

KAJIAN BERBAGAI PROSES DESTRUKSI SAMPEL DAN EFEKNYA

Susila Kristianingrum

Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta

Abstrak

Dalam suatu analisis sampel diperlukan suatu metode analisis yang dapat memberikan informasi untuk pengambilan suatu keputusan dan penetapan kebijakan. Jika prosedur analisis baik, dilaksanakan dengan baik pula, maka hasil analisis akan akurat. Berbagai proses destruksi sampel baik bahan organik maupun anorganik dilakukan untuk melarutkan komponen-komponen sampel yang diinginkan. Proses destruksi ini meliputi proses basah dan kering, yang masing-masing mempunyai keunggulan dan kelemahan. Dalam destruksi basah, bahan organik diuraikan dalam larutan oleh asam pengoksidasi pekat dan panas seperti H_2SO_4 , HNO_3 , dan $HClO_4$. Penambahan larutan pengoksidasi tersebut dilakukan untuk mempercepat proses destruksi. Dalam destruksi kering, bahan organik dibakar habis dalam *muffle furnace* dengan menaikkan suhu perlahan-lahan, yaitu 500–600°C, tergantung bahan. Pengabuan awal dilakukan perlahan-lahan agar bahan tak terbawa pergi oleh nyala api. Destruksi kering lebih aman, sederhana, pada umumnya tidak memerlukan pereaksi, prosedurnya paling umum digunakan untuk menentukan total mineral. Kekurangan dalam destruksi kering yaitu memerlukan waktu yang cukup lama, penggunaan *muffle furnace* memakan banyak biaya karena harus dinyalakan terus menerus. Pada destruksi basah, suhu yang digunakan relatif lebih rendah dibandingkan dengan destruksi kering sehingga hilangnya unsur-unsur sangat kecil. Di samping itu peralatannya lebih sederhana, proses oksidasi lebih cepat, dan waktu yang dibutuhkan relatif lebih cepat dari destruksi kering. Namun demikian, penerapannya di lapangan jika tidak hati-hati penuh dengan risiko karena menggunakan asam pengoksidasi yang pekat dan panas.

Kata Kunci: destruksi, *muffle furnace*, asam pengoksidasi

PENDAHULUAN

Dewasa ini perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) sangat pesat, sehingga diperlukan peningkatan dan pengembangan bidang IPTEK. Kemajuan IPTEK dilandasi dengan penemuan-penemuan baru dari berbagai hasil penelitian oleh para ahli. Berbagai hasil penelitian tersebut berasal dari berbagai bidang, misalnya bidang kimia analitik, farmasi, kimia organik, kimia anorganik, kimia fisika, kedokteran, pertanian, biologi, fisika, dan lain-lain. Di bidang kimia sendiri banyak hasil-hasil penelitian yang belum diaplikasikan. Dalam suatu analisis sampel diperlukan suatu metode analisis yang dapat memberikan informasi untuk pengambilan suatu keputusan dan penetapan kebijakan. Jika prosedur analisis baik, dilaksanakan dengan baik pula, maka hasil analisis akan menjadi lebih akurat dan dapat dipercaya. Berbagai proses destruksi sampel baik bahan organik maupun anorganik dilakukan untuk melarutkan komponen-komponen sampel yang diinginkan.

Seiring dengan meningkatnya aktivitas manusia, maka pencemaran terhadap lingkungan juga meningkat. Salah satu pencemaran yang terjadi adalah pencemaran udara yang disebabkan oleh asap kendaraan bermotor (KOMPAS. Com. Minggu, 21 September 2008).

Menurut Badan POM RI (2009), yang dimaksud dengan cemaran kimia adalah cemaran dalam makanan yang berasal dari unsur atau senyawa kimia yang dapat merugikan dan membahayakan kesehatan manusia, dapat berupa cemaran logam berat, cemaran mikotoksin, cemaran antibiotik, cemaran sulfonamida atau cemaran kimia lainnya.

