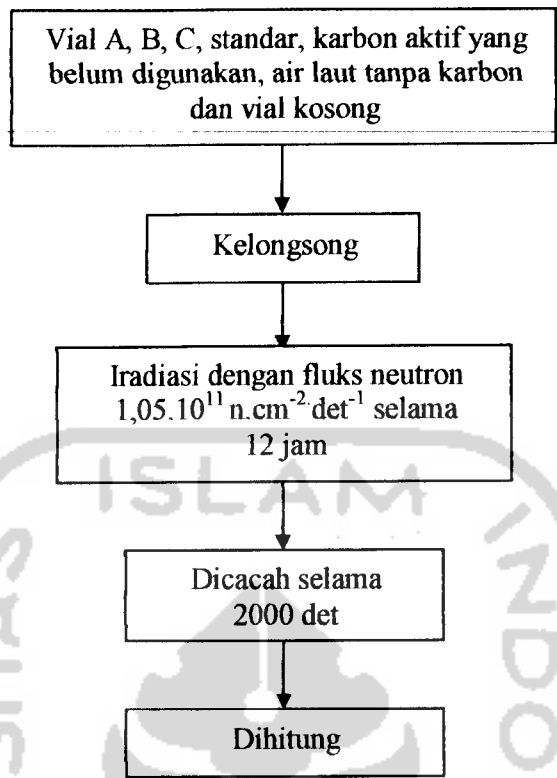
Skematika analisis kuantitatif untuk variasi berat karbon aktif



Skematika analisis kuantitatif untuk variasi waktu pengadukan



Skematika analisis kuantitatif untuk variasi kecepatan pengadukan



Skematika lanjutan dari keseluruhan preparasi

Lampiran 2. CONTOH HASIL PERHITUNGAN BERAT LOGAM

1. Perhitungan pembuatan standar

Standard unsur Cr sebagai berikut:

$$K1 = 1000 \text{ ppm}$$

$$V2 = 50 \text{ mL}$$

$$K2 = 20 \text{ ppm}$$

$$V1 \times K1 = V2 \times K2$$

$$V1 \times 1000 \text{ ppm} = 50 \text{ mL} \times 20 \text{ ppm}$$

$$V = \frac{50 \text{ mL} \times 20 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppm}}$$

$$V = 1 \text{ mL}$$

2. Perhitungan Cr dalam karbon aktif pada air laut Lemah Abang untuk variasi berat karbon aktif dengan waktu cacah 2000 detik adalah sebagai berikut:

$$t \text{ cacah} = 2000 \text{ detik}$$

$$t_{1/2} = 27,8 \text{ hari}$$

$$t \text{ tunda} = 10,75 \text{ hari}$$

$$\text{selulosa} = 0,1 \text{ gr}$$

$$\text{larutan standard} = 0,25 \text{ ml}$$

$$\text{berat Cr} = 5 \mu\text{g}$$

$$\text{Cps cup} = \frac{\text{Netto}}{t \text{ cacah}} \times e^{0,693 \cdot t / t_{1/2}}$$

$$\text{Cps cup} = \frac{45}{2000} \times e^{0,693 \cdot 10,76 / 27,8}$$

$$= 0,0225 \times 1,3073$$

$$= 0,0294$$

$$\text{Cps std} = \frac{\text{Netto}}{t \text{ cacah}} \times e^{0,693 \cdot t / t_{1/2}}$$

$$\text{Cps std} = \frac{320}{2000} \times e^{0,693 \cdot 10,75 / 27,8}$$

$$= 0,16 \times 1,307$$

$$= 0,2092$$

$$\text{Berat logam Cr} = \frac{\text{Cps cup}}{\text{Cps std}} \times \text{berat standar}$$

$$= \frac{0,0294}{0,2092} \times 5 \mu\text{g}$$

$$= 0,7027 \mu\text{g}$$

Jika ingin mencari kadar logam dengan ppm, maka;

$$\frac{\text{Berat logam}}{\text{mL air}} = \frac{0,7027 \mu\text{g}}{300 \text{ mL}} = 0,002342 \mu\text{g / mL} = 0,002342 \text{ ppm}$$

2. Perhitungan untuk air laut sisa penyerapan karbon aktif sebagai berikut:

$$t \text{ cacah} = 2000 \text{ detik}$$

$$t_{1/2} = 27,8 \text{ hari}$$

$$t \text{ tunda} = 14,9 \text{ hari}$$

$$\text{sellulosa} = 0,1 \text{ gr}$$

$$\text{larutan standard} = 1 \text{ mL}$$

$$\text{Cps cup} = \frac{\text{Netto}}{t \text{ cacah}} \times e^{0,693 \cdot t / t_{1/2}}$$

$$\text{Cps cup} = \frac{19}{2000} \times e^{0,693 \cdot 14,927,8}$$

$$= 0,0095 \times 1,4498$$

$$= 0,0138$$

Karena dilakukan pemekatan sebanyak tiga kali faktor pemekatan, maka:

$$\frac{0,0138}{3} = 0,0046$$

$$\text{Cps std} = \frac{\text{Netto}}{t \text{ cacah}} \times e^{0,693 \cdot t / t_{1/2}}$$

$$\text{Cps std} = \frac{2252}{2000} \times e^{0,693 \cdot 14,9427,8}$$

$$= 1,126 \times 1,4512$$

$$= 1,6341$$

$$\text{Berat logam Cr} = \frac{\text{Cps cup}}{\text{Cps std}} \times \text{berat standar}$$

$$= \frac{0,0046}{1,6341} \times 5 \mu\text{g}$$

$$= 0,0141 \mu\text{g}$$

Jika ingin mencari kadar logam dengan ppm maka:

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Berat logam}}{\text{mL air}} \\ &= \frac{0,0141 \mu\text{g}}{300 \text{ mL}} = 0,000047 \mu\text{g/mL} = 0,000047 \text{ ppm} \end{aligned}$$



Lampiran 3. DATA HASIL KESELURUHAN

Tabel keseluruhan dari variasi berat jumlah karbon aktif 2186 dengan pH 1,5 pada waktu cacah 2000 detik

Kode	Unsur	T tunda cuplikan	Netto cuplikan	Cps cuplikan	T tunda standar	Netto standar	Cps standar	Berat logam (µg)	Kadar logam (µg/mL)
Mj2 (0,1 g)	Cr	10.97	78	0.022347	10.75	320	0.209171	0.534171	0.001781
	Co		23	0.009036		559	0.280608	0.035781	0.000119
	Fe		152	0.053854		4179	2.464793	2.73116	0.009104
Mj4 (0,2 g)	Cr	11.76	91	0.030165	11.84	384	0.257918	0.58477	0.001949
	Co		25	0.010043		163	0.081856	0.138033	0.00046
	Fe		184	0.073082		3245	1.946241	4.693764	0.015646
Mj6 (0,4 g)	Cr	11.81	174	0.085909	11.84	384	0.257918	1.665421	0.005551
	Co		31	0.013057		163	0.081856	0.184047	0.000613
	Fe		303	0.144477		3245	1.946241	9.279235	0.030931

Tabel keseluruhan dari variasi berat jumlah karbon aktif 2186 dengan pH 8 pada waktu cacah 2000 detik

Kode	Unsur	T tunda cuplikan	Netto cuplikan	Cps cuplikan	T tunda standar	Netto standar	Cps standar	Berat logam (µg)	Kadar logam (µg/mL)
Mj1 (0,1 g)	Cr	10.76	89	0.029422	10.75	320	0.209171	0.7033	0.002344
	Co		25	0.01004		559	0.280608	0.040251	0.000134
	Fe		182	0.071377		4179	2.464793	3.619843	0.012066
Mj3 (0,2 g)	Cr	11.01	154	0.07237	10.75	320	0.209171	1.729926	0.005766
	Co		26	0.010543		559	0.280608	0.042491	0.000142
	Fe		203	0.084088		4179	2.464793	4.264431	0.014215
Mj5 (0,4 g)	Cr	11.79	275	0.153619	11.84	384	0.257918	2.978057	0.009927
	Co		32	0.013559		163	0.081856	0.191714	0.000639
	Fe		382	0.191778		3245	1.946241	12.31719	0.041057

Tabel keseluruhan dari variasi kecepatan pengadukan 2186 dengan pH 1,5 pada waktu cacah 2000 detik

Kode	Unsur	T tunda cuplikan	Netto cuplikan	Cps cuplikan	T tunda standar	Netto standar	Cps standar	Berat logam (µg)	Kadar logam (µg/mL)
Mk4 (300 rpm)	Cr	11.95	48	0.008082	12	370	0.249508	0.16196	0.00054
	Co		20	0.007533		337	0.169246	0.048219	0.000161
	Fe		125	0.040853		2986	1.79531	2.844431	0.009481
Mk2 (400 rpm)	Cr	10.97	78	0.022347	10.75	320	0.209171	0.534171	0.001781
	Co		23	0.009036		559	0.280608	0.035781	0.000119
	Fe		152	0.053854		4179	2.464793	2.73116	0.009104
Mk6 (500 rpm)	Cr	12.97	167	0.096028	12.95	545	0.376326	1.275865	0.004253
	Co		25	0.010048		526	0.264256	0.042776	0.000143
	Fe		178	0.072622		3109	1.89675	4.785967	0.015953