Pencemaran logam berat ini dapat mencemari makanan yang dikonsumsi oleh manusia. Hal ini terbukti dari adanya kandungan logam berat dalam berbagai makanan. Kebanyakan cemaran logam berat yang terjadi pada makanan yang dijual di pinggir jalan adalah Pb. Kandungan timbal (Pb) dalam beberapa bahan makanan bervariasi besarnya (Reilly, 1980: 98).

Kandungan logam berat tersebut dapat ditentukan dengan metode AAS. Metode AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*) merupakan salah satu metode analisis yang dapat digunakan untuk

mengetahui keberadaan dan kadar logam berat dalam berbagai bahan, namun terlebih dahulu dilakukan tahap pendestruksi cuplikan. Pada metode destruksi basah dekomposisi sampel dilakukan dengan cara menambahkan pereaksi asam tertentu ke dalam suatu bahan yang dianalisis. Asam-asam yang digunakan adalah asam-asam pengoksidasi seperti H_2SO_4 , HNO_3 , H_2O_2 , $HClO_4$, atau campurannya. Pemilihan jenis asam untuk mendestruksi suatu bahan akan mempengaruhi hasil analisis.

Kandungan matriks atau ion-ion lain dapat mengganggu proses analisis logam berat dengan spektroskopi serapan atom. Hal ini mengakibatkan akurasi hasil analisis menjadi rendah. Oleh karena itu sebelum analisis dilakukan destruksi untuk menghilangkan/memisahkan kandungan ion lain, dengan perlakuan awal diharapkan kesalahan pada saat analisis dapat ditekan seminimal mungkin. Metode perlakuan awal yang digunakan adalah metode destruksi yaitu dengan memutuskan ikatan unsur logam dengan komponen lain dalam matriks sehingga unsur tersebut berada dalam keadaan bebas kemudian dianalisis menggunakan AAS karena pengerjaannya cepat, sensitif, spesifik untuk unsur yang ditentukan, dan dapat digunakan untuk penentuan kadar unsur yang konsentrasinya sangat kecil tanpa harus dipisahkan terlebih dahulu (Murtini dkk,

Oleh karena itu perlu untuk dilakukan pembahasan mengenai berbagai proses destruksi sampel dan efeknya terhadap hasil analisis. Tujuan dari penulisan ini adalah untuk mengetahui berbagai proses destruksi sampel dan efeknya terhadap hasil analisis, sehingga dapat diketahui kondisi destruksi yang sesuai untuk suatu bahan tertentu. Pada akhirnya nanti dapat diperoleh hasil analisis yang optimal seperti yang diharapkan.

PEMBAHASAN

Logam berat

Logam berat termasuk golongan logam dengan kriteria yang sama dengan logam lain, yaitu:

- a. Memiliki kemampuan yang baik sebagai penghantar panas
- b. Memiliki kemampuan yang baik sebagai penghantar daya listrik
- c. Memiliki kekerasan tinggi
- d. Dapat membentuk alloy dengan logam lain
- e. Untuk logam yang padat dapat ditempa

Perbedaannya terletak pada pengaruh yang dihasilkan bila logam berat ini berikatan dan atau masuk ke dalam tubuh organisme hidup (Heryando Palar, 1994: 20). Logam berat esensial seperti Zn, Fe, dan Cu, bila masuk ke dalam tubuh dalam jumlah berlebih akan menimbulkan pengaruh-pengaruh buruk terhadap fungsi fisiologis tubuh. Dan jika yang masuk adalah logam berat beracun, seperti Pb, Cd, Cr, dan Hg, maka dipastikan organisme tersebut akan keracunan. Dalam sistem biologi logam berat bersifat toksik, sebab dapat bereaksi dengan protein, enzim dan asam amino. Logam berat dalam senyawa organik dapat terikat sebagai bio anorganik, yaitu senyawa logam yang terikat dalam sistem biologi (Heryando Palar, 1994).

Pencemaran logam berat terhadap lingkungan merupakan suatu proses yang erat hubungannya dengan penggunaan logam tersebut oleh manusia. Pada awal digunakannya logam sebagai alat, belum diketahui pengaruh pencemarannya pada lingkungan. Proses oksidasi dari logam yang menyebabkan perkaratan sebetulnya merupakan tanda-tanda adanya pencemaran. Tahun demi tahun ilmu kimia semakin berkembang dengan cepat dan dengan mulai ditemukannya garam logam seperti $HgNO_3$, $PbNO_3$, $HgCl$, $CdCl_2$ dan lain-lain, serta diperjualbelikannya garam tersebut untuk industri, maka tanda-tanda pencemaran lingkungan mulai meningkat. (Darmono, 1995: 10).

Pencemaran logam berat dapat terjadi pada daerah lingkungan yang bermacam-macam dan ini dapat dibagi menjadi tiga golongan, yaitu udara, air, dan tanah. Di daerah perkotaan dan industri pencemaran udara disebabkan karena uap sisa pembakaran bahan bakar kendaraan dan asap pabrik. Udara di daerah ini akan tercemar oleh logam berat dan kemudian terbawa oleh air hujan, sehingga air hujan tersebut juga mengandung logam berat. Air yang mengandung logam berat ini akan mencemari tanah dan lingkungan. (Darmono, 1995: 13).

Terjadinya keracunan logam paling sering disebabkan pengaruh pencemaran lingkungan oleh logam berat seperti penggunaan logam sebagai pembasmi hama (pestisida), pemupukan maupun pembuangan limbah pabrik yang menggunakan logam. Logam esensial seperti Pb, Hg, Cd Cr, dan As

sama sekali belum diketahui kegunaannya, walaupun dalam jumlah mikro akan menyebabkan keracunan (Darmono, 1995: 21).

Metode Destruksi

Destruksi merupakan suatu perlakuan pemecahan senyawa menjadi unsur-unsurnya sehingga dapat dianalisis. Istilah destruksi ini disebut juga perombakan, yaitu dari bentuk organik logam menjadi bentuk logam-logam anorganik. Pada dasarnya ada dua jenis destruksi yang dikenal dalam ilmu kimia yaitu destruksi basah (oksida basah) dan destruksi kering (oksida kering). Kedua destruksi ini memiliki teknik pengerjaan dan lama pemanasan atau pendestruksian yang berbeda.

Metode Destruksi Basah

Destruksi basah adalah perombakan sampel dengan asam-asam kuat baik tunggal maupun campuran, kemudian dioksidasi dengan menggunakan zat oksidator. Pelarut-pelarut yang dapat digunakan untuk destruksi basah antara lain asam nitrat, asam sulfat, asam perklorat, dan asam klorida. Kesemua pelarut tersebut dapat digunakan baik tunggal maupun campuran. Kesempurnaan destruksi ditandai dengan diperolehnya larutan jernih pada larutan destruksi, yang menunjukkan bahwa semua konstituen yang ada telah larut sempurna atau perombakan senyawa-senyawa organik telah berjalan dengan baik. Senyawa-senyawa garam yang terbentuk setelah destruksi merupakan senyawa garam yang stabil dan disimpan selama beberapa hari. Pada umumnya pelaksanaan kerja destruksi basah dilakukan secara metode Kjeldhal. Dalam usaha pengembangan metode telah dilakukan modifikasi dari peralatan yang digunakan (Raimon, 1993).

Metode Destruksi Kering

Destruksi kering merupakan perombakan organik logam di dalam sampel menjadi logam-logam anorganik dengan jalan pengabuan sampel dalam muffle furnace dan memerlukan suhu pemanasan tertentu. Pada umumnya dalam destruksi kering ini dibutuhkan suhu pemanasan antara 400-800°C, tetapi suhu ini sangat tergantung pada jenis sampel yang akan dianalisis. Untuk menentukan suhu pengabuan dengan system ini terlebih dahulu ditinjau jenis logam yang akan dianalisis. Bila oksida-oksida logam yang terbentuk bersifat kurang stabil, maka perlakuan ini tidak memberikan hasil yang baik. Untuk logam Fe, Cu, dan Zn oksidanya yang terbentuk adalah Fe₂O₃, FeO, CuO, dan ZnO. Semua oksida logam ini cukup stabil pada suhu pengabuan yang digunakan. Oksida-oksida ini kemudian dilarutkan ke dalam pelarut asam encer baik tunggal maupun campuran, setelah itu dianalisis menurut metode yang digunakan. Contoh yang telah didestruksi, baik destruksi basah maupun kering dianalisis kandungan logamnya. Metode yang digunakan untuk penentuan logam-logam tersebut yaitu metode Spektrofotometer Serapan Atom (Raimon, 1993). Metode ini digunakan secara luas untuk penentuan kadar unsur logam dalam jumlah kecil atau *trace level* (Kealey, D. dan Haines, P.J. 2002).