Tabel keseluruhan dari variasi kecepatan pengadukan 2186 dengan pH 8 pada waktu cacah 2000 detik

Kode	Unsur	T tunda cuplikan	Netto cuplikan	Cps cuplikan	T tunda standar	Netto standar	Cps standar	Berat logam (µg)	Kadar logam (µg/mL)
Mk3 (300 rpm)	Cr	11.92	50	0.009422	12	370	0.249508	0.188812	0.000629
	Co		33	0.014062		337	0.169246	0.096436	0.000321
	Fe		156	0.05945		2986	1.79531	4.139249	0.013797
Mk1 (400 rpm)	Cr	10.76	89	0.029422	10.75	320	0.209171	0.7033	0.002344
	Co		25	0.01004		559	0.280608	0.040251	0.000134
	Fe		182	0.071377		4179	2.464793	3.619843	0.012066
Mk5 (500 rpm)	Cr	11.97	187	0.10175	12	370	0.249508	2.039015	0.006797
	Co		36	0.015568		337	0.169246	0.107566	0.000359
	Fe		372	0.189304		2986	1.79531	13.18046	0.043935

Tabel keseluruhan dari variasi lama waktu aduk 2186 dengan pH 1,5 pada waktu cacah 2000 detik

Kode	Unsur	T tunda cuplikan	Netto cuplikan	Cps cuplikan	T tunda standar	Netto standar	Cps standar	Berat logam (µg)	Kadar logam (µg/mL)
Mw4 (10 mnt)	Cr	13.01	49	0.014522	12.95	545	0.376326	0.192949	0.000643
	Co		19	0.007034		526	0.264256	0.028518	9.51E-05
	Fe		106	0.0287		3109	1.89675	1.891418	0.006305
Mw2 (30 mnt)	Cr	10.97	78	0.022347	10.75	320	0.209171	0.534171	0.001781
	Co		23	0.009036		559	0.280608	0.035781	0.000119
	Fe		152	0.053854		4179	2.464793	2.73116	0.009104
Mw6 (60 mnt)	Cr	13.83	223	0.131283	13.85	1126	0.795152	0.825521	0.002752
	Co		32	0.013569		982	0.493509	0.031823	0.000106
	Fe		233	0.102034		5128	3.172074	4.0208	0.013403

Tabel keseluruhan dari variasi lama waktu aduk 2186 dengan pH 8 pada waktu cacah 2000 detik

Kode	Unsur	T tunda cuplikan	Netto cuplikan	Cps cuplikan	T tunda standar	Netto standar	Cps standar	Berat logam (µg)	Kadar logam (µg/mL)
Mw3 (10 mnt)	Cr	12.99	88	0.041472	12.95	545	0.376326	0.551008	0.001837
	Co		21	0.008038		526	0.264256	0.03327	0.000111
	Fe		159	0.061046		3109	1.89675	4.023057	0.01341
Mw1 (30 mnt)	Cr	10.76	89	0.029422	10.75	320	0.209171	0.7033	0.002344
	Co		25	0.01004		559	0.280608	0.040251	0.000134
	Fe		182	0.071377		4179	2.464793	3.619843	0.012066
Mw5 (60 mnt)	Cr	13.81	277	0.169313	13.85	1126	0.795152	1.064657	0.003549
	Co		45	0.020102		982	0.493509	0.04837	0.000161
	Fe		253	0.114367		5128	3.172074	4.506785	0.015023

Keterangan: Mj = Muria jenis
Mk = Muria kecepatan
Mw = Muria waktu

Tabel hasil keseluruhan air sisa dari variasi berat karbon aktif pada pH 1,5 dengan waktu cacah 2000 detik

Kode	Unsur	T tunda cuplikan	Netto cuplikan	Cps cuplikan	T tunda standar	Netto standar	Cps standar	Berat logam (µg)	Kadar logam (µg/mL)
Amj 2	Cr	14.92	9	0.006527	14.94	2252	1.634107	0.056218	0.000187
	Co		8	0.005802		756	0.548572	0.039663	0.000132
	Fe		34	0.024659		8753	6.351395	0.647074	0.002157
Amj 4	Cr	14.99	10	0.007265	15.01	1461	1.06199	0.072973	0.000243
	Co		6	0.004359		336	0.244236	0.079326	0.000264
	Fe		32	0.023249		7633	5.548368	0.698372	0.002328
Amj 6	Cr	15.8	9	0.006672	15.82	3523	2.613075	0.035936	0.00012
	Co		10	0.007413		563	0.417588	0.029589	9.86E-05
	Fe		26	0.019275		6731	4.992508	0.643467	0.002145

Tabel hasil keseluruhan air sisa dari variasi berat karbon aktif pada pH 8 dengan waktu cacah 2000 detik

Kode	Unsur	T tunda cuplikan	Netto cuplikan	Cps cuplikan	T tunda standar	Netto standar	Cps standar	Berat logam (µg)	Kadar logam (µg/mL)
Amj1	Cr	14.9	11	0.007974	14.94	2252	1.634107	0.044361	0.000148
	Co		10	0.007249		756	0.548572	0.022024	7.34E-05
	Fe		46	0.033345		8753	6.351395	0.875017	0.002917
Amj3	Cr	14.96	16	0.011616	15.01	1461	1.06199	0.072918	0.000243
	Co		9	0.006534		336	0.244236	0.044587	0.000149
	Fe		32	0.023232		7633	5.548368	0.69785	0.002326
Amj5	Cr	15.79	10	0.007412	15.82	3523	2.613075	0.034036	0.000113
	Co		9	0.00667		563	0.417588	0.026623	8.87E-05
	Fe		43	0.03187		6731	4.992508	1.063929	0.003546

Tabel hasil keseluruhan air sisa dari variasi kecepatan pengadukan pada pH 1,5 dengan waktu cacah 2000 detik

Kode	Unsur	T tunda cuplikan	Netto cuplikan	Cps cuplikan	T tunda standar	Netto standar	Cps standar	Berat logam (µg)	Kadar logam (µg/mL)
Amk4	Cr	15.85	11	0.008165	15.9	4523	3.36149	0.016193	5.4E-05
	Co		5	0.003711		895	0.665163	0.027898	9.3E-05
	Fe		40	0.029691		8925	6.633054	0.746035	0.002487
Amk2	Cr	14.92	9	0.006527	14.94	2252	1.634107	0.050301	0.000168
	Co		8	0.005802		756	0.548572	0.039663	0.000132
	Fe		34	0.024659		8753	6.351395	0.647074	0.002157
Amk6	Cr	15.95	8	0.005953	15.97	1497	1.114512	0.08012	0.000267
	Co		7	0.005209		1120	0.833837	0.025285	8.43E-05
	Fe		32	0.023812		8096	6.02745	0.658433	0.002195

Tabel hasil keseluruhan air sisa dari variasi kecepatan pengadukan pada pH 8 dengan waktu cacah 2000 detik

Kode	Unsur	T tunda cuplikan	Netto cuplikan	Cps cuplikan	T tunda standar	Netto standar	Cps standar	Berat logam (µg)	Kadar logam (µg/mL)
Amk3	Cr	15.84	18	0.013358	15.9	4523	3.36149	0.026491	8.83E-05
	Co		11	0.008163		895	0.665163	0.020454	6.82E-05
	Fe		25	0.018552		8925	6.633054	0.466156	0.001554
Amk1	Cr	14.9	11	0.007974	14.94	2252	1.634107	0.050275	0.000168
	Co		10	0.007249		756	0.548572	0.022024	7.34E-05
	Fe		46	0.033345		8753	6.351395	0.875017	0.002917
Amk5	Cr	15.92	9	0.006692	15.97	1497	1.114512	0.088956	0.000297
	Co		8	0.005949		1120	0.833837	0.01189	3.96E-05
	Fe		37	0.027512		8096	6.02745	0.760744	0.002536

Tabel hasil keseluruhan air sisa dari variasi lama waktu aduk pada pH 1,5 dengan waktu cacah 2000 detik

Kode	Unsur	T tunda cuplikan	Netto cuplikan	Cps cuplikan	T tunda standar	Netto standar	Cps standar	Berat logam (µg)	Kadar logam (µg/mL)
Amw4	Cr	16.02	14	0.010436	16.81	1658	1.260496	0.055195	0.000184
	Co		12	0.008945		678	0.51545	0.028923	9.64E-05
	Fe		37	0.027581		7860	5.975573	0.769264	0.002564
Amw2	Cr	14.92	9	0.006527	14.94	2252	1.634107	0.056218	0.000187
	Co		8	0.005802		756	0.548572	0.039663	0.000132
	Fe		34	0.024659		8753	6.351395	0.647074	0.002157
Amw6	Cr	16.83	9	0.006846	16.85	1348	1.025841	0.09392	0.000313
	Co		8	0.006085		792	0.60272	0.03786	0.000126
	Fe		25	0.019016		6665	5.072128	0.624845	0.002083