Menurut Raimon (1993) ada beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam hal menggunakan metode destruksi terhadap sampel, apakah dengan destruksi basah ataukah kering, antara lain:

- a. Sifat matriks dan konstituen yang terkandung di dalamnya.
- b. Jenis logam yang akan dianalisis.
- c. Metode yang akan digunakan untuk penentuan kadarnya

Selain hal-hal di atas, untuk memilih prosedur yang tepat perlu diperhatikan beberapa faktor antara lain: waktu yang diperlukan untuk analisis, biaya yang diperlukan, ketersediaan bahan kimia, dan sensitivitas metode yang digunakan.

Menurut Sumardi (1981: 507), metode destruksi basah lebih baik daripada cara kering karena tidak banyak bahan yang hilang dengan suhu pengabuan yang sangat tinggi. Hal ini merupakan salah satu faktor mengapa cara basah lebih sering digunakan oleh para peneliti. Di samping itu destruksi dengan cara basah biasanya dilakukan untuk memperbaiki cara kering yang biasanya memerlukan waktu yang lama. Sifat dan karakteristik asam pendestruksi yang sering digunakan antara lain:

- 1) Asam sulfat pekat sering ditambahkan ke dalam sampel untuk mempercepat terjadinya oksidasi. Asam sulfat pekat merupakan bahan pengoksidasi yang kuat. Meskipun demikian waktu yang diperlukan untuk mendestruksi masih cukup lama.
- 2) Campuran asam sulfat pekat dengan kalium sulfat pekat dapat dipergunakan untuk mempercepat dekomposisi sampel. Kalium sulfat pekat akan menaikkan titik didih asam sulfat pekat sehingga dapat mempertinggi suhu destruksi sehingga proses destruksi lebih cepat.

- 3) Campuran asam sulfat pekat dan asam nitrat pekat banyak digunakan untuk mempercepat proses destruksi. Kedua asam ini merupakan oksidator yang kuat. Dengan penambahan oksidator ini akan menurunkan suhu destruksi sampel yaitu pada suhu 350 °C, dengan demikian komponen yang dapat menguap atau terdekomposisi pada suhu tinggi dapat dipertahankan dalam abu yang berarti penentuan kadar abu lebih baik.
- 4) Asam perklorat pekat dapat digunakan untuk bahan yang sulit mengalami oksidasi, karena perklorat pekat merupakan oksidator yang sangat kuat. Kelemahan dari perklorat pekat adalah sifat mudah meledak (*explosive*) sehingga cukup berbahaya, dalam penggunaan harus sangat hati-hati.
- 5) Aqua regia yaitu campuran asam klorida pekat dan asam nitrat pekat dengan perbandingan volume 3:1 mampu melarutkan logam-logam mulia seperti emas dan platina yang tidak larut dalam HCl pekat dan HNO₃ pekat. Reaksi yang terjadi jika 3 volume HCl pekat dicampur dengan 1 volume HNO₃ pekat:



Gas klor (Cl₂) dan gas nitrosil klorida (NOCl) inilah yang mengubah logam menjadi senyawa logam klorida dan selanjutnya diubah menjadi kompleks anion yang stabil yang selanjutnya bereaksi lebih lanjut dengan Cl⁻.