Tabel hasil keseluruhan air sisa dari variasi lama waktu aduk pada pH 8 dengan waktu cacah 2000 detik

Kode	Unsur	T tunda cuplikan	Netto cuplikan	Cps cuplikan	T tunda standar	Netto standar	Cps standar	Berat logam (µg)	Kadar logam (µg/mL)
Amw3	Cr	15.99	16	0.011918	16.81	1658	1.260496	0.063033	0.00021
	Co		5	0.003724		678	0.51545	0.012042	4.01E-05
	Fe		51	0.037988		7860	5.975573	1.059544	0.003532
Amw1	Cr	14.9	11	0.007974	14.94	2252	1.634107	0.032531	0.000108
	Co		10	0.007249		756	0.548572	0.022024	7.34E-05
	Fe		46	0.033345		8753	6.351395	0.875017	0.002917
Amw5	Cr	16.82	8	0.006084	16.85	1348	1.025841	0.088954	0.000297
	Co		6	0.004563		792	0.60272	0.012617	4.21E-05
	Fe		28	0.021292		6665	5.072128	0.699652	0.002332

Keterangan: Amj = air muria jenis
Amk = air muria kecepatan
Amw = air muria waktu

Tabel hasil keseluruhan air laut dengan 3X faktor pemekatan dengan waktu cacah 2000 detik

Kode	Unsur	T tunda cuplikan	Netto cuplikan	Cps cuplikan	T tunda standar	Netto standar	Cps standar	Berat logam (µg)	Kadar logam (µg/mL)
amm1	Cr	9.85	110	0.070307	16.86	1287	0.979663	0.569659	0.001899
	Co		24	0.01534		679	0.516854	0.058895	0.000196
	Fe		98	0.062637		5634	4.288597	2.898343	0.009661
amm2	Cr	9.87	137	0.087608	16.86	1287	0.979663	0.709838	0.002366
	Co		27	0.017266		679	0.516854	0.06629	0.000221
	Fe		87	0.055634		5634	4.288597	2.574302	0.008581

Keterangan: amm = air muria murni

Tabel blangko berupa vial kosong

Kode	Unsur	T tunda	Netto	Cps	T tunda standar	Netto standar	Cps standar	Berat logam (µg)
blk 1	Cr	11.89	16	0.01076	10.75	320	0.209171	0.257206
	Co		0	0		559	0.280608	0
	Fe		20	0.01345		4179	2.464793	0.682106
blk 2	Cr	12.02	18	0.012144	11.84	384	0.257918	0.235429
	Co		0	0		163	0.081856	0
	Fe		21	0.014168		3245	1.946241	0.909982
blk 3	Cr	13.76	8	0.005637	12	370	0.249508	0.112957
	Co		0	0		337	0.169246	0
	Fe		16	0.011273		2986	1.79531	0.784925
blk 4	Cr	13.92	0	0	12.95	545	0.376326	0
	Co		2	0.001		526	0.264256	0.00473
	Fe		18	0.012733		3109	1.89675	0.839155
blk 5	Cr	14.04	9	0.006386	13.85	1126	0.795152	0.040154
	Co		0	0		982	0.493509	0
	Fe		27	0.019157		5128	3.172074	0.754917
blk 6	Cr	14.89	19	0.01377	13.98	558	0.395324	0.174157
	Co		2	0.001449		784	0.394022	0.004598
	Fe		11	0.007972		3138	1.944983	0.51234

Keterangan: blk= blangko

Lampiran 4

TABEL TENAGA RADIONUKLIDA

Tenaga keV	Isotop	Intensitas	Usur paro	Tenaga keV	Isotop	Intensitas	Usur paro	Tenaga keV	Isotop	Intensitas	Usur Paro
49,1	Th-161	30	7,2 h	136,5	Co-57	6	270 h	238,8	Am-77	60	38,7 j
51,4	Rh-104m	-	4,4 m	137,0	Ra-186	90	2,2 h	242,0	Pb-214	-	Ra-226 series
57,5	Ni-180m	30	5,5 j	139,0	Nd-151	-	12,0 m	245,4	Ag-111	10	7,4 h
57,5	Co-60m	100	10,5 m	139,0	Os-193	20	31,5 j	245,4	Gd-111m	75	48 h
57,8	Ir-192m	100	1,5 m	139,8	Ge-75m	100	49 d	245,4	Ta-111	50	2,01 h
58,2	Dy-159	100	144,4 h	140,6	Mo-92	70	66 j	245,6	Sn-155	6	21,9 m
59,0	U-237	60	6,75 h	140,6	Te-99m	100	6,04 j	249,7	Am-77	10	38,7 j
61,2	Sm-145	100	340 h	141,2	Se-155	10	21,9 m	255,2	Sn-113	100	115 h
61,6	Sb-122m	100	3,5 m	142,5	Se-46m	100	20,0 d	255,6	Nd-151	-	12 m
63,3	Yb-169	30	30,6 h	145,4	Ca-141	100	32,5 h	264,5	Ge-75	30	121 h
67,7	Ta-182	14	115,1 h	146,7	Ta-182m	35	16,2 m	264,6	Ge-75	80	79 h
69,6	Gd-153	4	236 h	149,7	Ta-181	70	24,8 m	264,6	Ge-75	100	28,7 j
69,6	Sm-153	20	47,1 j	150,3	Yb-177	50	1,9 j	268,1	Ba-135m	100	28,7 j
74,7	U-239	100	23,54 m	150,8	Gd-111m	25	48 m	273,3	Gd-117m	-	3,0 j
74,9	Th-161	30	7,2 h	151,1	Sr-85m	-	70,0 m	275,6	Pm-151	10	27,5 j
76,3	Sb-122m	100	3,5 m	151,7	W-181	0,2	145 h	275,8	Se-81	60	18 m
77,6	Rh-104m	-	4,4 m	153,7	Dy-165m	-	1,25 m	275,9	Ba-133m	100	38,9 j
77,6	Hg-197	100	65 j	155,1	Rh-188	70	16,7 j	277,5	Np-239	20	2,35 h
77,6	Pt-197	70	20,0 j	158,3	Hg-199m	-	42,0 m	278,5	Ta-129	-	72 m
80,6	Ni-166	90	26,9 j	158,3	Au-197	80	3,15 h	279,1	Hg-203	100	46,9 h
80,6	Ho-166m	20	30 t	158,4	Sn-117m	100	14 h	279,2	Pb-203	90	52,1 j
80,8	Ba-133	20	7,5 t	158,4	In-117(m)	-	44 m	279,6	Ge-75	14	121 h
84,4	Pa-170	100	137 h	159,8	Ta-123m	100	104 h	279,5	Ge-75	15	2,36 j
86,6	Eu-155	60	1,7 t	159,8	Co-77m	50	54 d	282,6	Dy-165	30	101 j
86,6	Th-233	-	22,4 m	160,0	Se-47	100	3,43 h	286,1	Th-175	90	53,1 j
88,0	Pd-109	100	13,5 j	160,0	Sm-123	100	39,4 h	290,0	Pm-149	90	18 m
88,0	Ag-109m	100	40 d	160,2	Ni-179m	10	19,0 d	291,1	Se-81	40	33,0 j
88,0	Cd-109	100	470 h	160,6	Sn-77m	100	17,5 d	295,4	Co-143	60	33,0 j
88,3	Lu-176m	100	2,71 j	161,2	Ni-179m	10	19,0 d	295,4	Pb-214	-	Ra-226 series
89,6	Ni-175	3	70,0 h	164,5	Se-77m	100	12,0 d	295,8	Pm-171	2	7,4 j
91,4	Nd-147	50	11,1 h	164,6	Xe-131m	100	12,0 d	298,6	Ir-192	10	74,4 h
92,4	Re-186m	-	18,7 h	165,8	U-237	10	6,75 h	298,6	Th-160	20	73 h
93,1	Ta-180m	-	8,15 j	165,8	Ca-139	100	140,0 d	299,9	Pa-233	12	27,0 h
93,2	Co-67	40	61,6 j	168,1	Ba-139	70	83 m	302,8	Ba-133	2	7,5 t
93,2	Ag-107m	100	43 d	171,4	Pm-151	20	27,5 j	305,3	Gd-159	1	18,0 j
94,6	Dy-165	35	2,36 j	171,7	Ir-111	50	2,81 d	306,2	Rh-105	80	35,3 j
95,9	Ge-79m	100	3,91 m	172,1	Ta-182m	40	16,2 m	306,8	Te-101	50	14,0 m
97,2	Rh-104m	-	4,4 m	175,3	Pd-111m	90	5,5 j	308,1	Er-171	10	7,8 j
97,5	Gd-153	60	236 h	176,2	Ca-70	30	21,1 m	311,5	Pd-109	10	13,5 j
99,0	Pt-195m	-	4,1 h	177,0	Yb-169	7	2,0 t	311,8	Pa-233	80	27,0 h
100,3	Ta-182	10	115,1 h	180,9	Mo-99	10	66 j	314,6	Gd-161	20	3,73 m
102,2	Gd-161	10	3,73 m	184,2	Ga-67	60	61,6 j	315,2	Pa-117m	-	1,9 j
103,0	Se-81m	100	36,8 m	184,3	U-166m	20	30 y	316,9	Ir-192	40	74,4 h
103,2	Gd-153	40	236 h	184,9	Ta-182m	20	16,2 m	319,1	Pt-199	-	30,0 m
104,2	Sm-153	20	47,1 j	185,9	Pt-199	-	30,0 m	319,4	Rh-105	-	35,3 j
104,2	Ta-180m	-	8,15 j	186,2	Ra-226	-	Ra-226 series	320,0	Nd-147	6	11,06 h
104,2	Sm-155	-	21,7 m	186,7	Os-190m	20	10,0 m	320,0	Co-51	100	27,8 h
105,3	Zn-155	40	1,7 t	188,9	Pd-109m	100	4,75 m	325,1	Tl-51	90	5,79 m
105,8	Re-186m	-	18,7 h	190,2	Ir-114	100	50 h	328,0	Rn-77	10	2,88 h
106,1	Np-239	40	2,35 h	191,4	Hg-177	2	65 j	328,6	Ir-194	50	19,7 j
108,2	Ba-133m	100	14,6 m	192,0	Pt-197	10	20,0 j	332,0	Lu-140	10	40,27 j
108,2	Dy-165m	-	1,25 m	192,0	Mo-101	10	14,6 m	332,2	Sn-125	100	9,5 m
109,3	Ta-125m	100	58,0 h	192,5	Fe-59	2	45,1 h	333,0	Ni-180m	40	5,5 j
111,6	Er-171	20	7,8 j	197,8	Yb-169	20	30,6 h	336,6	Au-196	26	6,2 h
113,0	Lu-177	15	6,75 h	198,3	Ta-168	20	85 d	340,3	Pa-196	100	4,5 j
113,0	Lu-177m	-	155 h	198,6	Ca-75	10	79 m	340,3	Pa-151	30	27,5 j
113,5	Yb-175	15	101 j	202,4	Ir-90m	50	3,14 j	341,9	Pa-233	3	27,0 h
114,6	Nd-149	-	1,8 j	203,8	Hg-205	100	3,6 m	343,6	Ag-111	90	7,4 h
116,4	Nd-151	-	12,0 m	208,0	U-237	30	6,75 h	344,2	Hf-175	90	70,0 h
121,8	Eu-152m	20	9,35 j	208,2	Au-197	20	3,15 h	345,7	Pa-152	20	9,35 j
121,8	Eu-152	10	12,2 t	208,4	Lu-177m	-	155 h	346,3	Hf-181	10	44,6 h
121,8	Zn-71	-	2,2 m	208,4	Lu-177	70	6,75 h	350,7	Pt-197m	100	88,0 m
121,9	Co-57	80	270 h	211,4	Ga-77	50	11,3 j	352,0	Pt-191	20	3,0 h
122,6	Ni-186	6	2,2 h	211,4	Nd-149	-	1,8 j	355,6	Pb-214	-	Ra-226 series
124,2	Ba-133	20	11,5 h	212,3	Ir-121m	90	154 h	355,7	Zn-97	3	17,0 j
125,5	V-185	100	70,0 h	214,3	Rf-179m	10	19,0 d	356,0	Au-196	100	6,2 h
127,3	To-101	2	14,0 m	215,3	Ni-180m	30	5,5 j	356,6	Ba-133	50	7,5 t
127,4	Os-134m	100	3,13 j	215,5	Hf-180m	30	5,5 j	356,6	Se-83	100	25 m
127,4	Ni-57	12	36,0 j	215,5	Ge-77	50	54 d	359,7	Pa-171	80	3,0 h
127,4	Os-191	100	14,6 h	215,8	Ge-77	50	11,3 j	360,4	Gd-161	50	3,73 m
130,0	Rf-105m	100	45 d	216,1	Ru-97	90	2,88 h	361,0	Ta-127m	10	105 h
130,1	Ni-181	30	44,6 h	224,9	Ba-131	20	11,5 h	361,2	Os-190m	25	10,0 m
133,4	Co-144 (Pr-144)	-	205 h (17,3 m)	228,2	Se-83	50	25 m	361,7	Dy-165	20	2,36 j
133,7	Hg-197m	-	24,0 j	228,5	Gd-159	100	18,0 j	363,5	Se-159	100	18,0 j
134,3	V-187	10	24,0 j	231,5	Np-239	20	2,35 h	364,5	I-131	80	8,08 h
136,0	Se-75	30	121 h	235,7	Lu-177m	-	155 h	366,5	Ni-65	10	2,56 j
136,0	V-181	0,1	145 h	238,6	Sr-85m	100	70 m	373,1	Ba-131	20	11,3 h
					Pb-212	-	Th-232 series	376,5	Hf-199m	-	42,0 m
									Pd-111	20	22,0 m

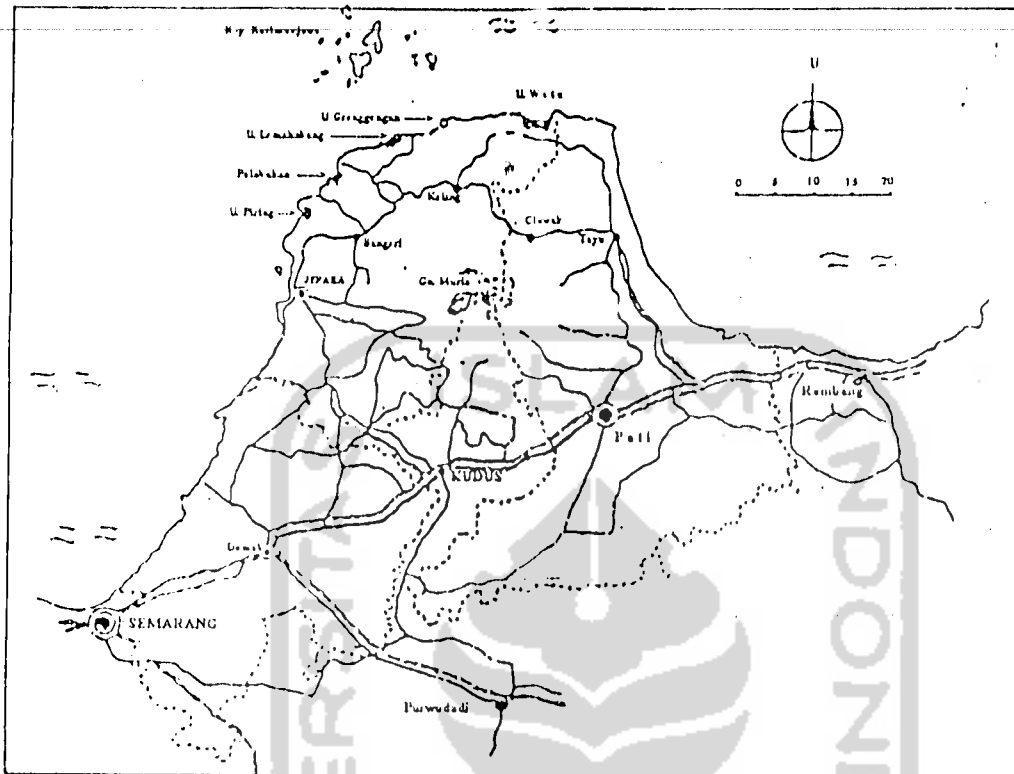
Isotop	Inten- sitas	Usur paro	Tenaga kW	Isotop	Inten- sitas	Usur paro	Tenaga kW	Isotop	Inten- sitas	Usur paro	Tenaga kW
88,2	I-126	40	13,1 h	602,1	Tu-131	4	24,8 w	909,2	Zr-89	100	78 j
88,5	Sr-87m	100	2,04 j	602,6	Sr-124	50	60,9 h	910,1	Zr-71	-	2,2 t
11,4	In-113m	100	104 m	602,7	Co-134	40	2,07 t	911,0	Ac-228	-	Th-232 series
16,1	Pb-175	50	101 j	608,4	Tl-51	1	5,79 w	928,5	Tl-51	4	5,79 w
11,4	Pb-203	4	52,1 j	609,3	Pu-214	-	Ra-226 series	934,1	Cd-115a	60	44 h
11,8	Au-198	100	2,70 h	610,2	Ru-103	10	38,9 h	934,6	Nb-92	90	10,1 h
17,0	In-116m	20	53,99 w	616,4	Os-190m	25	10,0 w	937,2	Ag-110m	10	253 h
17,4	To-127m	70	105 h	617,0	Ur-80	100	4,5 j	938,4	Ir-194	6	19,7 j
23,6	Nd-149	-	1,8 j	619,0	Ur-82	13	35,87 j	963,5	Eu-152a	30	9,35 j
26,1	Au-196	1	6,2 h	622,3	Ru-106	30	1,02 t	965,8	Tb-160	20	73,0 h
27,8	Sr-125	30	2,0 w	-	(Rh-106)	-	(30 d)	968,8	Ac-228	-	Th-232 series
32,8	Hf-175	2	70,0 h	628,3	Rh-102(w)	-	210 h; 2,5 t	993,5	Sr-48	33	44 j
33,8	Ag-108	20	2,4 w	630,3	Ga-72	10	14,3 j	1005,5	Eu-154	20	16,0 t
38,7	Zn-69m	100	13,8 j	633,0	Re-168	10	16,7 j	1012,4	Mo-101	10	14,6 w
40,2	Tl-202	90	12,0 d	632,9	Am-108	60	2,42 w	1014,1	Hg-27	30	9,45 m
42,7	I-128	90	29,4 w	632,6	Am-74	17	17,5 m	1037,6	Sr-28	33	44 j
44,3	Hf-180m	30	5,5 j	636,4	I-131	30	8,08 h	1039,0	Cu-66	100	5,1 w
447,1	Tm-168	10	89 h	640,4	Ba-30	30	17,6 w	1039,4	Ga-70	30	21,1 w
452,4	Tm-131	20	24,6 w	644,6	Ir-194	10	19,7 j	1047,0	Rh-102(w)	10	210 h (2,5 t)
459,2	Th-233	-	22,4 w	645,0	Os-185	80	93,6 h	1050,5	Cu-70	30	21,1 w
459,5	To-129m	-	33,5 h	657,0	Au-76	10	26,3 j	1050,5	Ru-106	5	1,02 t
459,5	To-129	-	72 w	657,8	Ag-110m	30	253 d	1076,6	(Rh-106)	-	(30 d)
460,4	Os-193	20	31,5 j	658,1	Nb-97	100	72,1 w	1079,8	Rb-86	100	18,66 h
467,9	Ir-192	20	71,4 h	661,6	Ba-137m	100	2,6 w	1079,8	Ir-177	15	1,9 j
469,6	Hu-105	20	4,5 j	661,6	Cu-137	100	26,0 t	1097,1	Ir-116m	20	53,9 m
475,1	Rh-102(w)	70	210 h (2,5 t)	664,4	(Ba-137m)	-	(2,6 w)	1098,6	Fe-59	50	45,1 h
478,0	Ra-188	6	16,7 j	664,4	Co-143	13	33 j	1115,4	Zn-65	100	245 h
479,3	V-187	20	24,0 j	669,7	Ba-80	100	17,6 w	1115,4	Ni-65	30	2,56 j
479,3	Y-90m	50	3,1 j	669,7	I-126	40	13,1 h	1120,0	Bi-54	-	Ra-226 series
482,2	Hf-181	60	44,6 h	667,7	Ca-132	100	6,2 h	1120,3	Sr-46	50	83,9 h
484,9	Cd-115m	10	44 h	670,0	Th-233	-	22,4 w	1121,2	Tb-182	17	115,1 h
486,8	La-140	20	40,27 j	676,0	Ru-105	10	4,5 j	1140,5	Sr-122	-	2,75 h
491,2	I-126	7	13,1 h	685,7	V-187	40	24,0 j	1147,9	Zr-97	1	17,0 j
492,5	Cd-115	30	53 j	692,5	Sr-122	5	2,75 h	1173,1	Co-60	100	5,24 t
497,0	Hu-103	90	38,9 h	695,8	To-129m	-	53,5 h	1215,8	As-76	7	26,3 j
507,5	To-121	20	17,0 h	696,4	Co-144	-	285 h	1221,6	Ta-182	14	115,1 d
507,9	Zr-97	-	17,0 h	697,4	(Pu-144)	-	(17,3 w)	1226,9	Yb-177	14	1,9 j
509,8	Tl-202	3	12,0 h	697,4	Rh-102m	-	2,5 t	1266,2	Si-31	100	1,62 j
511,0	Cu-64	-	12,8 j	702,5	Ru-94	-	2,03 x 10 ⁴ t	1273,0	Eu-154	20	16,0 t
511,6	Zn-65	245	h	717,8	Sr-83	20	25 h	1273,3	Al-29	100	6,56 w
511,9	Ru-106	90	1,02 t	721,6	Co-143	13	33 j	1274,5	Na-22	100	2,58 t
514,0	Sr-85	100	64 h	722,6	I-131	30	8,08 h	1289,9	Cd-115m	20	44 h
515,5	Dy-165	-	1,25 w	722,8	Am-74	6	60,9 h	1291,5	Fe-59	40	45,1 h
520,8	As-77	20	38,7 j	725,0	Zr-89	78	2,56 t	1293,6	Ar-41	100	110 w
521,4	Br-83	-	2,33 j	725,8	Eu-154	10	16 t	1293,4	Yb-116m	40	53,99 w
521,5	Tl-202	4	12,0 h	726,6	Zr-95	50	65 h	1298,9	Ca-47	90	4,7 h
526,3	I-128	9	25,4 w	727,3	Hu-105	40	4,5 j	130,0	Sr-47	30	3,43 h
527,7	Cd-115	60	2,3 h	729,7	Tu-114	14	72 d	1311,8	Co-60	100	10,5 t
530,5	Br-83	-	2,33 j	732,3	Th-232 series	-	Th-232 series	1332,4	Co-60	100	5,24 t
531,0	Nd-147	20	11,06 h	732,3	Mo-99	2	66 j	1332,4	Cu-64	100	12,8 j
539,0	Pt-191	30	3,0 h	733,3	Ru-97a	10	60 d	1345,5	Zr-97	-	17,0 j
542,8	Pt-199	-	30,0 w	735,0	Co-139m	100	55 d	1362,3	Na-24	47	15 j
544,9	To-101	7	14,0 w	735,8	Zr-95	40	65 h	1368,4	Ho-166	10	36,9 j
549,9	In-117	-	44 w	765,8	Nb-95	100	35 h	1378,1	Ni-57	70	36,0 w
554,3	Br-82	20	35,87 j	768,1	Bi-214	-	Ra-226 series	1378,4	Pd-111	15	22,0 w
555,8	Rb-86	100	1,02 t	776,6	Ur-82	30	35,87 j	1388,1	Eu-152	20	12,2 t
555,8	Rh-104	100	44 d	779,7	Re-184	30	38 h	1407,0	Y-92	100	3,76 w
557,7	Os-193	10	31,5 j	795,8	Ca-134	40	2,07 t	1434,4	K-40	100	1,25 x 10 ⁹ t
558,2	In-114	14	72 d	810,3	Co-58	100	71,3 h	1460,7	Ni-65	50	2,56 j
559,2	As-76	75	26,3 j	810,3	Ho-166m	20	30 t	1481,7	K-42	100	12,52 j
564,0	Sr-122	90	2,75 h	815,7	Tm-160	15	85 h	1524,7	Pt-142	100	19,2 j
569,3	Co-134	14	2,07 t	828,0	Sr-81	30	18 w	1573,5	Cd-117m	-	3,0 j
572,9	To-121	80	17,0 h	832,1	Ga-72	40	14,3 j	1576,1	Ho-166	3	26,9 j
580,0	Pd-111	24	22,0 w	834,8	Hu-54	100	291 h	1580,5	Ac-228	-	Th-232 series
583,1	Tl-208	-	Th-232 series	841,6	Zu-152a	30	9,35 j	1588,3	Lu-140	50	40,27 j
588,6	Zr-89a	90	4,4 w	844,0	Hg-27	70	9,45 w	1595,4	Cl-38	60	37,29 w
590,8	Mo-101	10	14,4 w	846,9	Mn-56	70	2,58 j	1622,0	Sr-124	25	60,9 h
595,8	As-74	80	17,2 h	860,5	Tl-208	-	Th-232 series	1690,7	Al-28	100	2,31 w
600,4	Sr-125	20	2 t	871,1	Nb-94m	10	6,6 w	1778,9	Mn-56	20	2,58 j
				871,1	Nb-94	50	2,03 x 10 ⁴ t	1810,7	Rb-88	50	17,0 h
				874,8	Os-105	7	93,6 h	1836,1	Y-88	100	104 h
				879,2	Tb-160	20	72,0 h	1897,4	Cd-117m	-	3,0 j
				880,0	Os-185	7	93,6 h	1917,4	Hu-56	80	2,58 j
				884,5	Ag-110m	20	253 h	2112,8	Cl-38	40	37,29 w
				889,4	Sc-46	50	83,9 h	2166,8	Co-144	-	260 h
				894,2	Ko-184	10	38 h	2185,8	(Pu-144)	-	(17,2 w)
				898,0	Rh-105	30	17,8 w	2201,4	Cu-72	14	14,3 j
				902,0	Y-88	100	104 h	2217,7	Tl-208	-	Th-232 series
				902,8	Ne-184	40	38 h	2677,9	Rb-38	5	17,3 w
								2753,6	Na-24	52	15 j
								3083,0	Ca-49	100	8,8 w
								3102,4	S-37	100	5,95 w
								4071,0	Cu-49	100	8,8 w