Efek Bekerja dengan Bahan Kimia yang Sangat Reaktif atau Mudah Meledak

Pada proses destruksi sampel sering digunakan bahan kimia yang sangat reaktif atau mudah meledak. Bahan sangat reaktif dan mudah meledak yang digunakan di laboratorium memerlukan prosedur yang tepat. Langkah berikut untuk menghindari kecelakaan serius saat bahan yang sangat reaktif digunakan:

- a. Gunakan bahan kimia berbahaya dalam jumlah minimal dengan perlindungan dan pelindung diri memadai.
- b. Siapkan peralatan darurat.
- c. Rakit semua peranti sedemikian rupa sehingga jika reaksi mulai berjalan di luar kendali, pelepasan sumber panas, pendinginan bejana reaksi, penghentian penambahan reagen, dan penutupan pintu geser tudung kimia laboratorium dapat dilakukan dengan segera. Pelindung ledakan plastik transparan yang tebal harus digunakan untuk memberi perlindungan ekstra selain jendela tudung kimia.
- d. Jika reaksi berjalan di luar rencana, batasi akses ke area hingga reaksi dapat dikendalikan. Pertimbangkan kendali pengoperasian jarak jauh.
- e. Beri pendinginan dan permukaan cukup untuk pertukaran panas sehingga memungkinkan pengendalian reaksi. Bahan kimia yang sangat reaktif memicu reaksi dengan kecepatan yang meningkat sangat cepat seiring meningkatnya suhu. Jika panas yang dihasilkan tidak dihilangkan, kecepatan reaksi meningkat hingga terjadi ledakan. Hal ini sangat menjadi masalah saat meningkatkan skala eksperimen.
- f. Hindari konsentrasi larutan berlebih, terutama saat reaksi dicoba atau dinaikkan skalanya untuk pertama kali. Beri perhatian secara khusus pada tingkat penambahan reagen terhadap tingkat konsumsinya, terutama jika reaksi dipengaruhi periode induksi.
- g. Ikuti prosedur penyimpanan, penanganan, dan pembuangan khusus untuk reaksi skala besar dengan reagen organometalik dan reaksi yang menghasilkan bahan mudah terbakar atau dilakukan dalam pelarut yang mudah terbakar. Jika terdapat logam aktif, gunakan pemadam api dengan bahan pemadam khusus seperti bubuk berbahan dasar grafit dengan dicampur pmlastis atau bubuk berbahan dasar natrium klorida.
- h. Hindari penguraian lambat pada skala besar jika pemindahan panas tidak memadai atau jika panas dan gas yang berkembang dibatasi. Penguraian beberapa zat yang diawali dengan panas, seperti peroksida tertentu, hampir terjadi secara instan. Khususnya, reaksi yang terpengaruh periode induksi dapat berbahaya karena tidak ada indikasi awal risiko. Kendati demikian, proses hebat dapat terjadi setelah induksi.
- i. Lakukan penentuan suhu eksotermik mula-mula dengan kalorimeter skala besar dan lakukan uji berat untuk reaksi yang skalanya dinaikkan dan eksotermik pada suhu rendah atau mengembangkan panas dalam jumlah besar yang dapat menimbulkan bahaya. Dalam situasi

dimana evaluasi bahaya operasional formal atau data andal dari sumber apa pun lainnya menunjukkan bahaya, lakukan review kelompok berpengalaman atau ubah kondisi yang skalanya dinaikkan untuk menghindari kemungkinan bahwa seseorang mungkin melewatkan bahaya atau perubahan prosedur yang paling sesuai.

- j. Hindari menyebabkan ledakan fisik dari tindakan seperti menyebabkan cairan panas mengalami kontak mendadak dengan cairan dengan titik didih lebih rendah atau menambahkan air ke cairan panas pada rendaman pemanas. Ledakan juga dapat terjadi saat memanaskan bahan kriogenik dalam wadah tertutup atau memberi tekanan berlebih pada peralatan dari kaca dengan nitrogen (N_2) atau argon saat regulator diatur dengan tidak tepat. Ledakan fisik hebat juga terjadi jika sekumpulan partikel sangat panas dituangkan secara tiba-tiba ke air.