d = detik, w = menit, j = jam, h = hari, t = tahun

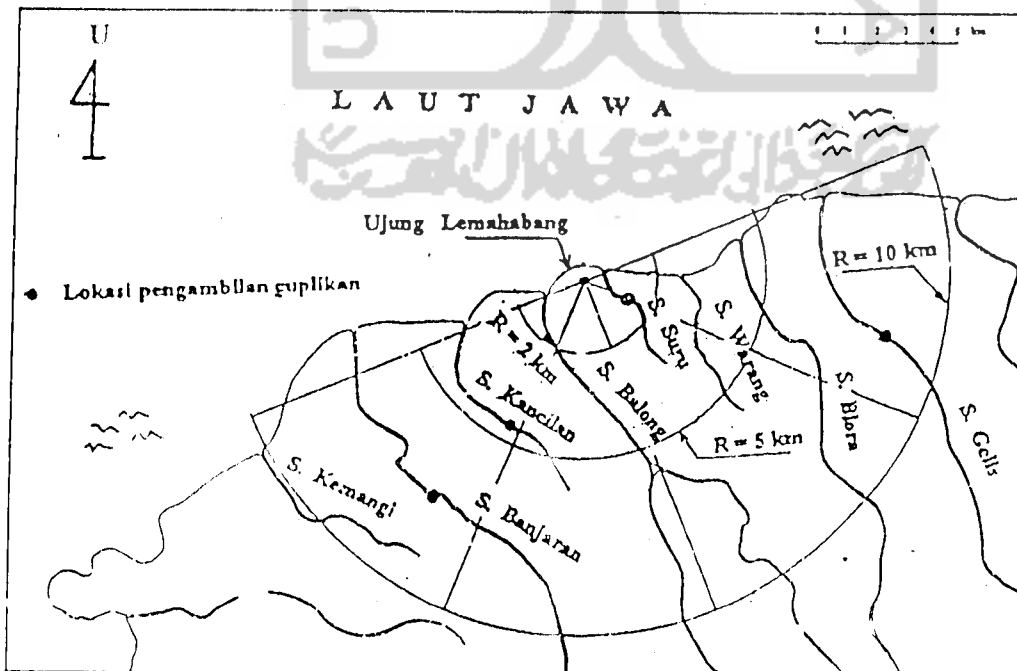
kode	Produk	Tonase (kew) (intensitas)	Tonase lain (kew)	Inclap	Produk	Tonase (kew) (intensitas)	Tonase lain (kew)
0-17	0-18 (n,y)	177,4 (100)	1356				
0-20	0-21 (n,y)	163,1 (100)	-				
Ma-22	Ma-23 (n,2n)	1274,5	-				
Ma-24	Ma-25 (n,y)	1769,4 (47); 2753,6 (52)	-				
Ma-27	Ma-28 (n,y)	844,0 (70); 1014,1 (30)	170				
Al-28	Al-29 (n,y)	1778,7 (100)	-				
Al-29	Al-30 (n,y)	1273,3 (100)	2426				
Sl-31	Sl-32 (n,y)	1266,2 (100)	-				
S-37	S-38 (n,y)	1302,4 (100)	-				
Cl-38	Cl-39 (n,y)	1642,0 (60); 2166,4 (40)	-				
Ar-41	Ar-42 (n,y)	1291,6 (100)	-				
X-42	X-43 (n,y)	1524,7 (100)	313; 1923				
Gn-47	Gn-48 (n,y)	160,0 (100); 1296,3 (20)	459; 808				
Gn-49	Gn-50 (n,y)	308,3 (100); 4071 (10)	-				
So-46	So-47 (n,y)	142,5 (100)	-				
So-46	So-47 (n,y)	887,4 (50); 1120,3 (50)	-				
So-47	So-48 (n,y)	160,0 (100)	-				
Sc-48	V-51 (n,y)	983,5 (33); 1037,6 (33); 1311,8 (33)	-				
Cr-51	Cr-52 (n,y)	320,0 (100)	-				
Ti-51	Ti-52 (n,y)	320,0 (90); 608,4 (11); 928,5 (4)	-				
V-52	V-53 (n,y)	1434,4 (100)	-				
Mn-54	Mn-55 (n,y)	834,8 (100)	-				
Mn-56	Mn-57 (n,y)	846,9 (70); 1810,7 (20); 2112,8 (10)	2522; 2657; 2960				
Fe-59	Fe-60 (n,y)	192,5 (2); 1098,6 (50); 1291,5 (40)	3371; 143; 335				
Co-57	Co-58 (n,2n)	121,7 (80); 136,5 (6)	-				
Co-58	Co-59 (n,y)	81,0 (3) (100)	863; 1675				
Co-60	Co-61 (n,y)	58,5 (100); 1332,4 (1)	-				
Co-60	Co-61 (n,y)	1173,1 (100); 1332,4 (100)	-				
Ni-57	Ni-58 (n,2n)	127,4 (12); 1378,4 (70); 1666,5 (10); 1115,4 (30); 1481,7 (50)	1759; 1921; 1623; 1725; 508				
Cu-64	Cu-65 (n,y)	1345,5 (100)	-				
Cu-66	Cu-67 (n,y)	1039,0 (100)	833				
Cu-67	Zn-68 (n,y)	93,2 (40); 184,2 (60)	-				
Zn-65	Zn-66 (n,y)	1115,4 (100)	-				
Zn-69	Zn-70 (n,y)	438,7 (100)	-				
Zn-71	Zn-72 (n,y)	121,8; 512,6; 910,1	1040				
Ga-70	Ga-71 (n,y)	175,3 (30); 1039,4 (30); 1050,5 (30)	-				
Ga-72	Ga-73 (n,y)	630,1 (10); 834,1 (40); 2201,4 (14)	382; 601; 736; 786; 810; 861; 894; 940; 971; 1000; 1051; 1235; 1231; 1260; 1276; 1463; 1571; 1596; 1681; 1660; 2108; 2491; 2507; 2843; 2982				
Ge-75	Ge-76 (n,y)	198,6 (10); 264,6 (80)	66; 419; 469				
Ge-75	Ge-76 (n,y)	139,8 (100)	156; 194; 338; 367; 416; 460; 475; 558; 582; 613; 632; 672; 714; 745; 748; 765; 780; 783; 809; 822; 842; 874; 897; 906; 923; 927; 939; 1086; 1113; 1124; 1150; 1193; 1215; 1240; 1262; 1278; 1284; 1309; 1318; 1367; 1449; 1474; 1488; 1535; 1610; 1707; 1717; 1845; 2000; 2076; 2087; 2124; 2340				
Ge-77	Ge-78 (n,y)	211,4 (50); 215,5 (50); 264,5 (50)	69; 1203				
As-74	As-75 (n,y)	159,8 (50); 215,5 (50)	609; 1203				
As-74	As-75 (n,y)	595,8 (80); 634,6 (17)	87; 162; 21; 382				
As-77	As-78 (n,y)	238,8 (60); 249,7 (10); 520,8 (20); 559,2 (75); 657,0 (10); 1215,8 (7)	572; 665; 740; 767; 867; 1130; 1213; 1229; 1438; 1453; 1787; 2095; 2110; 2429; 2655; 66; 97; 121; 199; 304; 401				
As-76	As-77 (n,y)	559,2 (75); 657,0 (10); 1215,8 (7)	572; 665; 740; 767; 867; 1130; 1213; 1229; 1438; 1453; 1787; 2095; 2110; 2429; 2655				
Se-75	Se-76 (n,y)	136,0 (30); 264,6 (30); 279,6 (14)	66; 97; 121; 199; 304; 401				
Se-77	Se-78 (n,y)	161,9 (100)	-				
Se-79	Se-80 (n,y)	95,9 (100)	-				
Se-81	Se-82 (n,y)	103,0 (100)	-				
Se-81	Se-82 (n,y)	275,8 (60); 290,0 (40); 828,0 (30)	649; 566; others				
Se-83	Se-84 (n,y)	224,9 (50); 356,6 (100); 717,8 (20)	260; 510; 799; 837; 867; 1063; 1299; 1314; 1333; 1349				
Br-80	Br-81 (n,y)	640,4 (30); 617,0 (100); 645,7 (100)	704; 813; 1257				
Br-80	Br-81 (n,y)	37,0	49				
Br-82	Br-83 (n,y)	534,3 (20); 619,0 (11); 776,6 (30)	92; 101; 138; 222; 271; 605; 878; 884; 1007; 1044; 1082; 1317; 1475; 1650; 1779; 2072				
Br-83	Br-84 (n,y)	530,5 (100); 521,4 (4)	552; 648; 681				
Br-86	Br-87 (n,y)	1076,6 (100)	-				
Br-86	Br-87 (n,y)	555,8 (100)	-				
Br-88	Br-89 (n,y)	898,0 (30); 1836,1 (50); 2677,6 (5)	1382; 2119; 2577; 2007; 3214; 3713				