Beberapa Alat Pelindung diri (APD) dapat digunakan saat menangani bahan yang mudah meledak, seperti:

- kaca keselamatan yang memiliki pelindung sisi kokoh atau kaca mata pelindung percikan bahan kimia;
- pelindung panjang penuh yang sepenuhnya melindungi wajah dan tenggorokan (beri perhatian khusus saat mengoperasikan atau memanipulasi sistem sintesis yang mungkin berisi bahan mudah meledak, seperti diazometana, saat pelindung bangku dipindahkan ke samping, dan saat menangani atau mengangkat sistem semacam itu);
- sarung tangan kulit berat untuk menjangkau di belakang area terlindung saat eksperimen berbahaya sedang berlangsung atau saat menangani senyawa reaktif atau reaktan yang mengandung gas
- jas laboratorium yang terbuat dari bahan tahan api dan mudah dilepas (Moran, L. and Masciangioli, T., 2010).

Berbagai penelitian yang terkait dengan proses destruksi sampel telah banyak dilakukan, diantaranya adalah:

- Siti Sulastris, dkk (2004: 62) menunjukkan bahwa perlakuan perendaman pasir malelo dalam HNO_3 akan memberikan sedikit kenaikan harga Efisiensi Penjerapan (E_p) terhadap ion kromium(III). Makin tinggi konsentrasi HNO_3 yang dipakai untuk merendam, kenaikan harga E_p juga makin banyak.
- Perlakuan perendaman pasir malelo dalam asam klorida maupun asam sulfat akan menurunkan harga E_p terhadap ion kromium(III), perbedaan E_p kromium(III) yang signifikan hanya terjadi pada pasir Malelo yang direndam dengan HCl 1M (Mika Wulan Sari dkk, 2004).
- Proses perendaman tanah guano dalam asam fluorida dapat menaikkan harga E_p terhadap ion kromium(VI). Penelitian terhadap beberapa jenis tanah liat (Siti Sulastris, dkk, 2001:21) juga menunjukkan bahwa ada kenaikan harga E_p oleh adanya perlakuan dengan asam fluorida. Sedangkan tanah liat dari daerah Minggir yang direndam dengan HF pekat menunjukkan bahwa harga E_p nya akan lebih kecil dari tanah dari Minggir yang asli (tanpa perlakuan).
- Pengaruh perendaman dengan asam yang didahului dengan proses pemanasan terhadap tanah diatomae juga telah dilakukan (Siti Sulastris & Susila K, 2003). Asam yang digunakan adalah salah satu jenis asam oksidator, yaitu asam perklorat. Proses pemanasan dilakukan dengan variasi suhu dari $200^{\circ}C$ sampai $1000^{\circ}C$. Hasilnya menunjukkan bahwa pada perlakuan pemanasan akan terjadi kenaikan harga E_p terhadap ion kromium(VI), makin tinggi suhu yang diberikan juga makin besar kenaikan harga E_p nya. Demikian juga untuk hasil perlakuan perendaman dengan asam perklorat. Kenaikan harga E_p terhadap ion kromium(VI) dari tanah diatomae juga makin besar seiring dengan naiknya konsentrasi asam perklorat sebagai perendam. Hal ini dapat dipahami mengingat sifat asam perklorat adalah oksidator yang kemungkinan akan mengoksidasi komponen zat organik dalam tanah diatomae. Namun demikian hasilnya akan berbeda apabila proses perendaman didahului dengan proses pemanasan dengan suhu yang bervariasi. Makin tinggi suhu yang dipakai untuk pemanasan yang mendahului proses perendaman, makin kecil kenaikan harga E_p nya walaupun harga E_p nya masih lebih tinggi dari tanah diatomae asli (tanpa perlakuan). Kenyataan ini berlaku apabila yang dipakai adalah asam perklorat dengan konsentrasi tinggi. Proses perendaman dengan asam perklorat konsentrasi rendah yang didahului dengan pemanasan akan memberikan kenaikan harga E_p terhadap ion kromium(VI). Kenaikan harga E_p paling banyak pada

perendaman dengan asam perklorat 15 yang didahului dengan pemanasan 600⁰ C . Apabila asam perklorat 7,5% yang dipakai sebagai perendam, proses pemanasan 200⁰C akan memberikan kenaikan harga E_p terhadap kromium(VI) yang paling besar.