Br-88	Br-89 (n,y)	151,1; 231,5	-				
Br-85	Br-86 (n,y)	514,0 (100)	-				
Br-85	Br-86 (n,y)	388,5 (100)	-				
Br-87	Br-88 (n,2n)	898,0 (100); 1183,1 (100)	-				
Br-87	Br-88 (n,2n)	202,4 (50); 479,3 (50)	-				
Br-89	Br-90 (n,y)	588,6 (90)	1507; 1712				
Br-89	Br-90 (n,y)	309,2 (100)	-				
Br-95	Br-96 (n,y)	724,0 (50); 756,6 (40)	-				
Br-97	Br-98 (n,y)	355,6; 507,9; 1147,9	-				
Br-97	Br-98 (n,y)	934,6 (90)	1751; 1852; 913; 1846				
Br-97	Br-98 (n,y)	871,1 (10)	41				
Br-97	Br-98 (n,y)	702,5 (50); 871,1 (50)	-				
Br-97	Br-98 (n,y)	765,8 (100)	-				
Br-97	Br-98 (n,y)	235,7 (100)	-				
Br-97	Br-98 (n,y)	743,3 (100)	-				
Br-97	Br-98 (n,y)	658,1 (100)	1022				
Br-97	Br-98 (n,y)	140,6 (20); 180,9 (10); 732,2 (2)	366; 778; 881; 921				
Br-97	Br-98 (n,y)	140,6 (100)	-				
Br-101	Br-102 (n,y)	192,0 (10); 590,0 (10); 1012,4 (10)	81; 196; 334; 378; 398; 408; 421; 499; 506; 512; 567; 608; 643; 695; 805; 871; 877; 934; 1161; 1187; 1197; 1251; 1303; 1357; 1533; 1600; 1674; 1759; 1800; 2033; 2041; 2089				
Br-101	Br-102 (n,y)	127,3 (2); 306,8 (20); 544,9 (7)	180; 184; 233; 237; 531; 627; 714; 719; 811; 843; 928; 938				
Br-97	Br-98 (n,y)	215,8 (90); 325,1 (10)	569				
Br-103	Br-104 (n,y)	497,0 (20); 610,2 (10)	295				
Br-105	Br-106 (n,y)	467,6 (20); 676,0 (10); 724,3 (40)	150; 263; 317; 326; 350; 394; 414-575; 676; 876; 908; 969				
Br-102	Br-103 (n,2n)	475,1 (70); 1047,0 (10)	345; 415; 418; 468; 557; 628; 631; 681; 697; 733; 739; 767; 1103; 1114; 1158; 1363; 1324; 1562; 1580; 2038; 2261				
Br-104	Br-103 (n,y)	51,4; 77,6; 97,2	556; 760; 1239; others				
Br-104	Br-103 (n,y)	555,8 (100)	1239				
Br-105	Br-106 (n,y)	306,2; 317,1	280; 443				
Br-105	Br-106 (n,y)	120,0 (100)	-				
Br-109	Br-110 (n,y)	188,9 (100)	-				
Br-109	Br-110 (n,y)	311,3 (10); 88,0 (100)	-				
Br-111	Br-112 (n,y)	172,1 (90)	-				
Br-111	Br-112 (n,y)	376,5 (20); 580,0 (24); 1388,1 (15)	290; 509; 623; 836; 1120; 1459; others				
Br-107	Br-108 (n,y)	93,2 (100)	619				
Br-108	Br-109 (n,y)	433,0 (20); 632,9 (60)	-				
Br-109	Br-110 (n,y)	88,0 (100)	-				
Br-110	Br-111 (n,y)	657,8 (30); 884,5 (20); 937,2 (10)	434; 447; 620; 678; 687; 706; 744; 764; 818; 1384; 1476; 1505; 1562				
Br-111	Br-112 (n,y)	245,4 (10); 341,9 (20)	97				
Br-109	Br-110 (n,y)	88,0 (100)	-				
Br-111	Br-112 (n,y)	150,8 (75); 245,4 (75)	-				
Br-115	Br-116 (n,y)	484,9 (10); 934,1 (60); 1289,9 (20)	-				
Br-115	Br-116 (n,y)	492,5 (30); 527,7 (60)	231; 261				
Br-117	Br-118 (n,y)	273,3; 1576,1; 1997,4	392; 434; 1303				
Br-111	Br-112 (n,2n)	191,4 (50); 245,4 (50)	-				
Br-113	Br-114 (n,y)	311,4 (100)	-				
Br-114	Br-115 (n,y)	190,2 (100)	-				
Br-114	Br-115 (n,y)	558,2 (14); 725,1 (14); 1300,0 (1)	1253				
Br-115	Br-116 (n,y)	336,6 (100)	-				
Br-116	Br-117 (n,y)	417,0 (20); 1097,1 (20); 1293,4 (40)	138; 356; 464; 819; 1508; 1753; 2112				
Br-117	Br-118 (n,y)	158,4; 315,2; 552,9	-				
Br-113	Br-114 (n,y)	255,2 (100)	-				
Br-117	Br-118 (n,y)	158,4 (100)	-				
Br-123	Br-124 (n,y)	150,2 (100)	-				
Br-125	Br-126 (n,y)	332,0 (100)	589; 643; 1404				
Br-122	Br-123 (n,y)	61,6; 76,3	-				
Br-122	Br-123 (n,y)	564,0 (90); 692,5 (5); 1140,2 (1)	1257				
Br-124	Br-125 (n,y)	602,6 (50); 722,8 (6); 1620,7 (25)	646; 709; 714; 790; 968; 1045; 1325; 1368; 1376; 1437; 1488; 1527; 2091; 204; 320; 380; 443; 463; 605; 635; 671				
Br-125	Br-126 (n,y)	176,2 (7); 427,8 (30); 600,4 (20)	others				
Br-121	Br-122 (n,y)	507,5 (20); 572,9 (80)	others				
Br-121	Br-122 (n,y)	113,3 (90)	others				
Br-123	Br-124 (n,y)	158,8 (100)	others				
Br-125	Br-126 (n,y)	109,3 (100)	663; others				
Br-127	Br-128 (n,y)	361,0 (10); 417,4 (70)	208; 250; 279; 487; 729; 1082; 1108; others				
Br-129	Br-130 (n,y)	459,5; 695,8	487; 1082				
Br-129	Br-130 (n,y)	278,5; 459,5	343; 384; 493; 544; 654; 695; 727; 934; 949; 977; 1008; 1148				
Br-131	Br-132 (n,y)	149,7 (70); 452,4 (20); 602,1 (4)	-				