- e. Pada penelitian Murtini, dkk ternyata menunjukkan bahwa proses destruksi memberikan hasil yang lebih baik dibanding tanpa destruksi pada uji terhadap efek destruksi pada penetapan kadar Cu(II) dalam sampel air sumur, air laut dan air limbah pelapisan krom dengan menggunakan AAS,
- f. kecuali pada sampel dengan penambahan larutan standar.

PENUTUP

Proses destruksi kering ternyata lebih aman dan sederhana, serta pada umumnya tidak memerlukan pereaksi. Prosedurnya paling umum digunakan untuk menentukan total mineral dalam suatu sampel/bahan. Kekurangan dalam destruksi kering yaitu memerlukan waktu yang cukup lama, penggunaan *muffle furnace* memakan banyak biaya karena harus dinyalakan terus menerus. Pada proses destruksi basah, suhu yang digunakan relatif lebih rendah dibandingkan dengan destruksi kering sehingga hilangnya unsur-unsur sangat kecil. Di samping itu peralatannya lebih sederhana, proses oksidasi lebih cepat, dan waktu yang dibutuhkan relatif lebih cepat dari destruksi kering

DAFTAR PUSTAKA

- Badan POM RI (2009), *Penetapan Batas Maksimum Cemaran Mikroba dan Kimia dalam Makanan*. Jakarta: BP.POM.
- Darmono. (1995). *Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Heryando Palar. (1994). *Pencemaran Dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Kealey, D. dan Haines, P.J. (2002). *Analytical Chemistry*. London: BIOS Scientific Publishers Ltd.
- KOMPAS. Com. Minggu, 21 September 2008 (diakses 27 Maret 2012).
- Mika Wulan Sari, Siti Sulastrri, dan Susila Kristianingrum. (2004). Pengaruh Perendaman Pasir Malelo dengan HCl dan H₂SO₄ Terhadap Efisiensi Penjerapan Kromium. *Prosiding Seminar Nasional Kimia*. Yogyakarta: Jurdik Kimia FMIPA UNY.
- Moran, L. and Masciangioli, T. (2010). *Chemical Laboratory Safety and Security A Guide to Prudent Chemical Management*. Washington DC: The National Academies Press.
- Murtini, Rum Hastuti, Gunawan. Efek Destruksi Terhadap Penentuan Kadar Cu(II) Dalam Air Sumur, Air Laut Dan Air Limbah Pelapisan Krom Menggunakan AAS. *Jurnal Riset Murty pdf*. Semarang: FMIPA UNDIP.
- Raimon. (1993). Perbandingan Metoda Destruksi Basah dan Kering Secara Spektrofotometri Serapan Atom. *Lokakarya Nasional Jaringan Kerjasama Kimia Analitik Indonesia*. Yogyakarta.
- Reilly, C. (1980). *Metal Contamination of Food*. London: Applied Science Published Ltd.
- Siti Sulastrri, Susila K, Eddy S, Suwardi, dan Endang Dwi S. (2001). Pengaruh Asampada Berbagai Jenis Tanah dan Hubungannya Dengan Peningkatan Manfaat. *Laporan Penelitian*. Yogyakarta: UNY.
- Siti Sulastrri dan Susila K. (2003). Karakterisasi Tanah Diatomae dari Desa Sangiran dan Hubungannya dengan Penjerapan Unsur Berbahaya dalam Bahan Lingkungan *Prosiding Seminar Nasional Kimia*. Yogyakarta: FMIPA UNY.

Siti Sulastri , Susila K., dan Retno Arianingrum (2004). Pengaruh Perendaman Pasir Malelo dengan HNO_3 Terhadap Efisiensi Penjerapan Kromium. *Jurnal Penelitian Sainstek* ISSN: 1412-3991 Vol.9, No.1, April 2004.

Sumardi. (1981). Metode Destruksi Contoh Secara Kering Dalam Analisa Unsur-Unsur Fe-Cu-Mn dan Zn Dalam Contoh-Contoh Biologis. *Prosiding Seminar Nasional Metode Analisis. Lembaga Kimia Nasional*. Jakarta: LIPI.