Produksi	Tonase (kg) (Internasional)	Tonase Lulu (kg)	Produksi	Tonase (kg) (Internasional)	Tonase Lulu (kg)
I-127 (n,2u)	308,2(40); 491,2(7); 666,5(40)	753;879;1430;1631	Ta-168 Ta-169 (n,2u)	198,3(20); 447,1(10); 815,7(15)	80;99;184;347;422;546;1 631;645;720;730;741;1 821;830;915;1014;1277
I-127 (n,y)	442,7(90); 526,5(9)	743;969	Ta-170 Ta-169 (n,y)	84,4 (100)	94;110;119;131
Ta-130 (n,y,β ⁻)	362,5(80); 636,4(30)	86;177;284;503	Ta-169 Yb-163 (n,y)	63,3(30); 177,0(15); 197,0(20)	262;308
u Ta-130 (n,y,β ⁻)	164,5 (100)	254;506;751;1630	Ta-175 Yb-174 (n,y)	113,5(15); 202,6(30); 390,1(50)	137;143;252
u-132 (n,p)	607,7 (100)	773;1032;1137;	Ta-177 Yb-176 (n,y)	150,3(50); 1079,8(15); 1223,9(14)	122;138;899;941;1028;1 1109;1119;1149;1230;
u-133 (n,2u)	127,4 (100)	1298;1318;1985			others
u-133 (n,y)	602,7(40); 795,8(40); 569,3(14)	475;563;802;1039; 1168;1365	Lu-176 Lu-175 (n,y)	88,3 (100)	72;250;321
7 background	661,6 (100)	79;93;134;157;240;	Lu-177 Lu-176 (n,y)	113,0(30); 208,4(70)	105;121;129;137;146;147;1
u-139 (n,y)	124,2(30); 216,1(10); 373,1(20)	239;404;480;496; 573;585;630;675; 690;831;924;1047	Lu-177 Lu-176 (n,y)	113,0;208,4;228,5	153;160;172;174;177;195;1 204;214;233;250;269;282;1 297;305;312;319;328;341;1 368;379;385;414;419;466
31u-130 (n,y)	108,2 (100)	-	Lu-175 Lu-174 (n,y)	89,6(3); 343,6(90); 432;8(2)	230;others
33u-132 (n,y)	275,9 (100)	-	Lu-179 Lu-178 (n,y)	160,6(10); 214,3(100)	-
33u-132 (n,y)	80,8(30); 302,8(20); 350,0(50)	53;161;223;276; 304	Lu-180 Lu-179 (n,y)	57,5(30); 215,3(30); 332,4(40); 443,1(30)	93;501
135u-134 (n,y)	263,1 (100)	1420	Lu-181 Lu-180 (n,y)	133,1(30); 345,7(10); 482,2(60)	136;476;615
137u-136 (n,y)	661,6 (100)	110;131;172;242; 267;432;751;815;	Lu-180 W-180 (n,p)	482,2(60)	-
139u-138 (n,y)	465,8 (100)	867;919;925;930;	Ta-181 (n,2u)	145,7(40); 171,7(40); 184,9(20)	318;356
140 Lu-139 (n,y)	328,6(10); 486,8(10); 1595,4(50)	2348;2520;2547; 2998;3114	Ta-182 Ta-181 (n,y)	67,7(14); 100,3(10); 1121,2(17); 1221,6(14)	66;85;114;116;152;156;1 179;198;222;229;264; 927;1002;1157;1189; 1281;1297;1273;1289; 1340;1374;1387;1453
139 Co-138 (n,y)	165,8 (100)	-	Lu-181 W-180 (n,y)	136,0(0,1); 151,7(0,2)	-
139 Co-138 (n,y)	754,0 (100)	-	Lu-185 W-184 (n,y)	125,5 (100)	72;115;207;239;246;511
141 Co-140 (n,y)	145,4 (100)	-	Lu-187 W-186 (n,y)	134,3(10); 479,3(20); 685,7(40)	551;618;629;742;773; 864;879
143 Co-142 (n,y)	293,1(30); 664,4(13); 724,0(11)	58;231;350;448; 490;880;1102	Lu-184 Lu-185 (n,2u)	791,7(30); 894,2(10);	99;111;209;245;252;291 641;768;1022
144 background	133,4; 696,4; 2185,8	80;1498	Lu-186 Lu-185 (n,y)	122,0(6); 137,0(90)	632;769
142 Pr-141 (n,y)	1575,9 (100)	-	Lu-188 Lu-187 (n,y)	92,4; 105,8 155,1(70); 478,0(6)	453;486;672;830; 931;1132;1141;1175; 1193;1307;1609; 1786;1801
147 Nd-146 (n,y)	91,4(50); 319,4(5); 531,0(20)	120;196;275;398; 410;440;488;595; 637	Os-185 Os-184 (n,y)	645,8(80); 874,8(7); 880,0(7)	126;163;234;292; 717
149 Nd-148 (n,y)	114,0; 211,4; 421,6	59;74;97;156;189; 199;229;240;270; 312;326;349;444; 503;596;655;others	Os-190 Os-189 (n,y)	180,7(20); 361,2(25); 616,4(25)	503;510
151 Nd-150 (n,y)	116,4; 139,0; 455,6	83;171;175;183;320 333;403;460;525; 585;678;735;797; 1016;1123;1181; others	Os-191 Os-190 (n,y)	129,4 (100)	107;181;219;251;
149 Nd-148 (n,y,β ⁻)	286,1 (90)	591;608;659;720;756;778;866	Os-193 Os-192 (n,y)	139,0(20); 400,4(20); 557,7(10)	260;289;298;321; 362;388;494;533
151 Nd-150 (n,y,β ⁻)	168,1(20); 275,0(10); 340,3(30)	147;162;177;202; 209;227;232;240; 258;291;306;324;330;345;380;421;446; 465;617;663;671;705;719;736;753;773; 786;819;834;849;950	Ir-192 Ir-191 (n,y)	56,8 (100)	206;308;377;416; 427;438;440;441; 785;884
u-145 Ru-144 (n,y)	61,2 (100)	173;463;532;539; 596;608	Ir-192 Ir-191 (n,y)	295,8(10); 316,5(40); 467,9(30)	293;321;330;341; 785;884
u-153 Ru-152 (n,y)	69,0(20); 103,2(20)	168;203;462;523; 665;1303	Ir-194 Ir-193 (n,y)	328,0(50); 644,6(10); 938,4(6)	1209;1269;1512; 1620
u-155 Ru-154 (n,y)	104,2 (90); 141,2(10); 225,0(6)	271;344;563;700; 970;1315;1389	Pt-191 Pt-190 (n,y)	350,7(20); 359,7(20); 539,0(30)	130;172;179;190; 220;269;409;457; 602;624
u-152 Ru-151 (n,y)	121,0(10); 344,2(20); 1407,4(20)	245;296;367;411; 444;489;565;586; 591;680;689;720;756;778;866; 964;1086;1090;1111;1212;1299; 1458;1493;1527	Pt-195 Pt-194 (n,y)	99,0	130
u-154 Ru-153 (n,y)	123,1; 723 (10); 1605,5(20); 1274,3(20)	873;997;1595	Pt-197 Pt-196 (n,y)	346,3 (100)	269
u-155 Ru-154 (n,y,β ⁻)	86,6(60); 105,1(40)	61	Pt-197 Pt-196 (n,y)	77,7(90); 191,4(10)	246;475;494;714;
u-153 Ru-152 (n,y)	69,0(20); 103,2(20)	58;79;289;348;560; 580;617	Pt-199 Pt-198 (n,y)	185,9; 316,9; 542,8	791;968 759;1093
u-159 Ru-158 (n,y)	225,0(3); 305,3(1); 363,5(100)	258;271;283;338; 394;480;529	Au-196 Hg-196 (n,y)	333,0(26); 355,7(100); 426,1(1)	676;1088
u-161 Ru-160 (n,y)	102,2(10); 314,6(20); 360,4(50)	571;77;165;181;192; 258;271;283;338; 394;480;529	Au-198 Au-197 (n,y)	411,8 (100)	-
u-160 Ru-159 (n,y)	298,6(19); 879,4(21); 965,0(16)	87;197;216;309;357; 393;765;962;1003; 1103;1115;1178; 1200;1272;1312	Au-199 Pt-199 (n,y,β ⁻)	158,3(80); 208,2(20)	165
u-161 Ru-160 (n,y,β ⁻)	49,2(30); 74,9(30)	58;88;103;106;120 292	Hg-197 Hg-196 (n,y)	133,9	269
y-159 Dy-158 (n,y)	58,2 (100)	-	Hg-197 Hg-196 (n,y)	77,6(100); 191,4(2)	-
y-163 Dy-164 (n,y)	94,6(35); 279,2(15); 361,7(20)	259;456;479;515; 546;566;575;620; 633;660;695;715;728;999; 1055;1080	Hg-199 Hg-198 (n,y)	158,3;373,6	-
y-165 Dy-164 (n,y)	108,2; 153,7; 515,5	362	Hg-203 Hg-202 (n,y)	279,1 (100)	-
o-166 Ho-165 (n,y)	80,6(90); 1378,1(10); 1580,5(3)	673;705;785;1661; 1749;1828	Hg-205 Hg-204 (n,y)	203,8 (100)	-
o-166u Ho-165 (n,y)	80,6(20); 124,3(20); 810,3(20)	216;269;280;300;411; 451;465;530;670;692; 712;752;778;831;876; 896;951;999;1241;1401; 1522	Tl-202 Tl-201 (n,2u)	440,2(90); 509,8(3); 521,5(4)	900
Er-171 Er-170 (n,y)	111,6(20); 275,8(20); 308,1(50)	80;117;124;210;207 277;372;430;670; 676;737;756;822	Pb-203 Pb-204 (n,2u)	279,2(90); 401,4(4)	681
			Th-233 Th-232 (n,y)	86,6; 459,2; 670,0	57;131;143;153;162; 169;176;190;195; 202;210;257;360; 377;433;441;448; 491;499;514;527; 553;563;574;596; 600;610;643;678; 717;725;740;758; 764;805;816;875; 890;935
			Pb-233 Th-232 (n,y,β ⁻)	299,9(12); 311,8(80); 340,3(3)	59;75;87;104;271 375;398;416
			U-237 U-238 (n,2u)	59,8(60); 162,6(10); 208,0(30)	268;232;370
			U-239 U-238 (n,y)	74,7 (100)	-
			Np-239 U-238 (n,y,β ⁻)	166,1(40); 228,2(20); 277,5(20)	62;181;210;254; 285;316;334

Lampiran 5. PETA LEMAH ABANG



Gambar 1. Lokasi calon tapak pembangunan PLTN di Semananjung, Jepara (Jawa Tengah).

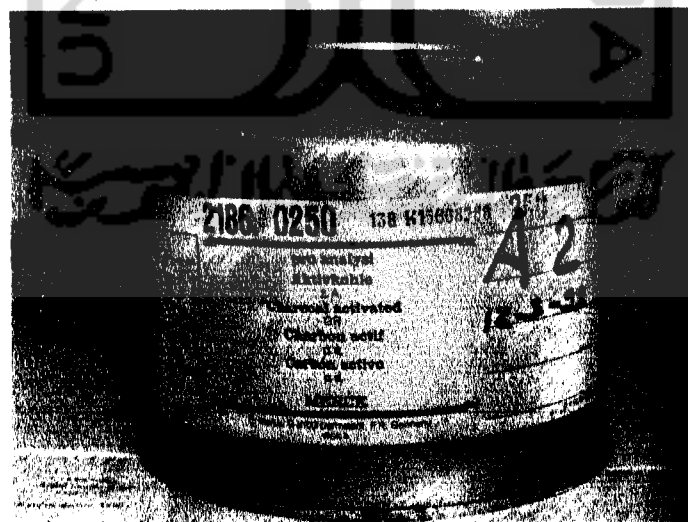


Gambar 2. Lokasi pengambilan sedimen sungai di Semananjung Muria

Lampiran 6. Gambar alat dan bahan



Gambar Detektor Ge-Li



Gambar Karbon aktif 2186 buatan Merck